

**Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas
Facultad de Ciencias Empresariales
Departamento de Ingeniería Industrial**



Centro Universitario de Sancti Spíritus “José Martí Pérez”

PROCEDIMIENTO PARA LA MEJORA DE LA CALIDAD DEL PROCESO INDUSTRIAL CUBANO DE LA CAÑA DE AZÚCAR

**Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias
Técnicas**

Autor: Prof. Aux. Ing. Higinia Bismayda Gómez Avilés, MSc.

Tutores: Prof. Tit. Ing. Ramón Pons Murguía, Dr.C.

Prof. Aux. Ing. Carlos Antonio Machado Osés, Dr.C.

Consultante: Prof. Tit. Ing. Héctor Pérez de Alejo Victoria, Dr.C.

Sancti Spíritus, 2006

SÍNTESIS

El presente trabajo se desarrolla en el contexto de las exigencias impuestas a la industria cubana de la caña de azúcar, respecto a la concentración de la producción y capacidades, modernización y flexibilidad. El mejoramiento de la calidad del proceso industrial, constituye una alternativa para enfrentar prácticas de calidad que respondan a sistemas de gestión de proceso, reconocidos internacionalmente como la próxima etapa en la tecnología de control de esta industria.

Su objetivo es proponer un procedimiento para la mejora de la calidad del proceso industrial de la caña de azúcar en Cuba. Para ello, se integran explícitamente herramientas vinculadas con la Ingeniería y Gestión de la Calidad, las Matemáticas Aplicadas, la Informática y la intervención basada en variables organizacionales, con incidencia en la orientación interna hacia la calidad. El procedimiento se valida en la empresa azucarera “Melanio Hernández” de Sancti Spíritus, donde se demostró la factibilidad del instrumento para elevar los niveles de eficiencia industrial, mejorar la estabilidad y contribuir a la efectividad del proceso industrial en el área de extracción de jugo.

El trabajo demuestra la novedad científica y la validez del procedimiento, a partir de los nuevos conocimientos sobre el comportamiento de variables del proceso industrial, donde se destaca el desarrollo de una estrategia de ajuste y regulación, de acuerdo con las características dinámicas del mismo, así como los resultados que reportó la evaluación de la efectividad, en la mejora realizada, teniendo en cuenta la etapa de extracción para el proceso en su conjunto.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO Y REFERENCIAL	
1.1 Estrategia para la construcción del marco teórico y referencial.....	9
1.2 Los enfoques de calidad como estrategia para la gestión empresarial	9
1.2.1 Vínculos: Enfoques de Calidad, Orientación Estratégica y la Incertidumbre del entorno.....	12
1.3 Aspectos esenciales de la diversificación en la industria cubana de la caña de azúcar.....	15
1.3.1 Valoraciones sobre el control de proceso industrial.....	16
1.3.2 Caracterización del control de calidad en la industria.....	17
1.4 El mejoramiento de la calidad en los procesos industriales	19
1.4.1 Ejecución de los procesos de mejora	20
1.4.2 El aspecto organizacional en la mejora	22
1.4.2.1 Orientación interna hacia la calidad	24
1.4.3 Ingeniería de la Calidad en el control de proceso	26
1.4.4 Control de procesos autocorrelacionados	27
1.4.5 Selección de variables que intervienen en el proceso	33
1.4.5.1 Utilidad del Paradigma Decisional Multicriterio (PDM)	35
1.4.5.2 Variables del proceso industrial azucarero	37
1.5 Conclusiones parciales.....	38
CAPÍTULO II. PROPUESTA DEL PROCEDIMIENTO PARA LA MEJORA DE LA CALIDAD DEL PROCESO INDUSTRIAL CUBANO DE LA CAÑA DE AZÚCAR	
2.1 Introducción.....	40
2.2 Bases para la construcción del procedimiento para la mejora de la calidad del proceso industrial de la caña de azúcar cubano	40
2.3 Desarrollo del procedimiento para la mejora de la calidad del proceso industrial de la caña de azúcar cubano	42
2.3.1 Etapa I. Caracterización y ordenamiento para un enfoque de proceso.....	44
2.3.1.1 Procedimiento de ordenación y clasificación de características tecnológicas.....	44
2.3.2. Etapa II. Diagnóstico del proceso industrial.....	52
2.3.2.1 Identificación del problema crónico con demanda de solución	52
2.3.2.2 Evaluación de la estabilidad aparente del proceso, detección y acción sobre causas	53
2.3.3 Etapa III. Ejecución del control por escenarios del proceso industrial	59
2.3.3.1 Identificación de escenarios	60
2.3.3.2 Procedimiento para el establecimiento la estrategia para el ajuste y regulación del proceso dinámico.....	60
2.3.4 Etapa IV. Evaluación de la efectividad de la mejora en el proceso industrial de la caña de azúcar.....	64
2.3.4.1 Indicador de Efectividad de la Mejora en el Proceso Industrial (EMPI)	64
2.4 Conclusiones parciales.....	67
CAPÍTULO III. APLICACIÓN DE LOS RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN	
3.1 Introducción.....	68
3.2 La industria de la caña de azúcar en Cuba, particularidades en la provincia Sancti Spíritus.....	68
3.3 Aplicación del procedimiento para la mejora de la calidad del proceso industrial cubano de la caña de azúcar. Estudio de caso de la empresa azucarera “Melanio Hernández”.....	69
3.3.1 Etapa I. Caracterización y ordenamiento para un enfoque de proceso.....	69
3.3.1.1 Ordenación y clasificación de características tecnológicas.....	71
3.3.2 Etapa II. Diagnóstico del proceso industrial	74

3.3.2.1 Problema crónico con demanda de solución.....	74
3.3.2.2 Estado de control del proceso. Acciones organizativas, organizacionales y tecnológicas	75
3.3.3 Etapa III. Ejecución del control por escenarios del proceso industrial.....	87
3.3.3.1 Escenarios característicos del proceso industrial de la caña de azúcar.....	87
3.3.3.2 Ejecución de la estrategia para el ajuste y regulación en el área de extracción en la empresa azucarera Melanio Hernández	90
3.3.4 Etapa IV. Evaluación de la efectividad de la mejora en el proceso industrial de la caña de azúcar.....	94
3.3.4.1 Evaluación del Indicador de Efectividad de la Mejora en el Proceso Industrial (EMPI)	94
3.4 Conclusiones parciales.....	95
CONCLUSIONES GENERALES	98
RECOMENDACIONES.	99
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	100
PRODUCCIÓN CIENTÍFICA DEL AUTOR SOBRE EL TEMA DE LA TESIS	108
ANEXOS	110

INTRODUCCIÓN

El enfrentamiento a mercados cada vez más exigentes y condiciones externas, regidas por una época globalizada, donde el desarrollo científico, técnico e industrial se acrecienta cada día más, resulta una situación propicia para que muchas empresas sitúen las esperanzas competitivas en el mejoramiento de numerosos problemas existentes, relacionados con el proceso, sus actividades, la tecnología, el personal y el ambiente laboral, evitando el deterioro de los recursos naturales para garantizar el desarrollo de las futuras generaciones.

Al respecto, las prácticas modernas de calidad recomiendan la eliminación de metas numéricas fijas, proyectándose a favor de programas que reduzcan constantemente la variabilidad en los procesos, con el propósito de que puedan ser conformadas nuevas especificaciones, basadas en la uniformidad de la producción como la principal meta (Arcelus & Rahim, 1996). En este sentido, son muchos los casos industriales que todavía en el presente tienen serios desafíos (Woodall, 2000), ante lo cual, la actitud de asumir riesgos y plantear estrategias de calidad flexibles y adaptables, requiere de un conocimiento profundo de los productos que ofrecen y los procesos empleados para elaborarlos; soporte que no permite la introducción de innovaciones aisladas, sino el desarrollo de políticas empresariales a través de mejoras continuas y sistemáticas.

Estas ideas se encuentran planteadas para el contexto cubano, en la Resolución Económica del V Congreso del Partido Comunista de Cuba, al reconocer la necesidad de la elevación de la calidad de la producción para el consumo nacional y la exportación (PCC, 1997); partiendo de una concepción integral que comprende desde los requerimientos de los elementos que se utilizan en su proceso, como maquinarias, locales, materias primas y materiales, la higiene y seguridad del trabajo, la fuerza de trabajo, la preservación del medio ambiente y otros aspectos, hasta el producto final y su presentación, con una orientación a fortalecer las entidades nacionales para que adquieran la capacidad de certificar la calidad de los productos y los procesos.

Al referir la Resolución Económica, la particularidad de la industria cubana de la caña de azúcar, precisa el profundo reordenamiento productivo en que se encuentra inmersa, ante lo cual, tiene la necesidad de elaborar con la mayor brevedad, una estrategia a mediano plazo que comprenda la producción de azúcar y sus derivados, la modernización de la tecnología básica y la infraestructura; reduciéndose los costos en la industria y la agricultura, con vista al

redimensionamiento, desarrollo y conservación, teniendo en cuenta que su producción se destina a un mercado con límites de demanda.

Estas estrategias deben estar encaminadas principalmente a establecer alternativas que conduzcan a una industria más organizada, desde el punto de vista de su gestión, en todas las áreas del proceso industrial; para lo cual se sugiere en la Resolución Económica, que deben emplearse técnicas modernas de dirección empresarial, adecuadas a nuestras características y basadas en las mejores y más avanzadas prácticas contemporáneas, con un amplio uso de todas las posibilidades tecnológicas y de servicios informáticos, teniendo prioridad en el país con fines de garantizar la mayor eficiencia en la gestión y en los procesos productivos.

La reestructuración del MINAZ, orientada hacia el objetivo estratégico de incrementar sus ingresos netos a partir de la diversificación del sector, la máxima eficiencia y la disminución de los costos, se sustenta en los grupos de directivas generales establecidas para la producción industrial en relación con: Planificación, Producción, Control, Recursos Humanos y Medio Ambiente (López Figueredo, 2005). Resulta un reto difícil en las condiciones actuales de la industria de la caña de azúcar, las exigencias de las directivas referidas al Proceso Productivo y al Control de Producción, respecto a:

- La organización basada en Normas Internacionales de la familia ISO-9000 y 14 000.
- Programa de acciones concretas, utilizando el término **“Buenas Prácticas de Producción”**.
- Control del Proceso de la Producción basado en el cumplimiento del plan y de sus indicadores de eficiencia, tanto tecnológicas como económicas. Para ello se establece:
 - Intensificar los controles de calidad.
 - Enriquecer el trabajo de los laboratorios de control, los cuales constituyen una herramienta fundamental para el control del proceso y del producto final.
 - Estructurar el control del proceso, en la medida de lo posible, a través del vínculo del resultado en cada punto de control con el resultado del trabajo de los hombres.
 - Facilitar el control de cada proceso basado en las relaciones entre etapas sucesivas y en relaciones entre áreas. Esto permitirá conocer el comportamiento de los parámetros de operación.

Mientras estas situaciones constituyen retos para la industria cubana de la caña de azúcar, referencias sobre el monitoreo y regulación de proceso en industrias de partes y piezas

(Nembhand & Valverde-Ventura, 2003) y de tratamiento de residuales (West & Dellana, 2002), reconocen serias ineficiencias en el control de proceso, que demandan la integración de las herramientas de Control Estadístico de Proceso y de la Ingeniería de Control de Proceso. Esta integración se condiciona en la actualidad, ante la tendencia a desaparecer las líneas divisorias entre la industria de partes (origen del Control Estadístico de Proceso) y la industria de proceso (origen de la Ingeniería de Control de Proceso.), según Box & Luceño (1997), debido a que muchas producciones de la tecnología actual son híbridas, además del empuje de la revolución en la calidad, que ha llevado a las industrias líderes a experimentar con tecnología de control concebidas inicialmente para otros contextos tecnológicos, pues el reto está en mejorar y no en considerar los resultados actuales buenos o malos, lo cual presupone el conocimiento de conceptos y métodos, para el desarrollo de herramientas que permitan atenuar limitaciones de la organización y su equiparación con la dinámica del entorno. Estos argumentos refuerzan la importancia del trabajo por el mejoramiento de la calidad en las empresas manufactureras, lo que en el caso de Cuba tiene una significación especial, dado por las necesidad referida en la Resolución Económica, de elevar la calidad de la producción tanto para el consumo nacional, como para la exportación; en específico, la industria de la caña de azúcar debe trabajar en el mejoramiento de su proceso industrial, analizando la posibilidad de:

- Considerar la utilidad de las técnicas del Paradigma Decisional Multicriterio para la toma de decisiones en la ejecución de mejoras en el proceso de control.
- La evaluación de variables organizacionales con énfasis en el desarrollo de proyectos de intervención basados en la Orientación Interna hacia la Calidad, para propiciar ambientes organizacionales como un instrumento que facilite el logro de mejoras en la calidad del proceso industrial.
- La integración del Control Estadístico de Proceso y de la Ingeniería de Control de Proceso, para el ajuste y regulación del proceso industrial.

Estos planteamientos están respaldados por las investigaciones realizadas sobre control de proceso en esta industria, y que son referenciadas por Cardoso Romero (1993), González Pérez (2002) y O'Farrill Pie (2005). Aunque estos trabajos han sido orientados al análisis, modelación y simulación del proceso industrial, el tratamiento dado al Control Estadístico de

Proceso es parcial, así como las implicaciones que en sus aplicaciones pueden tener los factores organizacionales, los que son considerados una condición que limita la implementación de prácticas de calidad, por Romero Romero et al. (1999) y Castellano Castillo & González Ramírez (2000).

Los elementos anteriores se presentan como obstáculos en las actuales proyecciones de trabajo de la industria cubana de la caña de azúcar, al implicar áreas del sector industrial, en las cuales las técnicas de control se basan en la operatividad, con análisis de variables limitados para la definición de objetivos. No han sido suficiente los importantes esfuerzos realizados con la creación de las Salas de Análisis de la eficiencia industrial (MINAZ, 1995) y los actuales procedimientos para inspección de proceso, basados en las exigencias de las ISO 9000 (ONN, 2003) por lo que no se propicia el cambio hacia la gestión de proceso, que Shulze (2002) reconoce como la próxima etapa en la tecnología de control de una fábrica de obtención de azúcar. Algunas de estas insuficiencias son presentadas por la autora en Gómez Avilés et al. (2002; 2003/b/), respecto a:

- Delimitación insuficiente de los indicadores de entrada- salida en las diferentes etapas del proceso tecnológico, limitan la posibilidad de evaluar la efectividad de los resultados a obtener ante mejoras que se ejecuten.
- Gran margen de variación en el desempeño interno de los turnos de trabajo.
- Limitaciones en el uso de las nuevas tecnologías de la información y las comunicaciones, en el análisis industrial.

De esta forma se contextualiza la situación problemática que sustenta la presente investigación, y evidencia la existencia de reservas de mejora, en aspectos organizativos, organizacionales y tecnológicos.

Los argumentos valorados muestran que los conocimientos referenciados por la literatura especializada y **las prácticas de calidad empleadas para el control de proceso en la industria cubana de la caña de azúcar, respecto a instrumentos metodológicos, limitan la mejora continua de este proceso, expresada en la inestabilidad y los bajos niveles de eficiencia industrial**, ante lo cual resulta necesario el desarrollo de un procedimiento estructurado que implique aspectos organizativos, organizacionales y tecnológicos, mediante la integración de la ordenamiento y clasificación de características tecnológicas, la orientación

interna hacia la calidad, y el ajuste y regulación del proceso, de acuerdo a las características dinámicas del mismo, esta situación, por su complejidad, constituye un **problema científico** a resolver.

En correspondencia con los aspectos anteriores, se planteó como **hipótesis** de la investigación que: Sí se diseña y aplica experimentalmente un procedimiento para la mejora de la calidad del proceso industrial cubano de la caña de azúcar, que implique de forma explícita aspectos organizativos, organizacionales y tecnológicos, mediante la integración de la ordenación y clasificación de características tecnológicas, la orientación interna hacia la calidad, y el ajuste y regulación del proceso, de acuerdo a las características dinámicas del mismo, entonces se dispondrá de una herramienta que contribuirá a estabilizar el proceso y a elevar los niveles de eficiencia industrial.

Para la comprobación de la hipótesis se han identificado las variables siguientes:

Variable independiente: Procedimiento para la mejora de la calidad del proceso industrial de la caña de azúcar. Se puede evaluar por:

- Conjunto de pasos lógicamente estructurados para realizar el mejoramiento de la calidad del proceso industrial de la caña de azúcar.
- Desarrollar y/o aplicar herramientas estadísticas y matemáticas para facilitar el proceso de toma de decisiones como parte del procedimiento propuesto.
- Incorporar a las prácticas actuales de control del proceso, aspectos esenciales para el ajuste y regulación de procesos dinámicos, a través de la propuesta de procedimientos.

Variables dependientes:

- Estabilidad del proceso industrial de la caña de azúcar.
 - Capacidad para eliminar problemas crónicos encontrados en el proceso.
 - Posibilidad de mantener en estado controlado variables significativas de desempeño de los procesos.
 - Existencia de alternativas para el ajuste y regulación, a partir de las características de procesos dinámicos.
- Eficiencia del proceso industrial de la caña de azúcar.
 - Capacidad de reducir pérdidas asociadas al proceso, para incrementar indicadores de eficiencia industrial.

Para abordar este problema, el **objetivo general** que se plantó consistió en diseñar y aplicar procedimiento para la mejora de la calidad del proceso industrial cubano de la caña de azúcar, que posibilite mejorar la estabilidad e incrementar la eficiencia industrial, con la implicación de aspectos organizativos, organizacionales y tecnológicos, mediante la integración de la ordenación y clasificación de características tecnológicas, la orientación interna hacia la calidad, y el ajuste y regulación del proceso, de acuerdo a las características dinámicas del mismo.

Los **objetivos específicos** a alcanzar son:

1. Construir el marco teórico y referencial de la investigación, resultado de la búsqueda, en diferentes fuentes bibliográficas nacionales e internacionales, donde se aborda la temática objeto de estudio.
2. Diseñar un procedimiento para la mejora de la calidad del proceso industrial cubano de la caña de azúcar, transitando por tres niveles de conocimiento, que implican variables tecnológicas, y organizacionales, a partir de los supuestos de estabilidad y autocorrelación.
3. Diseñar los procedimientos específicos para:
 - Ordenamiento y clasificación de características tecnológicas.
 - Estrategia de ajuste y regulación a partir de las características de procesos dinámicos.
4. Desarrollar un indicador para evaluar la efectividad en la etapa objeto de la mejora.
5. Aplicar el procedimiento general y los específicos desarrollados en un proceso de la industria cubana de la caña de azúcar, vinculado a un problema crónico, con el objetivo de validarlo y que constituya la base de trabajos posteriores sobre la temática, para esta industria u otras, bajo los principios de adaptabilidad y generalidad.

El **objeto de estudio práctico específico** se centró en procesos de la empresa azucarera “Melanio Hernández”, radicada en la provincia de Sancti Spiritus. Fue tomado como objeto de **estudio teórico**, la mejora de la calidad de procesos industriales.

En el trabajo se diseña y valida de forma experimental un procedimiento basado en la integración de herramientas lógicamente estructuradas de Ingeniería y Gestión de la Calidad: la Matemáticas Aplicadas, la Informática; con este procedimiento la industria cubana de la caña de azúcar puede proyectar el desarrollo de prácticas de mejora de la calidad, consistentes con un aprendizaje continuo del proceso industrial, a partir de la ejecución por los implicados:

directivos, especialistas y trabajadores. En la realización del mismo se utilizan métodos teóricos y empíricos, destacándose el método hipotético deductivo, el dialéctico, la experimentación, la simulación, la medición y la observación. En su ejecución, se utiliza una estrategia de triangulación para complementar las mediciones cuantitativas y cualitativas de las variables organizacionales y un diseño experimental en condiciones industriales para definir patrones de comportamiento de los parámetros del proceso.

La **novedad científica** principal que aporta la Tesis consiste en el desarrollo de un procedimiento que integra herramientas de la Ingeniería y Gestión de la Calidad: la Matemáticas Aplicadas, la Informática; para desarrollar prácticas de calidad en la industria cubana de la caña de azúcar, cuando se decida mejorar la estabilidad e incrementar la eficiencia industrial, a partir de niveles de conocimiento del proceso. Otros elementos novedosos en la investigación son la ordenamiento y clasificación de características tecnológicas por etapas del proceso industrial, a través de la integración de la concepción cliente- proveedor, elementos del Paradigma Decisional Multicriterio y Análisis de Cluster, obteniéndose 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, y otro: el desarrollo de una estrategia de ajuste y regulación del proceso, de acuerdo a las características dinámicas de este proceso industrial, con la utilización del suavizamiento exponencial y los patrones de comportamiento de los parámetros y por último: un indicador que, utilizando técnicas del Paradigma Decisional Multicriterio, permite con un enfoque de proceso, evaluar la efectividad de la etapa objeto de la mejora.

La actualización y reconceptuación pertinente del mejoramiento de la calidad en el control de procesos industriales, las posibilidades de adaptación y aplicación en el entorno cubano y en específico, en el proceso de la industria de la caña de azúcar, así como el desarrollo de herramientas nuevas para la mejora de la calidad y la evaluación de la efectividad de este proceso fundamentan el **valor teórico** de la investigación realizada.

El **valor metodológico** se manifiesta en la posibilidad de integrar conceptos y herramientas en los procedimientos desarrollados, para la mejora de la calidad del proceso industrial de la caña de azúcar, con la implicación de aspectos organizativos, organizacionales y tecnológicos, que se articulan con el proceso de Perfeccionamiento Empresarial, la introducción progresiva de las normas ISO 9000 y las exigencias del Sistema de Análisis de Peligros y Puntos Críticos de

Control. De la misma forma, las herramientas y experiencia de esta investigación pueden ser incorporadas en la enseñanza de pregrado de las disciplinas de Calidad y Problemas Prácticos de Ingeniería Industrial.

Lo anteriormente afirmado se encuentra expresado en los resultados siguientes:

- Un procedimiento general para la mejora de la calidad del proceso industrial cubano de la caña de azúcar.
- Dos procedimientos específicos: uno para la ordenación y clasificación de características tecnológicas, y otro para la estrategia de ajuste y regulación del proceso, de acuerdo a las características dinámicas de este proceso industrial.
- Un indicador que con enfoque de proceso evalúa la efectividad de la mejora en el proceso industrial de la caña de azúcar.

El **valor social** se obtiene por la incidencia que en el ambiente laboral de la industria de la caña de azúcar cubana, tiene el procedimiento que se desarrolla, al implicar aspectos organizativos, organizacionales y tecnológicos, dentro de una cultura organizativa con paradigmas alejados de las prácticas modernas de calidad, para enfrentar los cambios, respecto a la reestructuración, el Perfeccionamiento Empresarial y la introducción progresiva de las ISO 9000.

La factibilidad y pertinencia demostrada al poder implementar el procedimiento general y los específicos, así como el indicador de efectividad propuesto, con resultados satisfactorios y de perspectiva alentadora para su continuidad tanto en la industria cubana de la caña de azúcar como en otras del sector industrial, constituyen el valor práctico de la investigación, la cual además tributa al proyecto nacional del CITMA: Procedimiento para el mejoramiento de la calidad en la gestión de proceso en la industria de la caña de azúcar.

CAPÍTULO 1. MARCO TEÓRICO Y REFERENCIAL

1.1. Estrategia para la construcción del marco teórico y referencial

Las bases teórico-prácticas del proceso de investigación, le permitieron a la autora trazar una estrategia para la construcción del marco teórico y referencial (ver figura 1.1), para arribar al problema científico planteado en la introducción de esta Tesis Doctoral, a partir del análisis del “estado del arte” en la temática objeto de estudio y la valoración de las vías y métodos para obtener resultados del trabajo, sobre una base científica novedosa y con aportes prácticos y metodológicos. Se precisan los principales aspectos conceptuales involucrados en la investigación, con énfasis en la mejora de la calidad de procesos industriales, como alternativa para los cambios que se proponen realizar dentro del nuevo entorno empresarial azucarero cubano.

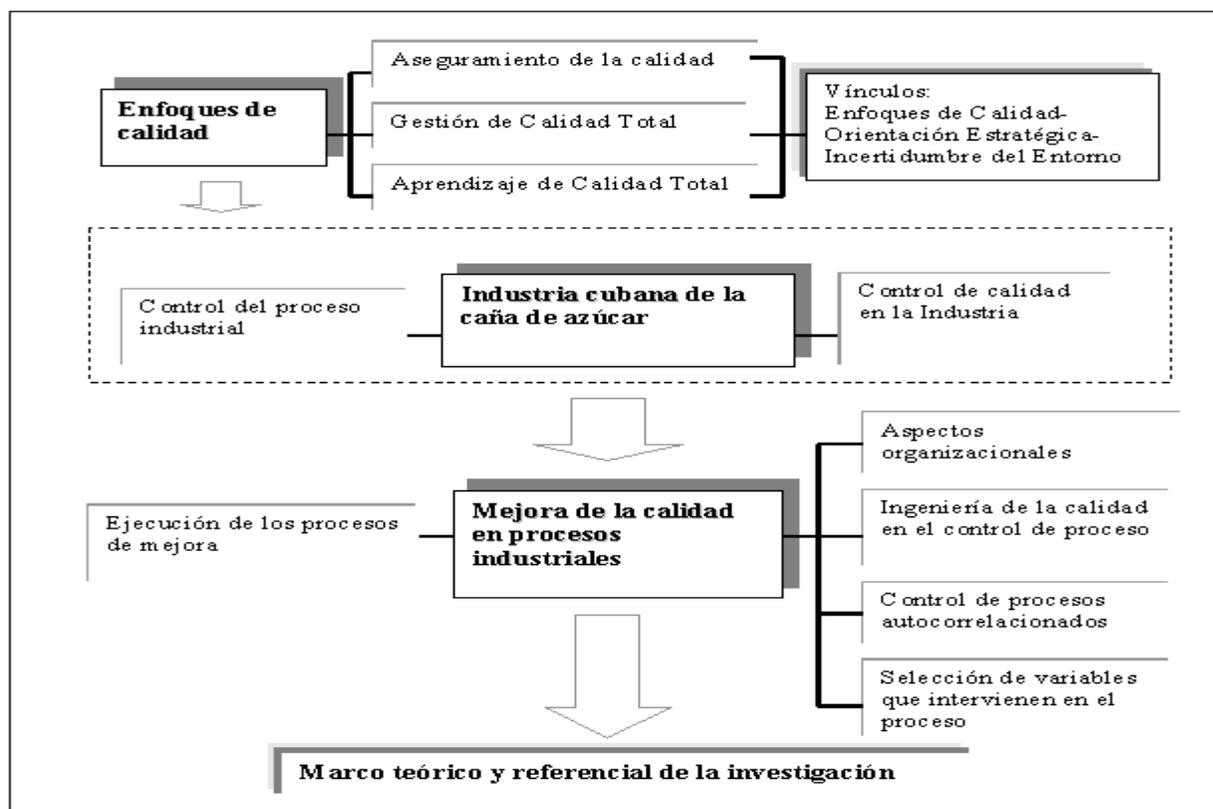


Figura 1.1. Hilo conductor para la elaboración del marco teórico y referencial de la investigación Fuente: Elaboración propia.

Para ello se abordan tres grandes temas:

1. Enfoques de calidad y su vínculo con la orientación estratégica y la incertidumbre del entorno, con vistas a atenuar los fallos frecuentes que presentan las prácticas de calidad.
2. La industria de la caña de azúcar en Cuba, necesidad del desarrollo de herramientas con enfoque integrador para la mejora de la calidad del proceso.
3. El mejoramiento de la calidad como alternativa para las industrias de proceso, basada en las tendencias actuales de la Ingeniería de Calidad, en el control del proceso y el papel de la cultura organizacional.

1.2 Los enfoques de calidad como estrategia para la gestión empresarial

El concepto de calidad se ha mantenido en constante evolución, al encontrarse insertado en el contexto de la época en que se define. A partir de la proclamación de Feigenbaum del Total Quality Management (TQM) y los conceptos con acción en Japón en la década del 50, se establece una fuerte asociación de la calidad y la gestión empresarial que tiene su reconocimiento en los años 80, al declararse como “paradigma dominante” de gestión el TQM (ver figura 1.2).

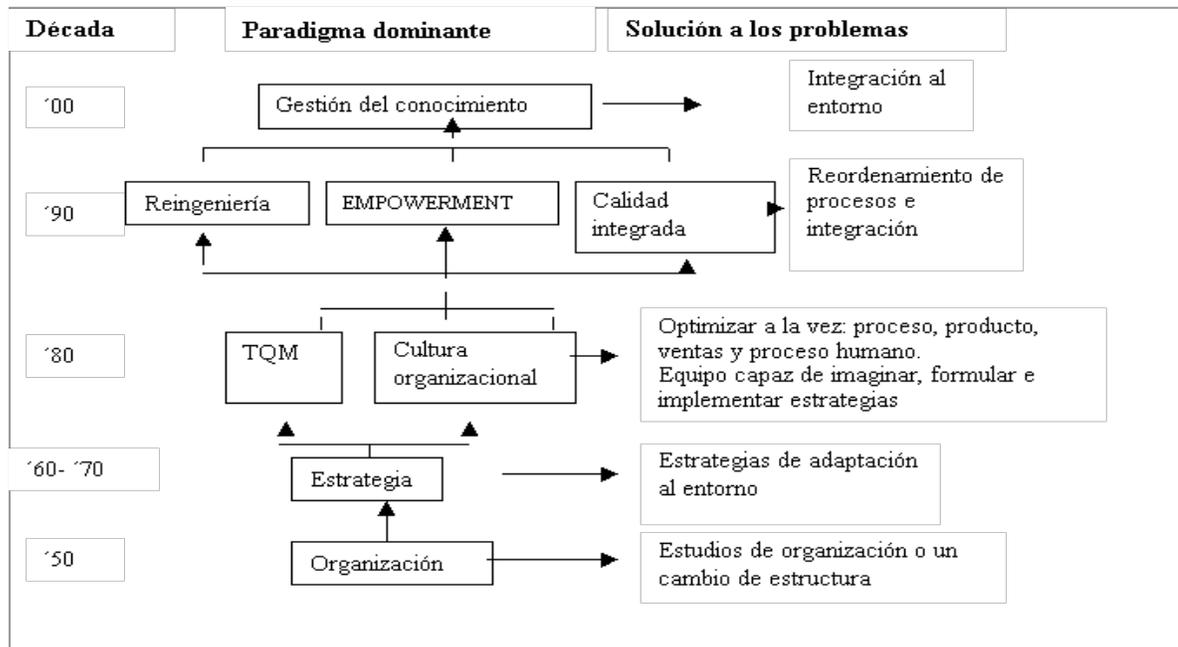


Figura 1.2. Paradigmas dominantes en la gestión empresarial. Fuente: Piñero (2003).

Lo anterior ha propiciado el desarrollo de diferentes enfoques de calidad, donde se organizan los esfuerzos científico- técnicos, para adaptar la operación de los sistemas tecnológicos y

administrativos en forma rentable y competitiva. Dentro de los enfoques más reconocidos en la literatura, por la contribución que han tenido en el logro de metas estratégicas están: el **Aseguramiento de la Calidad**, el **TQM** y el **Aprendizaje de Calidad Total** (siglas en inglés: **TQL**).

A partir de estos enfoques, la literatura refleja diferentes niveles de desarrollo, propios de la evolución del concepto de calidad. Se coloca al **Aseguramiento de la Calidad**, según varios autores citados por Jabnoun *et al.* (2003)¹, como una extensión del control de calidad interno, donde se plantea la medición y el control sistemático, determinantes en el logro de conformidad con los requerimientos en productos, servicios y procesos; para este las normas ISO 9000 establecen las reglas básicas. Es un sistema, además, que resulta compatible con el Análisis de Peligros y de Puntos Críticos de Control (APPCC); práctica dirigida a la gestión de la inocuidad de los alimentos (FAO, 2001), aplicable en todos los segmentos y sectores de la cadena alimentaria y que presupone el desarrollo de metodologías multidisciplinarias, orientadas hacia el control de proceso, a partir de un conocimiento detallado de éste así como el compromiso y participación de la dirección y los trabajadores.

Al respecto las empresas cubanas plantean sus exigencias para organizar y/o certificar sus sistemas de calidad, en la búsqueda de una garantía comercial de sus productos, precisamente basadas en las normas ISO 9000; además está vigente el APPCC, como una exigencia obligatoria para comerciar con varios países, entre ellos los pertenecientes a la Unión Europea. El APPCC se establece como requisito para lograr la certificación del producto por las ISO 9000, en las industrias de alimentos, dentro de las que se encuentra la industria de la caña de azúcar. En este sentido han sido elaboradas las normas correspondientes al Sistema de Análisis de Peligro y las directrices para su aplicación (NC 136:2002) y la norma para el Sistema de Gestión de la inocuidad de los alimentos para cualquier organización en la cadena alimentaria (NC ISO 2200:2005).

Resulta por tanto, una necesidad proyectar prácticas de calidad, con alternativas que tengan un fuerte impacto en la forma de operar los procesos, y que contribuyan, metodológicamente, al planteamiento de Rosales del Toro (1999), sobre la introducción progresiva de las normas ISO 9000 en la industria de la caña de azúcar.

¹ entre ellos Garvin, (1988); Dale *et al.* (1990); Moreno-Luzón & Peris (1998)

Respecto al **TQM** se establece como la combinación de la dimensión de formalización del **Aseguramiento de la Calidad**, con las dimensiones de aprendizaje de la mejora continua y la satisfacción del cliente; para lo cual, según Ishikawa (1989), se necesita de una estructura con una complejidad superior al **Aseguramiento de la Calidad**, para ajustar los ambientes internos y externos. En el **TQM** se promueve la importancia de la cultura organizacional, y se refleja así en las bases teóricas que sustentan diferentes premios a la calidad, como por ejemplo el americano The Malcolm Baldrige National Quality award (MBNQ) y el Modelo de excelencia de la Fundación Europea de Gestión de Calidad (siglas en inglés EFQM), este último extendido a Iberoamérica en la Cumbre de Oporto, y del cual Cuba forma parte desde la cumbre de la Habana en 1999.

Con la revisión de las normas ISO 9000:2000 se percibe un acercamiento entre el **Aseguramiento de la Calidad** y el **TQM**, por el marcado enfoque de proceso que presentan estas normas y el establecimiento de las Directrices para la mejora del desempeño en la ISO 9004 (ISO 9000:2000). Lo anterior se presenta como una necesidad de involucrar elementos de ambos enfoques, para contribuir al enriquecimiento de las prácticas actuales, que en Cuba y particularmente en la industria de la caña de azúcar, han estado dirigidas al cumplimiento formal de orientaciones metodológicas, por lo que en términos de calidad domina la orientación hacia la calidad del producto terminado y la solución de problemas operativos (Gómez Avilés *et al.* 2003/b/).

Dentro del contexto evolutivo de los enfoques y ante la necesidad de las organizaciones de un adelantamiento interno frente al impacto externo, se introduce por Sitkin *et al.* (1994)² el **TQL**, el cual constituye un enfoque, que en su esencia ofrece el aprendizaje como eslabón de enlace entre las las dimensiones de satisfacción del cliente y la mejora continua, en vez del control como lo presentan los anteriores enfoques; con lo cual se plantea la correspondencia con el paradigma de gestión a partir del 2000 (ver figura 1.2).

En resumen, con estos enfoques se obtienen las exigencias de control del **Aseguramiento de la Calidad**, el balance entre control y la exploración del **TQM**, y del **TQL**, el planteamiento de la dedicación por completo a la exploración; constituyen, por tanto, complementos que responden a la evolución experimentada por las ciencias empresariales, condicionadas por las exigencias generadas en la práctica de las organizaciones.

² citado por Jabnoun *et al.* (2003)

Los principales rasgos que caracterizan los diferentes enfoques valorados anteriormente, son reconocidos en la literatura tanto desde el punto de vista teórico como práctico, sin embargo, en Cuba, particularmente en la industria de la caña de azúcar, no existe una identificación real de las posibilidades que pueden brindar; en estas actitudes, a criterio de la autora, influyen las estrategias que se siguen en las prácticas de calidad con enfoques metodológicos, basados en exigencias muy generales para ser aplicados en organizaciones sin arraigo de una cultura de calidad y carente de herramientas que centradas en la mejora en la operación de los procesos, conduzcan a un cambio organizacional en correspondencia con las características tecnológicas y organizativas de la entidad involucrada, los recursos disponibles y la interrelación con el entorno en que esta se desempeña; ante lo cual se precisa de estudios que desarrollen procedimientos para hacer viable la implementación de prácticas de calidad, con impacto en la estrategia empresarial.

1.2.1 Vínculos: Enfoques de Calidad, Orientación Estratégica y la Incertidumbre del entorno

Según Jabnoun *et al.* (2003), varios autores entre ellos Spector *et al.* (1994) y Ngai & Cheng (1997), atribuyen la frecuente tasa de fallo en la implantación de prácticas de gestión de calidad, en lo fundamental, a las barreras culturales y a la deficiente integración de estas prácticas con la incertidumbre del entorno y la estrategia de la organización, unido a la falta de compromiso de la alta dirección (liderazgo); elementos estos últimos que Cantú Delgado (2001) los refiere, pendiente de vínculos importantes en la teoría de la calidad total, al no ser tomados en cuenta por autores relevantes de esta ciencia; lo que puede provocar en los ejecutores, el descuido de áreas decisivas, al organizar y proyectar los cambios que implican estas prácticas.

El interés sobre el tema se manifiesta en diferentes investigaciones referenciadas por Jabnoun *et al.* (2003) como: las estrategias planteadas por Reed *et al.* (1996), que tienen en cuenta la incertidumbre del entorno, pero sólo a través del **TQM**; el modelo de contingencia de Moreno-Luzón & Peris (1998), que revela la existencia de proximidad entre: el **TQM** y la arquitectura estratégica, y el **Aseguramiento de la Calidad** con la versión tradicional de planeación estratégica y diseño estratégico, aunque no profundiza en los contenidos de los enfoques de gestión estratégica. Al respecto Jabnoun *et al.* (2003) aborda las limitaciones

anteriores, presentando un modelo de contingencia dirigido a incrementar las oportunidades de mejora en el desempeño de una organización, relacionando la Orientación estratégica con la Incertidumbre del entorno a través del **Aseguramiento de la Calidad**, del **TQM** y del **TQL**. En esta propuesta se definen tres niveles de incertidumbre.

Sin embargo, la forma en que se representa el modelo (ver figura 1.3), que es sintetizado a través de su caracterización en la Tabla 1.1, no ofrece para su implementación, la posibilidad de conjugar elementos de los diferentes enfoques de calidad, pues en cada nivel de incertidumbre se le hace corresponder sólo un determinado enfoque de calidad; obviando que la dinámica empresarial demanda de prácticas que se desarrollen reconociendo elementos de diferentes enfoques.

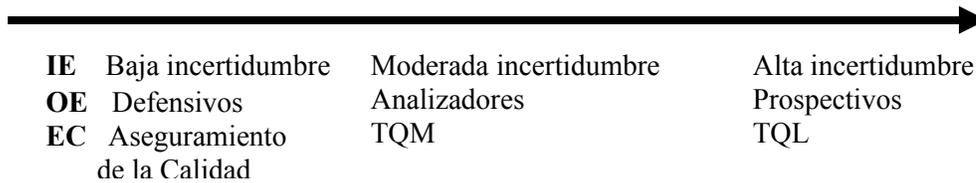


Figura 1.3. Relaciones entre: tipo de Orientación Estratégica (**OE**), nivel de Incertidumbre Entorno (**IE**), y Enfoque de Calidad (**EC**). Modelo de contingencia.

Fuente: Jabnoun et al. (2003).

Freeman (1982) refiere que las prácticas de calidad constituyen esfuerzos científicos y tecnológicos con un fuerte impacto en cualquier estrategia innovativa, con esta perspectiva Jabnoun et al. (2003) en la figura 1.3, plantea que para dar una respuesta efectiva a los frecuentes cambios en la dinámica y complejidad de las variables que caracterizan la incertidumbre del entorno, las organizaciones se ajustan y adaptan a través de una variedad de orientación estratégica, equiparadas con enfoques de calidad, sin embargo, el hecho de presentar separadamente cada enfoque de calidad en el modelo, Jabnoun et al. (2003) da la sensación de inviabilidad en su implementación, por la inercia que puede provocar la cultura organizacional y la inflexibilidad tecnológica.

Al respecto la autora sugiere considerar esta limitación, del vínculo entre enfoques del modelo de Jabnoun et al. (2003), a través de los puntos de contacto que este tiene con la Pirámide de jerarquización de la dimensión estratégica de la organización de Pons Murguía (1998) (ver anexo 1), aunque este autor sólo tiene en cuenta el **TQM**, es posible establecer una

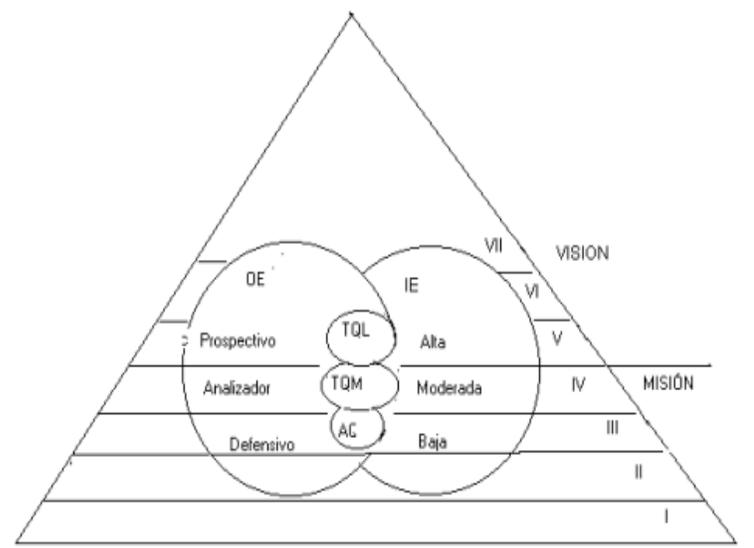
Tabla 1.1. Síntesis Modelo de contingencia de [Jabnoun et al. \(2003\)](#): Orientación Estratégica-Incertidumbre del Entorno- Enfoque de Calidad (OE-IE-EC)

OE: Patrón sistemático e identificable de comportamiento hacia la adaptación ambiental, cuyos elementos principales y sus relaciones están conceptualizados en el llamado “ciclo adaptativo” en el tiempo (Miles & Snow, 1978) ²	
Modelo de contingencia	Caracterización del modelo en las organizaciones
OE Defensivas IE Baja EC Aseguramiento de la Calidad	Problemas de ingeniería; alta prioridad a las mejoras en eficiencia, conducidos por una coalición dominante compuesta de personas con experiencia en finanzas y producción. Éxito en ambientes estables. Las organizaciones crecen a través de la penetración del mercado, son llamadas indistintamente por diferentes autores “adaptadoras” o “conservativas”. Las estructuras son mecanicistas, orientadas hacia el control y la eficiencia
OE Prospectivas o emprendedoras IE Alta EC TQL	Estas organizaciones asumen riesgos e innovaciones, buscan y explotan oportunidades innovativas más ricas en ambientes dinámicos, y se proponen ser parcialmente responsables de hacer los ambientes dinámicos, contribuyendo a innovaciones en los cambios de productos.
OE Analizadoras IE Media EC TQM	Defensivas en ambientes estables. Tienen un papel similar a los prospectivas en ambientes dinámicos. Preservan su dominio de mercado, orientado a productos y se aventuran a nuevos mercados sólo después de haber demostrado su viabilidad las prospectivas. En ambientes caracterizados como medianamente volátiles, se desempeñan buscando otros tipos de estrategias organizacionales, combinan características de estructuras mecanicistas y orgánicas para trabajar con sus diferentes ambientes. Su estructura es complicada con papeles coordinadores muy extensivos entre funciones y una planificación intensiva.

Fuente: Elaboración propia.

vinculación de forma gráfica, que permite interconectar los enfoques (ver figura 1.4), sin obviar el vínculo que se establece respecto a la equiparación OE- EC- IE, del modelo de [Jabnoun et al. \(2003\)](#), y el compromiso con el cliente que propone Pons Murguía (1998).

² citado por [Jabnoun et al. \(2003\)](#)



Leyenda

- I.** Identificar a los clientes;
- II.** Determinar los requerimientos y expectativas de los clientes;
- III.** Cumplir los requerimientos de los clientes;
- IV.** Superar las expectativas de los clientes;
- V.** Preveer las necesidades de los clientes;
- VI.** Cumplir las necesidades de los clientes;
- VII.** Ganar el compromiso de los clientes.

Figura 1.4. Interconexión de enfoques de calidad, la orientación estratégica, la incertidumbre del entorno y el compromiso con el cliente de la organización.

Fuente: Elaboración propia.

De esta forma la autora concibe la gestión de calidad como factor contribuyente al logro de metas estratégicas equiparadas con el nivel de incertidumbre, a través de la perspectiva de ascenso en el compromiso con el cliente. La sugerencia respecto a la integración permite orientar a la organización en cuanto a cómo proyectar prácticas de calidad, donde el vínculo entre estos aspectos, resultará esencial en la selección y elaboración de herramientas que sean apropiadas a los propósitos que se definan de acuerdo a las condiciones existentes y exigidas. Para el logro de la equiparación OE- EC- IE, es una tarea fundamental gestionar la incertidumbre; al constituir según Collins (1994)², una configuración que subyace bajo las operaciones internas de la organización, su ambiente y la relación compleja entre ambos; resultando, por tanto, necesario que las organizaciones sean capaces de desarrollar y utilizar herramientas, que le permitan enfrentarla.

Este contexto de las organizaciones en general, es propio también para la industria cubana de la caña de azúcar, la cual desempeña su actividad como plantea Nova (2004), en un entorno de alta vitalidad y dinámica del mercado. En este sentido, el redimensionamiento y la diversificación resultan alternativas que deben nutrirse de un enfoque multidisciplinario, no sólo vinculados a cambios tecnológicos importantes como los referidos por Gálvez Taupier

² citado por Jabnoun et al. (2003)

(2003), sino también a través de prácticas de calidad que permitan romper los esquemas orientados hacia la calidad del producto final (Romero Romero *et al.*, 1999) y (Gómez Avilés *et al.* 2003/b/), que han caracterizado la gestión de calidad en esta industria, y que obstaculizan las exigencias que implican los sistemas de aseguramiento de la calidad, basados en las normas ISO-9000 y la proyección de trabajo que significa el desarrollo de metodologías como el Análisis de Peligros y de Puntos Críticos de Control.

1.3 Aspectos esenciales de la diversificación en la industria cubana de la caña de azúcar

La nueva concepción de la industria azucarera implica que ha quedado atrás la producción única de azúcar, y es sustituido por el de una producción conjunta de azúcar, miel, jugo, bagazo, cachaza, etc. (Simeon, 1998) y (Gálvez Taupier, 2006); por lo que la caña de azúcar, de la cual se obtiene aproximadamente el 60 % de la producción de azúcar en el mundo anualmente, como precisa González Suárez (2004/b/), constituye una materia prima con características relevantes, que la sitúan como la planta comercial con mayores rendimientos en materia verde, energía y fibra, obtenidos en ciclos de tiempo menores que otras especies.

González Suárez (2004/b/) plantea que, en esta industria la mayoría de los subproductos, por décadas, fueron sobrantes, de escasa utilización e indeseables por sus efectos contaminantes al medio. Los criterios actuales plantean una economía estable y ventajosa para el azúcar, a partir de una concepción de diversificación que ha evolucionado, desde producciones con tecnologías simples hasta las producciones de productos sintéticos, incrementándose el índice de valores agregados de las materias primas de cinco y hasta veinte en los procesos más complejos.

Para enfrentar esta proyección de diversificación en la industria cubana de la caña de azúcar, González Suarez (2004/b/) apunta que es necesario, profundizar en primer término, en los aspectos tecnológicos y económicos de cada una de las producciones, a través del trabajo de especialistas de diferentes disciplinas, donde se aborde la concentración de la producción y capacidades, modernización y la flexibilidad para la producción de derivados, combinada con la de azúcar, a través de esquemas tecnológicos integrados, vinculados entre sí desde el punto de vista del proceso y energético. Las contribuciones a la puesta en práctica de esta estrategia, han tenido su fundamento científico en los resultados de investigaciones cubanas lideradas por el Instituto Cubano de la Industria de Derivados de la Caña de Azúcar (ICIDCA).

Al respecto en la literatura especializada se enfatiza en el análisis complejo de proceso para la búsqueda de alternativas de intensificación de los procesos (Oquendo Ferrer, 2002), de integración energética en período de zafra (De la Cruz Soriano, 2001) y de combustible fuera de zafra (Romero Romero, 2005) donde se incluye un diagnóstico energético basado en la propuesta de Borroto Nordelo, *et al.* (2000) para analizar el aprovechamiento de los potenciales de la fábrica; sin embargo la debilidad que refiere González Suarez (2004/b/) sobre los sistemas de calidad en esta industria, carece de investigaciones que aporten instrumentos metodológicos, que guíen la detección y acción sobre potenciales de mejoras de la calidad del proceso industrial, que impliquen aspectos organizativos, organizacionales y tecnológicos.

1.3.1 Valoraciones sobre el control de proceso industrial

En el proceso industrial azucarero la aguda distinción entre el análisis de laboratorio y el control de proceso, que ha prevalacido durante años, tiende a desaparecer gradualmente, a través de la comunicación entre ambas entidades, con un proceder unido y la atención centrada en monitorar y visualizar la calidad del proceso industrial multivariable. La meta en este sentido está en lograr eficacia de los datos de laboratorio para ordenar e intervenir en el control “on-line” del proceso de manufactura del azúcar (Kuchejda, 2002) y (Shulze, 2002). Como consecuencia de estos cambios, Shulze (2002) plantea que la tecnología de control de una fábrica de obtención de azúcar requiere de flexibilidad en las herramientas “on-line”, que permitan el permanente monitoreo de los procesos de fabricación y se informe al personal de operación, de la localización de las desviaciones y las causas.

El desarrollo de procedimientos que den respuesta a estas aspiraciones, constituye una posibilidad de obtener grados de conversión más altos en un proceso industrial que, como plantea Sabadí Díaz (1996), involucra un elevado flujo de materiales, con un valor económico relativamente alto donde la transmisión de la variación, en la medida que se avanza en las etapas que lo conforman, altera e incrementa continuamente las pérdidas; por lo que las mejoras o modificaciones en las etapas iniciales del proceso, como el área de extracción, tendrán el mayor efecto resultante en las ganancias de la industria de la caña de azúcar, criterio que la autora comparte con Pérez de Alejo, 1979 (tomado de Riera González, 1996).

Sin embargo, investigaciones desarrolladas por tecnólogos de diversas ramas de la ciencia sobre esta industria, como por ejemplo Cardoso Romero (1993), González Pérez (2002) y O'Farrill Pie (2005), presentan enfoques parciales u omiten la utilidad que la Ingeniería y la Gestión de Calidad, pueden tener en el control de este proceso industrial, lo que hace que estén arraigados métodos de trabajo y formas de pensar lejos de cualquier pretensión estratégica en términos de mejora de la calidad.

1.3.2 Caracterización del control de calidad en la industria

La normalización del azúcar crudo de buena calidad tiene sus orígenes en la octava reunión del ICUMSA (1932). Estas normas sujetas a renovaciones, en función de los cambios y nuevas regulaciones que imponen las siempre crecientes exigencias del desarrollo de la ciencia y la tecnología, se presentan actualmente con la NC (85:2006), elaborada teniendo en cuenta los requisitos exigidos por el mercado internacional azucarero, y lo establecido en la norma CODEX STAN 212-1999 (Enmienda- 2001). Sin embargo, como plantean Fariñas (1986) y Romero Romero et al. (1999), en la industria cubana de la caña de azúcar, la comercialización del azúcar crudo se ha basado más en el precio fijado para los 96^o de polarización, que en la calidad del producto en general y de las condiciones en que se produce.

La producción de azúcar comienza con la preparación de la tierra, siembra, cultivo y cosecha de la caña, hasta obtener el producto terminado. En tal sentido, se plantea en Romero Romero et al. (1999), que resultan esenciales las características de la caña, un trabajo del área de extracción que posibilite disminuir las pérdidas en bagazo, así como un riguroso control en las operaciones de todas las etapas del proceso industrial, para alcanzar los niveles deseados en la calidad del producto y el costo de producción que haga competitiva al azúcar cubana; unido al necesario aprovechamiento de las posibilidades energéticas.

Alcanzar el propósito de un sistema de gestión de procesos en la industria cubana de la caña de azúcar, se dificulta ante un control de calidad que se basa en los manuales de operación industrial (MINAZ, 1996) y las guías para el trabajo de las Salas de Análisis (MINAZ, 1995), pero con ejecuciones operativas no orientadas al análisis multivariable y sistémico; resultado del empleo de métodos de trabajo esquemáticos, que no permiten analizar las insuficiencias

del proceso sin la búsqueda de un culpable, en vez del trabajo coordinado (Gómez Avilés et al. 2003/b/).

Para Juran & Gryna (1988), los controles de calidad deben conseguir el doble propósito de garantizar que los materiales producidos posean propiedades físicas y químicas que garanticen que los materiales se comporten satisfactoriamente en el proceso y en el producto final; sin embargo, en la industria cubana de caña de azúcar, en el caso de la empresa azucarera “Melanio Hernández”, presentado por Romero Romero et al. (1999), se muestra la inestabilidad en la calidad del producto y la imposibilidad de lograr mejoras con las recomendaciones que se emiten, y que por el contrario, se reiteran por años y no son resueltas por la empresa; evidencia de lo ineficaz de esta evaluación postmortem y de las condiciones en que se enfrenta la gestión de la calidad de este proceso industrial, que se manifiesta en las deficiencias del trabajo de las Salas de Análisis de la eficiencia industrial (Gómez Avilés et al. 2003/b/), que la autora obtuvo a partir de la consulta con especialistas de la provincia y el país, incluyendo a todo el personal vinculado de la provincia de Las Tunas (iniciadores de esta experiencia); esta situación se presenta, aunque se disponen de datos, que desde dentro pueden aportar al conocimiento del proceso y ofrecen información para orientar los esfuerzos de mejora.

Actualmente la Oficina Territorial de Normalización (OTN) realiza inspecciones estatales de la calidad a la agroindustria azucarera, que abarca la cosecha cañera, la agricultura cañera y la industria. En el caso de la industria, la inspección incluye: el producto terminado, el laboratorio, cada una de las etapas del proceso industrial y la valoración de los índices de eficiencia. Estas inspecciones se basan en: los procedimientos para la ejecución de la inspección estatal de la calidad a los productos; el aseguramiento de la calidad, en el apartado correspondiente al control de los procesos; las Normas Ramales del Azúcar crudo de caña para la exportación y consumo industrial; los manuales de fabricación de azúcar crudo del MINAZ; los métodos del Manual Analítico de Control Unificado (MACU); el contrato con la Operadora de Azúcar y las orientaciones del MINAZ para la zafra (ONN, 2003).

Como resultado de estas inspecciones se elabora un informe con el análisis de las causas de no conformidades. Este documento, con copias al Jefe de la Sala de Análisis y a la Subdelegación Agrícola del MINAZ, incluye el acta de toma de muestras y del resultado de los ensayos, así como, en los casos que proceda, el plan de medidas.

Sin embargo, como no existe un respaldo en procedimientos que, centrados en el proceso, permitan a la industria cubana de la caña de azúcar colocarse en posición de enfrentar prácticas de calidad que respondan a un sistema de gestión de procesos, reconocido por Shulze (2002) como la próxima etapa en la tecnología de control para esta industria, los resultados no tienen más trascendencia que una lista de orientaciones que el personal encargado del proceso es responsable de cumplir, pero que su ocurrencia es muy probable que se repita, como de hecho muestran los documentos sobre inspecciones realizadas (OTN 2000-2002).

1.4 El mejoramiento de la calidad en los procesos industriales

La concepción de mejoramiento de la calidad constituye un componente decisivo en toda actividad empresarial; y tal como se presentan las operaciones de los procesos industriales, sujetas cada vez más a los factores emergentes del entorno, requieren de nuevos planteamientos para la calidad que se conciben, según Juran & Gryna (2001), ajustándose constantemente a las “mejores prácticas de producción”, con otras formas de comparación y regulación que pueden diferir de las utilizadas hasta el momento.

Moen *et al.* (2000) establecen que el mejoramiento se realiza a través de la orientación continua de los esfuerzos, para saber acerca del sistema de causas en un proceso, y usar este conocimiento en cambiar el proceso, reducir la variación y complejidad, así como mejorar la satisfacción del cliente (se incluyen los cliente internos). El cambio que se propone implica para la organización, aunar dos temas que Juran & Gryna (2001) reconocen conciliados con poca frecuencia: (1) las tecnologías con las que se tienen que crear los productos y los procesos que satisfagan las necesidades de los clientes y (2) una cultura a lo largo de toda la organización que permanentemente considere la calidad como un objetivo principal y que se constituya en un modelo o escenario emocional, donde se desarrollen y evolucionen hábitos, convicciones y conductas humanas respecto a la calidad.

Los propósitos del mejoramiento de la calidad, resultan de interés para las industrias de proceso, pues son muchos todavía los desafíos, con experiencias de derroches inaceptables y arbitrariedades al definir los requisitos para el desempeño de los procesos que, según Arcelus & Rahim (1996) y Woodall (2000), presentan grandes proporciones de su producción fuera de los límites establecidos y se alega que son demasiado estrechos, aunque están basados en

diseños técnicamente argumentados. Sin embargo, como plantean Juran & Gryna (2001) se subestiman los problemas de calidad y lo que estos representan en la rentabilidad financiera a largo plazo; en este sentido, el propósito debe estar orientado a refinar las herramientas para lograr la detección oportuna de las causas que provocan tales alteraciones y poder obtener los beneficios esperados.

Lo anterior se puede comprobar en los trabajos de West & Dellana (2000) en el proceso de tratamiento de aguas residuales y Nembhand & Valverde-Ventura (2003) en una industria de partes; sin embargo, en MSIRI (2000) se refiere que, en el contexto de la industria azucarera en general no se cuenta con un uso propicio de las estrategias de mejoramiento de proceso, incluso en organizaciones con acceso a la alta tecnología.

1.4.1 Ejecución de los procesos de mejora

Para la ejecución de los procesos de mejora de la calidad y para la solución de problemas, se reconocen por Imai (2000); Juran & Gryna (2001) y ASQ (2004/c/) dos formas: una “*incremental*” con carácter específico, asociada estrechamente a técnicas de Control Estadístico de Proceso (siglas en inglés: SPC) (al respecto se desarrollan metodologías como el Benchmarking y el Mejoramiento Continuo o Kaizen); y *a saltos* “breakthrough” o Reingeniería, que es más general e implica cambios importantes como resultado de adelantos tecnológicos y de los últimos conceptos gerenciales o técnicas de producción.

Cantú Delgado (2001) al abordar la formación de la teoría de la calidad, a partir de la contribución de numerosos autores clásicos, define ocho áreas claves, una de ellas el mejoramiento continuo, que es analizada por Gómez Dorta (2001), a través del enfoque general de mejoramiento que caracteriza a estos autores, con valoraciones críticas que facilitan la comprensión respecto a los posibles beneficios u obstáculos que puede significar el seguir una u otra línea de pensamiento, expresadas en las estructuras del mejoramiento que establecen.

La determinación de enfrentar el proceso de mejoramiento, requiere de un análisis de las circunstancias en las que se desarrollará, siendo determinante la tipología del proceso u organización de aplicación y el objetivo que se persiga. Estas consideraciones sobre las características de industria de la caña de azúcar, caso a desarrollar en esta Tesis, se exponen

en la Tabla 1.2, para destacar aspectos negativos del enfoque general de autores clásicos, que no favorecen un acercamiento al mejoramiento en este proceso.

Tabla 1.2. Aspectos negativos del enfoque general de autores clásicos, que no favorecen un acercamiento al mejoramiento del proceso industrial de la caña de azúcar

Autores	Enfoque general	Objetivo: Mejorar la calidad del proceso industrial de la caña de azúcar.	
		Características de la industria	Aspecto negativo del enfoque
Philip Crosby	Prevención.	Proceso dinámico	No considera variaciones del proceso, le resta importancia al SPC
Armand V. Feigenbaum	Liderazgo directo y continuo de la dirección.	Implicación del personal directo	Incapacidad de los trabajadores de línea de llevar adelante un proceso de mejora
Genichi Taguchi	Producto insensible a la variabilidad.	Cultura organizacional	Contribución pobre al liderazgo, sistema humano, estrategia.
Masaaki Imai	El KAIZEN. Aplicar reglas de oro de la gerencia en el lugar de trabajo.	Cambio tecnológico	Niega la innovación de los procesos al considerarla un proceso costoso que afecta las operaciones y asusta a los empleados y a los clientes.

Fuente: Elaboración propia.

Por otra parte, se valoran las estructuras de mejoramiento (ver Tabla 1.3) de otros autores cuyos enfoques responden a los propósitos de la Tesis (se incluye la norma ISO 9004:2000, por el papel rector de esta organización a nivel internacional en la calidad) y se consideran procederes válidos; sin embargo son muy generales, para abordar la mejora del proceso industrial de la caña de azúcar, por la necesidad de proyectar herramientas que integren, de forma explícita, la implicación de aspectos organizativos, organizacionales y tecnológicos, para los actuales condiciones de la tecnología y ante la perspectiva de cambio tecnológico.

Resulta apropiado en estas valoraciones de circunstancias, incluir el contexto general en se desarrollará la investigación, por la presencia de factores que influyen desfavorablemente en

Tabla 1.3. Estructuras de mejoramiento, autores clásicos e ISO 9000

W. Edwards Deming.	Joseph M. Juran	Kaoru Ishikawa.	ISO 9004-2000*
---------------------------	------------------------	------------------------	-----------------------

Planear	1. Prueba de necesidad	1. Escoger un tema	a. Razón para la mejora. b. Situación actual
Hacer	2. Síntoma 3. Causa 4. Remedio	3. Evaluar la situación actual 4. Investigación de causa 5. Establecer medidas correctivas y ejecutables 6. Evaluar resultados	c. Análisis d. Identificación de soluciones posibles
Verificar	5. Acción	7. Estandarización, prevención de errores y su repetición	e. Evaluación de efectos
Actuar	6. Acción	8. Repaso y reflexión, consideración de los problemas restante 9. Planeación para el futuro	f. Implantación y normalización g. Evaluación de la eficacia y eficiencia del proceso al complementar la acción de mejora.

Fuente: Elaboración propia.

los países en desarrollo para enfrentar procesos de mejora de la calidad vinculados con: tecnologías obsoletas, infraestructuras inadecuadas y conocimientos insuficientes (Gómez Dorta, 2001). Debido a estos factores resultarían procesos muy complejos, en los cuales si nacionales pueden ser una alternativa, no siempre se formulan adecuadamente, respecto a la Educación, Adiestramiento, Promoción, Asistencia Técnica e Infraestructura Institucional (Pons Murguía, 1994).

El énfasis de estos programas se hace en la Normalización, Certificación, Control de la Exportación y Legislación, lo cual puede no conducir necesariamente a los resultados esperados y más que un estímulo, pueden provocar desmotivación. En este sentido, se manifiestan los esfuerzos por la calidad en la industria cubana de la caña de azúcar, que desde 1997 trabaja en el Perfeccionamiento Empresarial y en los Sistemas de Aseguramiento de la Calidad basados en las normas ISO-9000 (Rosales del Toro, 1999) y más recientemente se establecieron las directivas generales para la producción industrial en relación con: Planificación, Producción, Control, Recursos Humanos y Medio Ambiente (López Figueredo, 2005).

Sin embargo, en estas orientaciones o exigencias, no se proponen herramientas apropiadas a las características de esta industria, particularmente respecto al control de proceso, y al factor humano, cuya disposición y capacidad que no garantiza un adecuado trabajo en relación con la calidad (Romero Romero *et al.* 1999).

La atención que en general se mantiene hacia los procesos industriales, respecto a la gestión de calidad, cuenta con una amplia difusión en las publicaciones de la American Society of Quality (ASQ), a través de la filosofía de administración “Seis Sigma”. La instrumentación de esta filosofía empresarial, permite integrar tendencias y conceptos vitales para la competitividad de las organizaciones, que implica también cambios de la cultura organizacional, alineación de la estrategia del negocio y la medición sistemática de sus principales actividades.

Para emprender los procesos de cambio, “Seis Sigma” utiliza tres metodologías: (I) DMAIC (siglas en inglés de: Define, Measure, Analyze, Improve, Control), para problemas en procesos existentes complejos o ineficientes; (II) DMADV (siglas en inglés de: Define, Measure, Analyze, Design, Validate), diseño o reajuste de un nuevo servicio o proceso; y (III) DFSS (siglas en inglés de: Design For Six Sigma), metodología orientada a los proyectos de la introducción de nuevos productos (ver Cuadro 1.1).

La efectividad a lograr con estos procesos de cambio, plantea Harvey (2004), depende de qué tiene que ser cambiado (PROBLEMA), qué medidas importantes hay que tomar para cambiar (METODOLOGÍA), qué HERRAMIENTAS se necesitan y cómo CONDUCIR el cambio. Emprender el enfoque “Seis Sigma” resultaría demasiado costoso (por las características complejas de las metodologías, que requieren desde la propia definición del proyecto, relacionar: problema, metodología, herramienta y forma de conducir el cambio) y quizás, hasta innecesario para el caso a desarrollar en esta Tesis, pues la metodología DMAIC, apropiada para el problema que en general aborda, las herramientas que presenta en específico para la mejora y el control (ver Tabla 1.4), requieren de desarrollos a partir de las características de este proceso industrial, no implementados en las referencias consultadas en la ASQ (2004/d- h/).

Cuadro 1.1. Breve caracterización de las metodologías “Seis Sigma”

DMAIC	En los procesos vitales, se identifican las variables críticas y se busca una solución óptima. Finalmente, con un sistema de control se aseguran que las mejoras no se pierdan una vez que se haya terminado el proyecto. Las herramientas que emplea
--------------	---

	estaban ya disponibles, pero se presentan unidas de una manera eficaz.
DMADV	Con esta metodología la organización investiga las necesidades y deseos del cliente, las despliega sobre métricas y después despliega la métrica sobre funciones de proceso. La metodología no es tan extensa como la DMAIC, sin embargo, es igualmente rigurosa y la complementa.
DFSS	Los productos se deben diseñar con una comprensión clara de capacidades de proceso requeridas. Estas capacidades y sus interacciones necesitan ser entendidas estadísticamente y deben centrarse en especificaciones del cliente.
El empleo de métodos estadísticos y matemáticos permiten:	
(1) administrar los componentes de cada proceso, reduciendo la variabilidad en la ejecución de actividades críticas de la organización, y	
(2) hacer énfasis en la ingeniería de los procesos de negocio, para que se ejecuten con el mínimo de errores, con altos grados de estabilidad en la ejecución de actividades cotidianas y sus procesos.	

Fuente: Adaptado de Harvey (2004).

1.4.2 El aspecto organizacional en la mejora

En los procesos de mejora, consiliar los aspectos tecnológicos con los organizacionales es determinante (Juran & Gryna, 2001); para estos autores, la cultura constituye uno de los fenómenos que más influye en el éxito o fracaso de las prácticas de calidad, por lo que es preciso tener personas que adquieran la capacidad de conseguir calidad, a partir de los hábitos que puedan reproducir, como resultado de la comprensión que se logre de las necesidades y exigencias del entorno, para crear un sentido de identidad del personal con la organización. Este reconocimiento aparece recogido en las bases de los premios y Sistemas de Calidad, como el americano para la calidad MBNQ y el Modelo de excelencia de la Fundación Europea de Gestión de Calidad, e ISO 9000:2000 (ver Anexo 2).

Tabla 1.4. Desarrollo de la metodología DMAIC de “Seis Sigma”

DMAIC	Dimensiones	Herramientas claves para el análisis
Define	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Identifica proyectos. ✓ Determina requerimientos de los clientes y características de calidad. ✓ Define problemas, objetivos, metas y 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Mapeo de proceso

	<ul style="list-style-type: none"> beneficios. ✓ Define recursos. ✓ Desarrolla planes de proyectos. ✓ Mapa de procesos 	
Medición	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Determina Xs críticas y Ys . ✓ Determina definiciones operacionales. ✓ Estabilidad de los estándares de desempeño. ✓ Desarrollo de la colección de datos y plan de muestreo. ✓ Validación de las mediciones. ✓ Determinación de capacidad de proceso 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Gráficos de series de tiempo. ✓ Histogramas. ✓ Pareto. ✓ Análisis del sistema de mediciones ✓ Análisis de capacidad.
Análisis	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Benchmarking de proceso. ✓ Relaciones causales. ✓ Estabilidad del producto. ✓ Análisis de datos del mapa de proceso, visualiza los problemas que determinan las causas raíces. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Pruebas estadísticas. ✓ Modelación y análisis de causas raíces.
Mejora	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Diseño de experimento (siglas en inglés: DOE) ✓ Desarrollo de solución, costo y beneficio de alternativas, análisis de riesgo. ✓ Validación de solución con implementación piloto. ✓ Determinación de solución efectiva. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ DOE ✓ Regresión ✓ Modelación ✓ FMEA ✓ Validación estadística
Control	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Control Estadístico de Proceso (siglas en inglés: SPC) ✓ Determina necesidades de control. ✓ Implementar y validar controles ✓ Beneficios con la implementación de la solución. ✓ Cierre de proyecto y comunicación de resultados. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ SPC

Fuente: [ASQ \(2004/d\)](#).

El logro de una percepción positiva de los valores culturales, para Alabart Pino & Portuondo Vélez (2004), es una garantía fundamental para proyectar cambios dentro de la organización, por la función primordial que tiene la cultura, en el logro de la coherencia o el funcionamiento orgánico entre las variables: software y hardware y de ambas con el entorno. Estos valores culturales son reflejados a través del clima de la organización; donde el comportamiento de

los subordinados, está determinado por el comportamiento administrativo y las condiciones organizacionales [Likert, 1967, referencia de Ferreira & Disla (2003)].

Para el fenómeno organizacional, que ha sido abordado a través de numerosas y diversas aproximaciones científicas desde la psicología organizacional, no existe, según Medina Macías & Avila Vidal (2005), un conjunto estructurado y sistemático de conocimientos científicos de las organizaciones, capaz de explicar dicho suceso en toda su magnitud; debido fundamentalmente a la amplitud y complejidad de su objeto de estudio, la relación de interinfluencia entre el ser humano, su trabajo y la organización; por lo que se requiere de la integración de diferentes alternativas metodológicas para su estudio.

En los últimos años los estudios empíricos sobre clima organizacional presentan un incremento, con realizaciones en sectores de: la educación en Perú (Ribera Lam, 2000); organizaciones estatales y la industria textil en Chile (Cabrera, 1999); exploración del petróleo en México (Flores, 2004); el sector de la salud en Chile y Cuba (Mancilla & Parra, 1996) y Marqués, 2001). En estos trabajos prevalece la investigación descriptiva, a través de variables organizacionales (Anexo 3), sin vínculos evidente con la tecnología (Juran & Gryna, 2001); situación en la cual la utilidad del enfoque de investigación intervencionista (Medina Macías & Avila Vidal, 2005), aporta la acción de programas centrados en el cambio planeado y sistemático del comportamiento organizacional y el aprendizaje; con metas relacionadas directa o indirectamente con el mejoramiento de la organización y diseñados según French & Bell (1996)³, para mejorar el funcionamiento de esta y ayudar a sus miembros a administrar mejor los procesos y culturas de sus equipos y de su organización. De esta forma se conduce una adaptación más adecuada al contexto cambiante en que se desenvuelven.

Al abordar el tema en el contexto azucarero cubano, Romero Romero *et al.* (1999), plantean limitaciones de los recursos humanos para enfrentar cambios relativos a la calidad; mientras que Castellano Castillo & González Ramirez (2000) reconocen la necesidad de difundir principios y creencias que potencien la acumulación de conocimientos, la mejora continua y el aprendizaje, como elementos muy vinculados a la competitividad, para definir estrategias de cambio. Sin embargo, estos trabajos carecen de un diagnóstico profundo de la organización, y aunque resultan evidentes los problemas, condición que propicia la

³ citado por (Medina Macías & Avila Vidal, 2005).

intervención, es necesario conocer dónde tienen su origen estos problemas, para dirigir las acciones de intervención, si se pretende realmente darles solución, con efectividad.

1.4.3 Orientación interna hacia la calidad

La introducción de instrumentos subjetivos para la medición de la calidad, basados en las percepciones de los clientes, se presenta en modelos como SERVQUAL y SERVPERF (Parasumaran *et al.*, 1990 y Carman, 1990). En estos modelos dirigidos a evaluar procesos de servicio, no deben ser ajenos para los procesos de manufactura (Bou Llusar & Camisón Zornoza 2002), pues en estos procesos, como reconoce Ishikawa (1989), existe el cliente interno, la próxima etapa de un proceso; los cuales son en última instancia, los que determinan la percepción de la calidad, que los clientes externos tendrán de la organización. Ante esta situación, según Rust & Oliver (1994)⁴, lo importante no es discutir si el enfoque de calidad percibida es válido, sino cómo realizar la adaptación para la evaluación de la empresa como un todo, en cuanto a la variedad y la extensión de las estructuras de las variables dominantes, así como los tipos de atributos a ser considerados y sus importancias relativas.

La exploración de las posibilidades de un enfoque multidimensional de calidad percibida en una organización, se presenta por Bou Llusar & Camisón Zornoza (2002), a través de un instrumento que evalúa la calidad percibida del producto (atributos de los productos de la industria), calidad percibida del servicio (características del servicio que brinda el proveedor del producto) y la orientación hacia la calidad, en una empresa distribuidora de cerámica (no industrial pero con un fuerte componente de producto); estos autores integran las tres perspectivas, sin embargo en la orientación hacia la calidad, sólo se considera la orientación externa: precio, imagen y reputación y no incluye la orientación interna (organización para la calidad, orientación del empleado hacia la calidad), de la organización estudiada.

Likert (Ferreira & Disla, 2003) al reconocer que el comportamiento de los subordinados depende directamente, de la percepción del comportamiento administrativo y de las condiciones organizacionales, es decir, que la reacción está determinada por la percepción, este autor establece tres tipos de variables que definen las características propias de la organización, que influyen en la percepción individual del clima (Cuadro 1.2). Con este conocimiento las organizaciones pueden de forma estructurada, adquirir la capacidad de

⁴ tomado de Bou Llusar & Camisón Zornoza (2002)

proyectar los cambios requeridos, tanto por necesidades del ambiente interno como externo, a través de los propios procesos organizacionales que inciden en la percepción.

Cuadro 1.2. Categorías en las que Likert, 1967, agrupa las características propias de la organización, que influyen en la percepción individual del clima

Variables causales	Variables independientes, indican el sentido en el que la organización evoluciona y obtiene resultados: estructura organizativa, las decisiones, competencias y actitudes.
Variables intermedias	Orientadas a medir el estado interno de la empresa, constituyen los procesos organizacionales como tal de la organización. Reflejan aspectos tales como: motivación, rendimiento, comunicación y toma de decisiones.
Variables finales	Surgen como resultado de las anteriores variables, están orientadas a establecer los resultados obtenidos en la organización, tales como: productividad, ganancia y pérdida.

Fuente: Ferreira & Disla (2003)

La posibilidad a juicio de la autora de desarrollar el estudio desde esta perspectiva, permite identificar pautas para el desarrollo futuro de la empresa, y representa una posibilidad de profundizar en la orientación interna hacia la calidad, del modelo de calidad percibida de Bou Llusar & Camisón Zornoza (2002); cuya concepción multidimensional se corresponde con la necesidad que plantean Juran & Gryna (2001), de conciliar lo organizacional con lo tecnológico; contando para ello con los análisis desde dos enfoques: el cuantitativo, que incluye la estadística descriptiva y la multivariada y el cualitativo, más complejo, pero que atrapa el fenómeno en su esencia y la utilidad que ofrecen las intervenciones, como medios o herramientas para impulsar programas de cambio (Medina Macías & Avila Vidal, 2005).

1.4.4 Ingeniería de la Calidad en el control de proceso

La ingeniería de la Calidad se reconoce, dentro de las actividades de manufactura, de gran apoyo a los objetivos económicos y a la rentabilidad de las organizaciones, por lo que significa la introducción de nuevos sistemas y productos, que exigen el empleo de herramientas que garanticen una mejor comprensión del comportamiento y los resultados de los procesos industriales, para adaptarse de forma satisfactoria a las exigencias del entorno empresarial.

Shewhart en 1926 propuso los primeros Gráficos de Control, que constituyen aún, los más utilizados en los sistemas industriales de hoy (Stoumbos, *et al.* 2000); bajo la consideración que los datos tomados para su construcción son independientes e idénticamente distribuidos con el modelo normal; Woodall (2000) plantea que esta premisa no necesariamente siempre

es así, y hace referencia al trabajo de (Burr, 1967) sobre el efecto de los datos, que no siguen el modelo normal, en los límites de control, que se presenta generalmente en la etapa inicial del uso de los Gráficos de Control, resultan importantes también en esta situación, las consideraciones sobre: la selección de las características de calidad, el plan de muestreo, las mediciones y los subgrupos racionales, así como el grado de autocorrelación en los datos; sin embargo es un criterio que no se aborda en estudios referenciados sobre el tema en la industria de la caña de azúcar cubana (Fariñas, 1986; Cardoso Romero, 1993 y O'Farrill Pie, 2005).

Para Nembhand & Valverde-Ventura (2003), cuando la consideración de independencia de los datos se viola, debido a patrones sistemáticos no aleatorios, la efectividad de los gráficos Shewhart, Suma Acumulativa (siglas en inglés: CUSUM) y Media Móvil Ponderada Exponencial (siglas en inglés: EWMA), se degrada ampliamente; este último cuando se utiliza en el monitoreo. Para estas circunstancias Alwan & Robert (1988) propusieron una solución al problema, modelando el patrón no aleatorio usando modelos de series de tiempo con Medias Móviles Integradas Autorregresivas (siglas en inglés: ARIMA).

En estas condiciones la Ingeniería de Control de Proceso (siglas en inglés: EPC), tiene en el Control Estadístico de Proceso (siglas en inglés: SPC), una rica colección de herramientas para monitorar un sistema; pero siempre que considere su utilización en contextos apropiados e integrados, a partir de las ideas de los pioneros del tema Box y Jenkins en 1962 (Nembhand & Valverde-Ventura, 2003) y no confundidos como sucede frecuentemente.

Respecto al uso de ambas técnicas, Box & Luceño (1997) refieren, que al utilizar la EPC, no se deben ignorar los métodos de monitoreo de proceso del SPC, pues esto provoca una limitada ejecución de la primera. Esta limitación, indica la necesidad de ser cauteloso, en aplicaciones como las que propone González Pérez (2002), para el control operacional de algunos factores agroindustriales que afectan la cogeneración en ingenios azucareros cubanos; en esta propuesta no se hace referencia a las herramientas de monitoreo.

Por otra parte el uso del Control Estadístico para ajustes de proceso, resulta muy ineficiente al obviar la Ingeniería de Control; ya que los sistemas industriales como plantea Nembhand & Valverde-Ventura (2003) tienden a cambiar más allá de los objetivos, por la utilización, de materia prima de diferentes suministradores y/o por ser operados por personal que pueden utilizar diferentes técnicas.

Todo lo anterior sugiere que, la utilidad de las herramientas que brinda la Ingeniería de la Calidad deben ser aún exploradas. Representan una oportunidad, ante las proyecciones de trabajo de la industria de la caña de azúcar cubana, vinculadas con las directivas generales para la producción industrial (López Figueredo, 2005), respecto al desarrollo de aplicaciones en este tema actual, en las industrias de proceso y lograr contribuciones en la mejora de estos procesos, por ejemplo, ante la posible presencia de procesos autocorrelacionados.

2 Control de procesos autocorrelacionados

La insuficiencia de los controles en las industrias de proceso se aborda por Alwan & Robert (1995) y Box & Luceño (1997). Estos autores plantean que un 85%, aplican resultados de gráficos con límites de control mal colocados que pueden dar muchas señales falsas. Muchas de estas situaciones, según Woodall (2000), son el resultado de la presencia de autocorrelaciones de los procesos observados y con violaciones en las suposiciones básicas asociadas con los gráficos de Shewhart. Es decir, ante la presencia de series de tiempo estructuradas, en los datos de estas industrias de proceso, se afecta la correcta colocación de los límites de control y por tanto los esfuerzos de los investigadores en calidad no se fructifica al ejecutar el monitoreo del proceso.

El desarrollo de alternativas que permitan superar las dificultades y pérdidas encontradas fundamentalmente en la extensión de los Gráficos de Control, facilitarán información más completa para monitorar los procesos industriales, así como hacer más efectivo la regulación del proceso, especialmente en los sistemas dinámicos, donde existe una demora entre el tiempo de cambio de la variable de entrada X y el tiempo en que cambia la variable de salida Y .

La consideración de estas características, como relevantes para la eficacia del monitoreo del proceso, son apropiadas también para el proceso industrial de la caña de azúcar, sin embargo son limitados los trabajos al respecto; y sólo por ejemplo Abreu García, et al. (1980), en un estudio que evalúa la influencia de las variables de entrada al molino (caña y flujo de imbibición) sobre las salidas fundamentales (concentración de jugo y Pol en bagazo) es significativo el reconocimiento del tiempo de atraso entre molinos, lo que constituye un precedente que sustenta el interés y la importancia de abordar el tema en el marco de esta investigación. De esta forma se puede contribuir a la flexibilidad de las herramientas de control "on line" que según Shulze (2002), son demandadas por esta industria; así como a los

actuales desarrollos que respecto a la regulación del proceso se realizan en Cuba (ICINAZ 2006).

Análisis de intervención

También en los procesos industriales se presentan frecuentemente, afectaciones por eventos especiales en las series de tiempo, relacionados con cambios de políticas, conflictos en el proceso de toma de decisiones, promociones, regulaciones ambientales, entre otros; estas situaciones son denominadas eventos de intervención; los cuales pueden tener un importante efecto en la inestabilidad del proceso industrial de la caña de azúcar (Gómez Avilés *et al.*, 2002).

Para abordar los estudios al respecto en Box *et al.* (1994), se describen métodos de análisis de intervención, con el uso de un Modelo de Función Transferencial (siglas en inglés: MTF), pero a partir de una serie de entrada en forma de simple pulso o etapa, como función indicador de la presencia o ausencia del evento. Indicadores que dan la posibilidad de discernir las relaciones causales potenciales a partir de los datos observados Roberts (1991) y Grau (1995).

Modelo de Función de Transferencia (MTF) en sistemas dinámicos

La utilización de los modelos ARIMA y del análisis de intervención, son válidos para procesos autocorrelacionados cuyas entradas corrientes son cuidadosamente controladas; sin embargo, estas son suposiciones no siempre aplicables en procesos con entradas dinámicas, que exhiben series de tiempo estructuradas, donde se explican la mayoría de las variaciones en los datos, al margen de la independencia y la idéntica distribución de los residuales. Por ejemplo el estudio que presentan West & Dellana (2002), para procesos de tratamiento de agua residual, muestra la necesidad de utilizar en el análisis, el MTF de Box and Tiao 1973 (expresión 1.1); para explicar las implicaciones prácticas que en la calidad tiene, lograr mayor exactitud en la estimación de la variabilidad del proceso, así como la posibilidad de minimizar el problema de colocar mal los límites del gráfico de control residual; análisis que la autora considera puede aportar al conocimiento del proceso industrial de la caña de azúcar y a la detección de reservas potenciales de mejora.

$$Y_t = \nu(B) X_{t-b} + [W(B)/\delta(B)] I_t + [\theta(B)/\Phi(B)] \alpha_t \quad [1.1]$$

Donde:

$v(\mathbf{B}) X_{t,b}$: variabilidad provocada por las entradas dinámicas.

$[W(\mathbf{B})/\delta(\mathbf{B})] I_t$: significación de las intervenciones.

$[\theta(\mathbf{B})/\Phi(\mathbf{B})] \alpha_t$: modelo básico ARIMA que expresa la estabilidad del proceso.

Lo enunciado, sintetiza la utilidad de estas metodologías estadísticas, y aunque no son referenciadas en investigaciones de la industria de la caña de azúcar cubana, ante los nuevos retos y en las condiciones en que opera, resulta apropiado el desarrollo de estrategias en este sentido, cuyo éxito parte de la integración efectiva del Control Estadístico de Proceso con técnicas de “feedback control” típicas de la Ingeniería de Control de Proceso, para la lograr mejoras de la calidad del proceso, independientemente de si el control es automático o manual.

Estrategias para la autocorrelación

Los procesos autocorrelacionados, aunque reconocidos como un fenómeno natural en las industrias de proceso, sólo en años recientes, como la muestran las referencias bibliográficas entre otras de: Box & Luceño (1997), Woodall (2000) y West & Dellana (2002), es que se convierte la autocorrelación, en salida de las aplicaciones del Control Estadístico de Proceso. Una razón de esta preocupación está dada por la colección automatizada de datos, cuya obtención más frecuente hace posible reconocer la autocorrelación que previamente no era percibida (Box & Luceño, 1997). En el desarrollo de estrategias para manejar la autocorrelación existen desacuerdos sobre cómo proceder:

1. En un extremo, Wheeler (1991b), argumenta que los límites de control generalmente están contaminados "sólo cuando la autocorrelación llega a ser excesiva ($\geq 0,8$).” (NIST, 2001).
2. En el extremo opuesto, se plantea que la autocorrelación es un fenómeno por ser explorado, ante el cambio dinámico del proceso, debido a causas conocidas que no pueden ser eliminadas y aboga por la continua afinación de la Ingeniería de Control de Proceso, para minimizar la variación. Estos acercamientos y discusiones son propuestos por numerosos autores: Box et al. (1992), MacGregor et al. (1987, 1988, 1990) y Montgomery et al. (1994) tomado de (NIST, 2001).
3. Una tercera estrategia aboga por eliminar la autocorrelación de los datos y construir gráficos Shewhart, EWMA o CUSUM para los residuales (Alwan & Robert, 1995).

Las características dinámicas del proceso industrial de la caña de azúcar, indican la necesidad de valorar hasta qué grado de autocorrelación realmente se pueden encontrar afectaciones para el control de proceso; por tanto, asumir el primer proceder como estrategia, puede no resultar apropiado, ante el desconocimiento. Respecto al tercer planteamiento, puede implicar grandes esfuerzos para el personal que ejecuta el control, que unido al hecho de desconocerse los comportamientos de las variables resultado de los procesos, puede ser una decisión apresurada, seleccionar esta estrategia para el trabajo.

La segunda estrategia es básica para el desarrollo de los trabajos actuales, pues como plantean Box & Luceño (1997), las líneas divisorias entre la industria de partes (origen del Control Estadístico de Proceso) y la industria de proceso (origen de la Ingeniería de Control de Proceso) tienden a desaparecer, debido a que muchas producciones de la tecnología actual son híbridas; además del empuje que representa la revolución de la calidad, que conduce a las industrias líderes a experimentar con tecnología de control de otras. Al respecto la teoría desarrollada por Box & Luceño (1997), sobre la integración del Control Estadístico y la Ingeniería de Control, que permite abordar procesos con inercia, plantea como supuestos que:

(I) La inercia del proceso de ajuste debe ser representada por un sistema dinámico de primer orden con parámetro δ_0 ;

$$X_{t+1} = \bar{X}_t = (1 - \delta_0) (X_t + \delta_0 X_{t-1} + \delta_0^2 X_{t-2} + \dots + \delta_0^n X_{t-n}) \quad [1.2]$$

donde:

\bar{X}_t : Media Móvil Ponderada Exponencial (siglas en inglés: EWMA), de valores presentes y pasados $X_t, X_{t-1}, X_{t-2} \dots X_{t-n}$, con factor de suavizamiento exponencial constante (δ_0).

(II) Generación y filtraje de la serie.

- El **disturbio** es representado por un modelo IMA (del inglés: Integrated Moving Average), con parámetro de suavizamiento exponencial θ_0 , o grado de inestabilidad, $\lambda_0 = 1 - \theta_0$ (θ_0 para pronóstico, equivale a δ_0 , utilizado para describir procesos dinámicos;

$$z_{t+1} - z_t = a_{t+1} - \theta_0 a_t \quad [1.3]$$

donde

z_{t+1} : Es el EWMA, que provee del estimado \bar{Z}_{t+1} , para el próximo valor de Z_{t+1} ; promedio local, que estima la localización de un disturbio en el tiempo t .

λ_0 : Valor estimado del **grado de inestabilidad** que minimiza el MMSE (del inglés: Minimum Mean Square Error); los procesos industriales toman valores entre (0,2-04); $\lambda_0 = 0$ (proceso en perfecto estado de control).

a_t : ruido blanco en el tiempo t (comportamiento aleatorio de un proceso estable) $\sim N(0, \sigma^2_\alpha)$

La presencia de disturbios no estacionarios en los procesos, tienen la característica que, si no son ajustados, no se garantiza que se repitan en un tiempo finito; situación que sustenta la necesidad de generar la serie, para describir el comportamiento del proceso cuando no está en perfecto estado de control. Se utiliza para este pronóstico los modelos de disturbio que pueden ocurrir cuando el proceso está errático.

La generación del disturbio el IMA tiene una favorable interpretación por el “modelo de paso innovativo” de Box & Kramer de 1992 (Box & Luceño, 1997), donde el disturbio se analiza a partir de:

$$Z_t = \alpha_t + S_t \quad [1.4]$$

donde:

α_t : contaminación con ruido transitorio, independiente de la observación tomada en el tiempo $\sim N(0, \sigma^2_\alpha)$, y

s_t : parte no transitoria, signo producido como suma innovativa ($u_1, u_2, \dots, u_t \sim N(0, \sigma^2_u)$)

(III) Ejecución del ajuste.

El control de retroalimentación muy usado en procesos continuos, llamados Proporcional Integral Derivativo (PID), en estos momentos constituye uno de los proyectos que con mayor fuerza se desarrollan para la industria cubana de la caña de azúcar (ICINAZ, 2006); utiliza tres términos de control e_t , como el error de la desviación del objetivo en el tiempo t y X_t , el nivel de la variable de compensación en el tiempo t ; los cuales se toman como una combinación lineal para la acción del PID; sin embargo, la concepción de integración con el Control Estadístico de Proceso no es considerada.

El EWMA que pronostica la próxima observación es el estimado de signo sistemático usado en el sistema de retroalimentación para cancelar un gran componente exponencial de los disturbios; donde también se asume que:

- (1) Existe un sistema de ajuste de respuesta en el cual el efecto de un ajuste es completamente experimentado en la salida al fin de un intervalo de tiempo t ;
- (2) Una unidad de compensación produce g unidades de cambio en la salida. Entonces en un tiempo t , si se conoce el nivel Z_{t+1} del disturbio de una etapa adelante, y se ejecuta un perfecto control colocando continuamente X_t , se puede cancelar justo la salida.

La forma de la ecuación de ajuste general es:

$$g X_t = - G e_t \quad [1.5]$$

donde

g : ganancia del proceso, factor de medición del cambio en la salida producida por una unidad de cambio en la variable de compensación.

G : factor de ajuste total, en la práctica se desean valores entre (0,1- 0,4);

e : error en la salida, desviación del objetivo después del ajuste, correspondiente al cambio en el nivel de la variable compensatoria.

Este enfoque para abordar el control de proceso, puede resultar una contribución al conocimiento del proceso industrial azucarero en Cuba y a los esfuerzos que se realizan en cuanto a la automatización de la regulación de este proceso (ICINAZ, 2006); pues aunque no es una industria líder, sí tiene una nueva concepción de industria de caña de azúcar, que la vincula a producciones no tradicionales, o que no han tenido un peso tan importante, como es en estos momentos, las tecnologías de nuevos sustratos para la obtención de alcohol (De la Cruz Soriano, 2001), y el incremento del aporte de electricidad (Romero Romero, 2005); para lo cual las reservas de mejoras a ser obtenidas en la operación de su proceso industrial, pueden ser esenciales al no contar con recursos tecnológicos ni financieros importantes.

Este criterio está en correspondencia con resultados que ofrece Romero Romero (2005). Este autor incluye en la metodología que propone para incrementar el aporte de electricidad con bagazo, el diagnóstico e identificación de necesidades de mejoramiento del esquema térmico, a partir de herramientas estadísticas de Control de Proceso y Gestión de Calidad, contenidas en la tecnología de gestión eficiente de la energía de Borroto Nordelo, *et al.* (2000). Estas

aplicaciones, sin embargo, parten del cumplimiento de los supuestos básicos, que no siempre se cumplen para las industrias de proceso (Woodall, 2000), como ocurre también en los trabajos referenciados anteriormente de Fariñas Molina (1986); Cardoso Romero (1993); O´Farrill, Pie (2005) y Gonzáles Pérez (2002), realizados en la industria cubana de la caña de azúcar.

2.2.1 Selección de variables que intervienen en el proceso

Cuando se desea proyectar un sistema de medición de un proceso, el primer paso obligado y trascendente, por el papel que desempeñan los parámetros en la producción, es una selección cuidadosa de estos para ser medidos (Ledón & Tuz, 1981); a lo que se puede agregar, la sugerencia de Juran & Gryna (2001) sobre la necesidad de conocer la importancia relativa entre las características del producto, para lo cual sugiere identificar los puntos críticos y clasificar las características del producto, para obtener la capacidad de asignar los recursos: tiempo y dinero, a los aspectos más rentables y beneficiosos del proceso; además de constituir un aspecto intrínseco, del Sistema de Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control (FAO, 2001).

No obstante la importancia del tema, Juran & Gryna (2001) reconocen que se manifiestan objeciones respecto a consumir tiempo en la clasificación de características, con argumentos tales como:

- “Todas las características son críticas”. En realidad la gran cantidad de características provocan la necesidad de definir prioridades, en la ejecución de los procesos de inspección y fabricación; a lo que se suman las exigencias que impone el entorno respecto a cambios de estrategias de producción, que implica ejecutar esquemas de control en circunstancias diferentes. Estas prioridades las debe otorgar el personal preparado para ello, sino alguien sin experiencia tomará la decisión.
- “El rango de tolerancia facilita una clasificación de la importancia relativa de las características del producto”. El hecho es que, la criticidad no depende tanto del rango disponible en una determinada dimensión, como del efecto que puede tener en el sistema en general.

Al respecto estudios referenciados por Juran & Gryna (2001) han estado dirigidos a la clasificación de las características del producto, como el caso de Shenoy (1994) donde se

tratan las relaciones entre características de control, en términos de fuerte, media o débil, pero sólo para el producto final; mientras Somerton & Mlinar (1996), presentan cómo obtener, organizar y clasificar por prioridades datos procedentes de los clientes para determinar características clave de los productos y procesos; este trabajo aunque más preciso que el anterior, no aborda cómo establecer las relaciones de estas características a través de las distintas etapas de un proceso industrial.

Sobre estas relaciones Juran & Gryna (2001) plantean que deben situar al control de proceso en el contexto apropiado, según proveedores y clientes, y para ello es necesario considerar:

- 1.) las exigencias técnicas de la próxima etapa;
- 2.) los resultados exigidos por el entorno y
- 3.) la participación del personal en la toma de decisiones de acuerdo al nivel tecnológico existente.

La utilidad del Despliegue de la Función Calidad (siglas en inglés: QFD), en la planificación ha sido difundido como un problema de decisión multicriterio, para evaluar variables subjetivas, basadas en observaciones imprecisas (voz de cliente) (Khoo *et al.*, 1996; Fung *et al.*, 2002)⁵; al respecto, la autora considera que la concepción de esta herramienta, puede resultar propicia para flexibilizar los actuales esquemas de control, establecidos para producciones convencionales en la industria cubana de la caña de azúcar y carentes de un enfoque de proceso (Gómez Avilés *et al.*, 2003/b/), así como para los trabajos que en estos momentos se realizan de adecuación de los centrales a un esquema de tecnología flexible (Peláez Rodríguez, 2006)

Los aspectos anteriores, aunque, no se abordan en la literatura consultada sobre la industria cubana de la caña de azúcar, resultan una necesidad para poder asumir las exigencias que le son impuestas por el entorno en general y por los requerimientos de mercados cada vez más exigentes, expuestos por Nova (2004), a lo que el proceso industrial debe responder con mayor efectividad, al disponer de poco de tiempo y recursos para ello.

El refinamiento de las habilidades tecnológicas del personal responsable del control de proceso en la industria de caña de azúcar, se corresponde con las exigencias que se establecen para el Control de producción en López Figueredo (2005). Este proceso que está caracterizado tecnológicamente, presenta sin embargo, situaciones como las expresadas en Fardales Pérez &

⁵ Tomado de Yacuzzi & Martín (2006).

Gómez Avilés, (2005): opiniones de los expertos muchas veces contradictorias; especialistas que tienen la tendencia a tomar caminos cortos en la solución de problemas en detrimento de la calidad de los subproductos y/o producto final; la cantidad de variables que es normalmente alta y la interacción entre estas es compleja.

En tal sentido, la integración de técnicas del Paradigma Decisional Multicriterio y herramientas de gestión de calidad como el QFD, pueden aportar elementos esenciales para la selección de características tecnológicas, en un proceso industrial estructurado en etapas, bajo la concepción cliente- proveedor (Ishikawa, 1989).

2.2.1.1 Utilidad del Paradigma Decisional Multicriterio (PDM)

En los sistemas o procesos complejos, con muchas variables implicadas (Harvey, 2004), independientemente de lo diferente que sean los procedimientos analíticos para la toma de decisiones, Asencio García & Kalifa (1994) reconocen que la óptica multicriterio constituye un instrumento auxiliar en la decisión final, por lo importante que resulta utilizar varias medidas de comparación, para las diversas alternativas consideradas. Al respecto, (Marrero Delgado, 2001) refiere el aporte de objetividad y legibilidad al proceso decisorio, ya que toda decisión, incluso individual, es un compromiso entre diversas aspiraciones, imposibles de satisfacer en toda su plenitud.

En los seis axiomas del proceso de decisión multicriterio planteados por Barba- Romero Casillas & Pomerol (1997) (ver [Anexo 4](#)), se revela la intervención de varios actores en el proceso de decisión multicriterio: clientes o mandantes, los decisores, el analista o equipo de estudio y el usuario del Sistema Informativo de Ayuda a la Decisión Multicriterio (Marrero Delgado, 2001).

La literatura especializada reconoce tres elementos fundamentales que caracterizan el PDM: Las alternativas no se aíslan de la discusión de los criterios; Los criterios, atributos, objetivos o metas, no son independientes. Los pesos se deben determinar de conjunto y simultáneamente con las utilidades relativas de los criterios. En esta determinación, se consideran los aspectos de: la visión global que haga depender los pesos del conjunto de los criterios y las relaciones que puedan existir entre ellos, la conexión entre los pesos, así como las escalas utilizadas para medir la utilidad de cada alternativa.

El aspecto esencial de las escalas en la modelación multicriterio (Barba- Romero Casillas & Pomerol, 1997), (Marrero Delgado, 2001); tanto en el propio momento de emitir la opinión

los expertos, como en todo el procesamiento que se realiza sobre la información obtenida; no se refleja con igual fuerza, en las referencias que sobre los procesos de gestión y planificación de la calidad, se publican por la ASQ (2004/b/), los desarrollos del Despliegue de la Función Calidad, se trabajan con la escala clásica de (9: fuerte, 3: media, 1: baja ó 0: ninguna).

El PDM, brinda soluciones eficientes en el sentido paretiano; lo que refuerza su uso en el proceso de construcción de un orden, [Problemática de ordenación $P\gamma$], (Barba- Romero Casillas & Pomerol, 1997), para las características tecnológicas, en procesos industriales, y con ello facilitar el otorgamiento de prioridades en clases [Problemática de clasificación $P\beta$], (Barba- Romero & Pomerol, 1997); por lo que, según la autora en Gómez Avilés *et al.* (2003/b/), constituyen problemáticas a partir de las cuales la industria cubana de la caña de azúcar, puede lograr un acercamiento, en los análisis de datos que se realizan actualmente, al análisis multicriterio; para favorecer de esta forma el conocimiento del proceso y las mejoras que en estos puedan realizarse.

La amplia utilidad del PDM en investigaciones recientes en el área de investigación de operaciones (Marrero Delgado, 2001; Abreu Ledón, 2004; Knudsen González, 2005; entre otras), propician la posibilidad de enriquecer las herramientas de evaluación y toma de decisiones, que con el empleo de expertos, se propone esta investigación; para contribuir de esta forma, a la flexibilidad de los esquemas de control del proceso industrial de la caña de azúcar, en cuya conformación entran en conflicto intereses, propios de la formación de los especialistas involucrados.

2.2.1.2 Variables del proceso industrial azucarero

En el proceso industrial de la caña de azúcar se muestrean los productos intermedios y finales, las aguas industriales y residuales, los productos auxiliares, los gases de la combustión y, si existe un buen control microbiológico, el aire ambiental (Carrazana Ruiz, 1987). En la figura 1.5, se muestra el esquema tecnológico sobre el flujo de producción de azúcar crudo y, además, los lugares y puntos de muestreo. En dichos controles se miden y se analizan una serie de variables tecnológicas o indicadores azucareros.

Diversos autores, entre ellos Murry (1969); Jenkins (1988); González Suárez & Cardoso Romero. (1994); MINAZ (1996); Riera González (1996); Eeaoc (2003); González &

Rodríguez (2003), han abordado el tema de las variables tecnológicas que influyen en el proceso de obtención del azúcar. En particular en el trabajo de los molinos influyen un gran número de variables, que Rein (1975) las clasifica en tres grandes grupos: (A) , (B) y (C). La autora asume esta clasificación en todo el proceso industrial, pues resulta una agrupación que parte de la naturaleza de cada variable, lo cual facilita la comprensión de cada etapa para el desarrollo de la concepción cliente- proveedor, se consideran: (A) las que no cambian durante el proceso (Variables de diseño del proceso); (B) las que se encuentran bajo control del personal de operación (Variables de control del proceso y (C) las que cambian constantemente (Variables de producto)

Las instalaciones de la industria cubana de la caña de azúcar cuentan con áreas bien definidas entre sí (González Suárez, 2004/a/) y que de manera general pueden subdividirse en las etapas siguientes: a) Extracción : Contempla desde la llegada de la caña hasta el jugo mezclado; b) Purificación: El jugo mezclado unido al jugo filtrado se procesan y convierten en jugo clarificado; c) Evaporación : El jugo clarificado se concentra en meladura; d) Fabricación: La meladura se transforma en azúcar y miel. En todas estas etapas está la influencia de las variables de entrada que dependen de las etapas que las anteceden, así como de sus propios parámetros de operación.

Esta concatenación y dependencia entre etapas, presente en todo proceso industrial, conduce según Juran & Gryna (2001) a frecuentes fallas, que en gran medida están dadas por marcadas discrepancias en la comprensión, el diseño, el proceso, las operaciones y la percepción de este. En este sentido, se demandan procesos estructurados, como la planificación de la calidad, para evitar o atenuar estas discrepancias y que al final sea mínima.

Al respecto, la autora considera el QFD como una herramienta, no sólo con potencialidades en el establecimiento de relaciones entre procesos organizativos, para conducir la voz del cliente, sino que puede resultar apropiada para abordar relaciones entre variables de un proceso tecnológico bajo la concepción cliente- proveedor, donde el tratamiento del trabajo con los expertos se realice con elementos del PDM; que en los marcos de esta investigación contribuiría a atenuar las discrepancias planteadas por Juran & Gryna (2001) y por tanto a la efectividad del proceso industrial de la caña de azúcar como un todo.

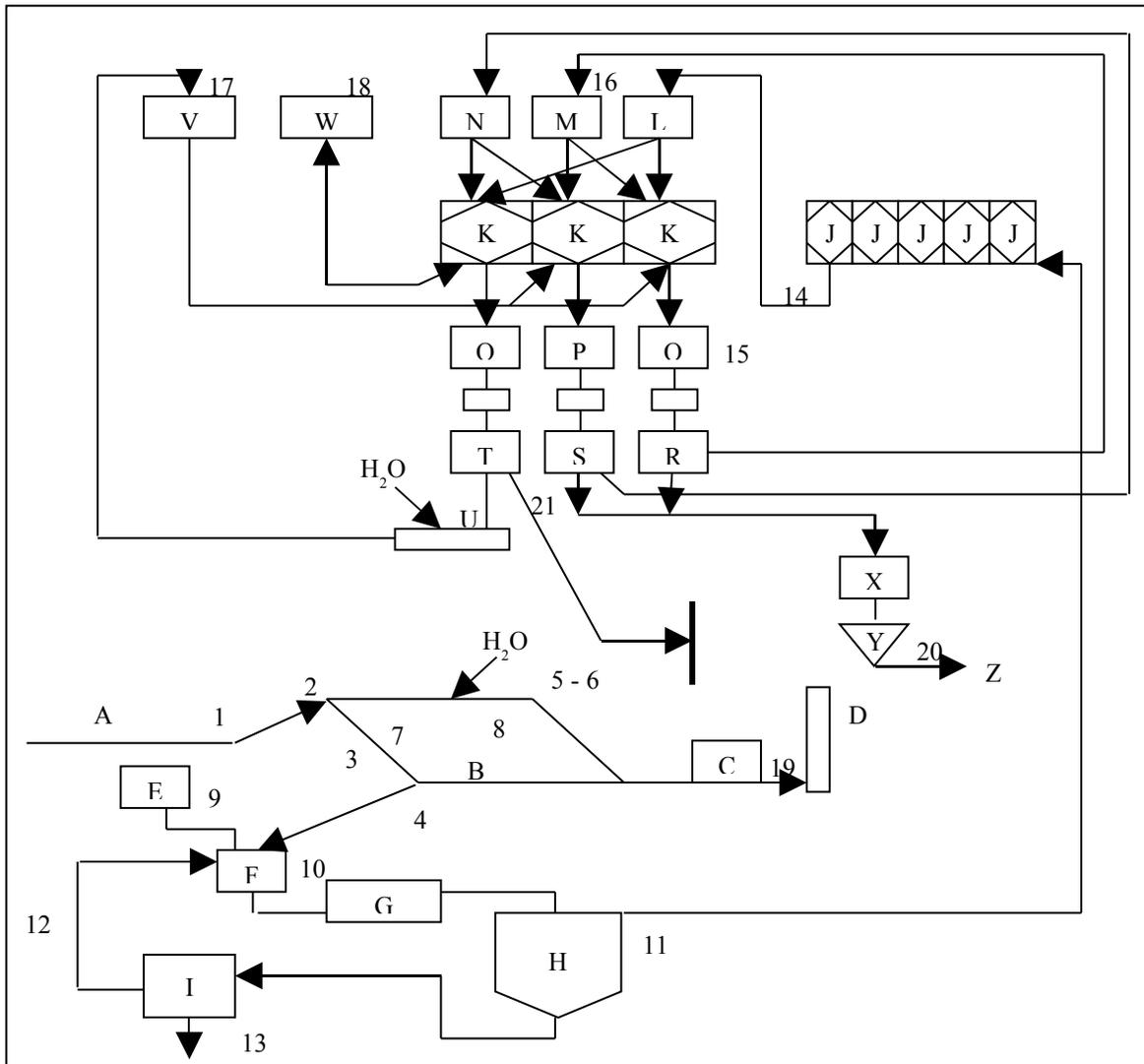


Figura 1.5. Esquema tecnológico sobre el flujo de producción de azúcar crudo. Lugares y puntos de muestreo Fuente: Carrazana Ruiz (1987).

 Leyenda:

(A) basculador, (B) tándem, (C) calderas, (D) chimenea, (E) mezclador lechada de cal, (F) tanque de alcalizar (alcalización en frío), (G) calentadores, (H) clarificador, (I) filtro, (J) evaporadores, (K) tachos, (L) tanque de meladura, (M) tanque de miel a, (N) tanque de miel b, (O) cristalizadores MCB, (Q) cristalizadores MCC, (R) centrifugas MCA, (S) centrifugas MCB, (T) centrifugas MCC, (U) mingler, (V) semillero, (W) granero, (X) romana de azúcar, (Y) embudo y (Z) banda conductora.

(1) caña (despalillo), (2) caña industrial, (3) jugo primera extracción, (4) jugo mezclado, (5) último jugo extraído, (6) bagazo, (7) prueba de molida, (8) extracción por molino, (9) lechada de cal, (10) jugo alcalizado, (11) jugo clarificado, (12) jugo de los filtros, (13) cachaza, (14) meladura, (15) masas cocidas A, B y C, (16) mieles a y b de inyección, (17) semilla, (18) grano fino, (19) gases de combustión, (20) azúcar crudo y (21) miel final.

1.5 Conclusiones parciales

1. El proceso de concentración de la producción y capacidades, modernización, flexibilidad y diversificación agrícola e industrial, al que se encuentra expuesta la industria cubana de la caña de azúcar y que debe caracterizarse por un enfoque multidisciplinario, no sólo vinculado a cambios tecnológicos,
demanda de estudios que puedan proveer de procedimientos que hagan viable la implementación de prácticas de calidad, con impacto en la estrategia empresarial.
2.
La integración entre los modelos teóricos de Jabnoun, et al. (2003) y Pons Murguía (1998), propuesta por la autora, concibe la gestión de calidad como factor contribuyente al logro de metas estratégicas equiparadas con el nivel de incertidumbre. La integración permite orientar a la organización en cuanto a como proyectar prácticas de calidad, donde el vínculo entre enfoques, es esencial en la selección y elaboración de herramientas apropiadas al propósito que se persiga.
3. La bibliografía hace referencia a la necesidad de integración del Control Estadístico y la Ingeniería de Control de Proceso, por la limitada utilización que tienen los métodos de monitoreo, cuando se obvian las técnicas de regulación o viceversa. La utilidad de las herramientas que brinda la Ingeniería de la Calidad, no cuenta con experiencias ni investigaciones referenciadas en el proceso industrial de la caña de azúcar, para abordar el carácter dinámico de este, que implica la presencia de autocorrelación; por ello representan una oportunidad, ante las proyecciones de trabajo que enfrenta esta industria para mejoramiento de su proceso.
4. La existencia de problemas organizacionales en la industria cubana de la caña de azúcar que se reconoce en trabajos referenciados, muestran que no se ha enfocado el estudio a través de su vínculo con la tecnología, como contribución a la mejora de este proceso industrial; por ello se requiere del desarrollo de procesos de intervención basados en análisis cuantitativos y cualitativos, para aportar soluciones a partir de la integración de lo organizacional con lo tecnológico.
5. Las posibilidades del Despliegue de la Función Calidad como una herramienta, para abordar las relaciones entre las etapas en un proceso tecnológico multivariable, bajo la

concepción cliente- proveedor, e integrada a elementos del PDM para el trabajo con los expertos, son planteamientos que esta investigación realiza y que no encuentra referencia en la literatura consultada, para enfrentar con ello la necesaria flexibilidad que debe proyectar el esquema de control del proceso industrial de la caña de azúcar, en cuya conformación entran en conflicto intereses, propios de la formación de los especialistas involucrados, que deciden sobre el trabajo de etapas que indistintamente pueden aportar productos intermedios o finales.

6. Los esfuerzos por la calidad en la industria cubana de la caña de azúcar, a través del Perfeccionamiento Empresarial, los Sistemas de Aseguramiento de la Calidad basados en las normas ISO-9000 y las recientemente directivas generales para la producción industrial, resultan instrumentos metodológicos que no favorecen la mejora continua del proceso industrial, hecho que refuerza la necesidad de diseñar nuevas herramientas que permitan en forma estructurada implicar aspectos organizativos, organizacionales y tecnológicos en este tipo de industria.

CAPÍTULO 2. PROPUESTA DEL PROCEDIMIENTO PARA LA MEJORA DE LA CALIDAD DEL PROCESO INDUSTRIAL CUBANO DE LA CAÑA DE AZÚCAR

2.1 Introducción

Las valoraciones obtenidas a partir de la construcción del marco teórico referencial, las exigencias impuestas a la industria de la caña de azúcar, el conocimiento de las prácticas actuales de calidad y la experiencia práctica adquirida en esta industria, permitieron el desarrollo del procedimiento para la mejora de la calidad de este proceso industrial, orientados al logro de la **eficiencia** y **estabilidad** en la operación industrial, así como la evaluación de la **efectividad** como resultado de las mejoras que se ejecuten.

2.2 Bases para la construcción del procedimiento para la mejora de la calidad del proceso industrial cubano de la caña de azúcar

La construcción del procedimiento se realizó sobre las **premisas** siguientes:

- Integrar explícitamente herramientas vinculadas con la Ingeniería y Gestión de Calidad y las Matemáticas Aplicadas e Informática, para el desarrollo de prácticas que articulen elementos de diferentes enfoques de calidad, condicionando una proyección de trabajo, que erróneamente el empresario azucarero cubano separa del despliegue estratégico empresarial.
- Promover la utilidad de la concepción cliente- proveedor, en la evaluación de la efectividad de las mejoras en el proceso industrial de la caña de azúcar y la ejecución del ajuste y regulación de la operación basado en la inercia del proceso.
- Contribuir a la integración de indicadores de eficiencia, estabilidad y efectividad del proceso industrial de la caña de azúcar.
- El sistemático aprendizaje del proceso industrial de la caña de azúcar que se logra con la implementación del procedimiento, permite considerarlo dialécticamente, en continuo mejoramiento.
- El procedimiento debe articular con el proceso de Perfeccionamiento Empresarial, con la introducción progresiva de las normas ISO 9000 y con las exigencias del Sistema de Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control, pues tiene el propósito de

contribuir a la mejora de la eficiencia, estabilidad y efectividad, a partir de niveles de conocimiento de los procesos en la industria de la caña de azúcar, lo cual posibilita proyectar de forma sistemática, una equiparación con las exigencias del entorno empresarial.

El **Objetivo del procedimiento** general es mejorar la eficiencia y estabilidad, para contribuir a la efectividad del proceso industrial cubano de la caña de azúcar, en función del aprendizaje del proceso industrial y su equiparación con las exigencias del entorno.

Principios en los que se sustenta

1. *Mejoramiento continuo*: Se establece a partir del retorno a fases anteriores con el objetivo de mantener las mejoras alcanzadas, actuar sobre insuficiencias y/o planificar mejoras incrementales.
2. *Adaptabilidad*: El soporte teórico- metodológico, permite ajustarse a las necesidades del proceso industrial de la caña de azúcar del país.
3. *Aprendizaje*: Contiene técnicas de análisis estadístico; elementos del Paradigma Decisional Multicriterio; diseño de experimento; herramientas de monitoreo y pronóstico para procesos dinámicos; técnicas informáticas y la intervención organizacional, a través de una estrategia de triangulación. Requiriéndose de los involucrados: directivos, especialistas y obreros, su capacitación en las técnicas a aplicar, para profundizar en el conocimiento del proceso.
4. *Pertinencia*: La posibilidad que tiene el procedimiento de ser aplicado integralmente en las condiciones que presenta el proceso industrial de la caña de azúcar, sin consecuencias negativas para los clientes internos de las etapas de dicho proceso y los clientes externos de la industria..
5. *Consistencia lógica*: La ejecución de las etapas en la secuencia planteada, en correspondencia con la lógica de ejecución de este tipo de estudio.
6. *Perspectiva o generalidad*: Dada la posibilidad de su extensión como instrumento metodológico para ejecutar estos estudios en otros procesos similares.

Entradas al procedimiento:

1. Opiniones de expertos, sobre la importancia de las relaciones entre características tecnológicas: Variables: Entrada- Salida y Parámetros del Proceso.

2. Datos del desempeño del proceso industrial y del comportamiento de variables tecnológicas.
3. Datos aportados por el trabajo con los grupos focales, cuestionarios⁶, para el análisis de las variables organizacionales.
4. Datos del comportamiento actual de las variables tecnológicas por etapas del proceso

ENTORNO – ESTRATEGIA DE LA INDUSTRIA

I. Caracterización y ordenamiento para un enfoque de proceso

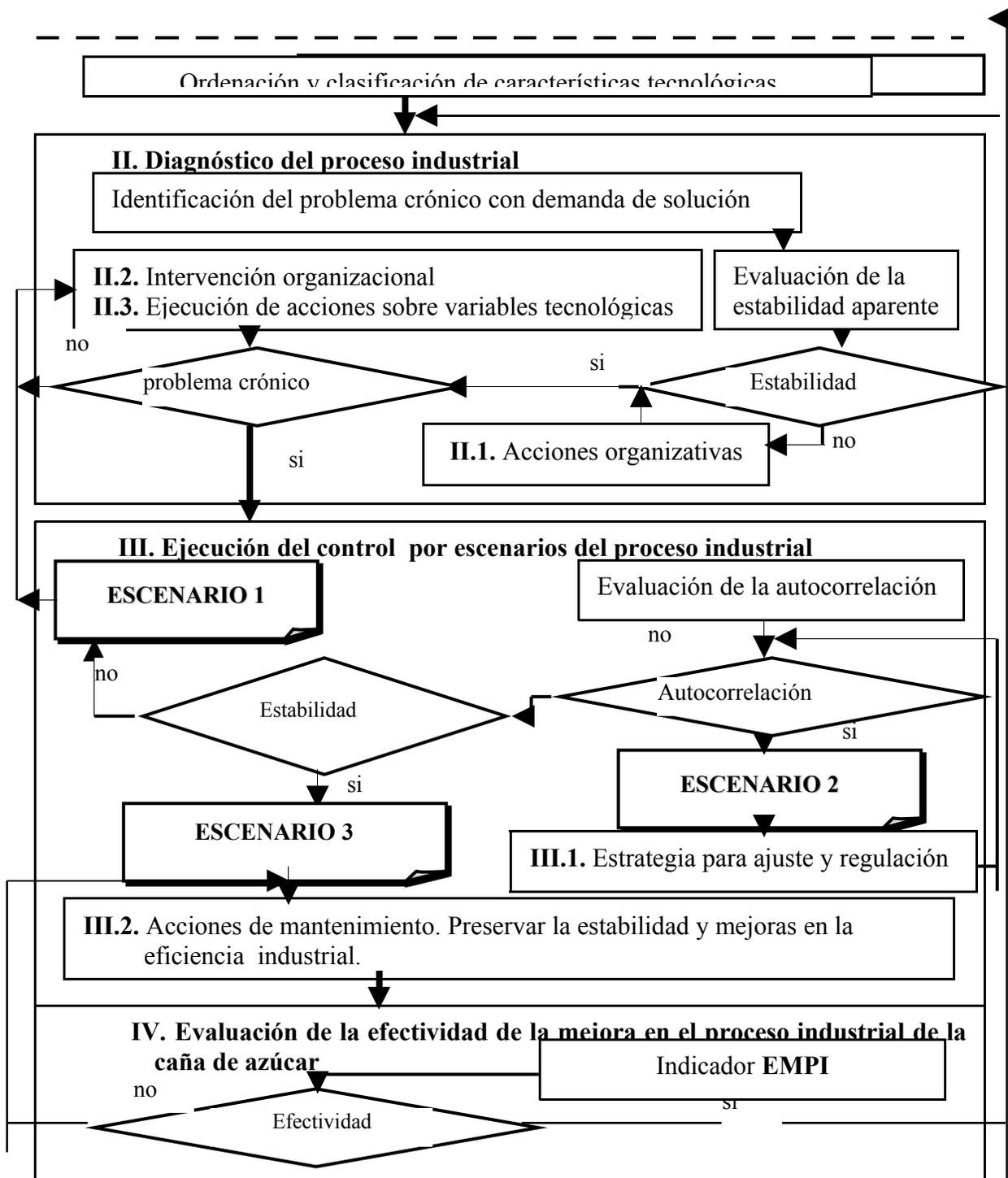


Figura 2.1. Procedimiento general para la mejora de la calidad del proceso industrial cubano de la caña de azúcar. Fuente: Elaboración propia. crítica del proceso con la identificación del problema crónico (se expresa a través de variables de salida), para encausar la mejora. En esta etapa la detección del proceso fuera de

control, implica acciones organizativas, tecnológicas y de intervención organizacional, a partir de las causas que provocan este estado. Se condiciona el paso a la próxima etapa, con la reducción del problema crónico, donde se ejecuta el control por escenarios del proceso industrial, los cuales se definen partir de la evaluación de los supuestos de autocorrelación y estabilidad, con la particularidad en el Escenario 2 del desarrollo de una estrategia de ajuste y regulación del proceso dinámico. Finalmente en la cuarta etapa con el indicador de efectividad se evalúa el efecto de la mejora en el área abordada y su implicación en el proceso industrial en su conjunto.

El procedimiento que se propone en esta Tesis Doctoral, a partir del cual se establece el mejoramiento de la calidad del proceso industrial de la caña de azúcar, presupone tres niveles de conocimiento del proceso, según los supuestos de **estabilidad** y **autocorrelación**, como se muestra en la figura 2.2, teniendo en cuenta los elementos siguientes:

- *Estados del proceso industrial:* Para realizar la integración de la estabilidad y la autocorrelación y lograr el control de proceso de forma efectiva, es necesario caracterizar los posibles estados del proceso. Esta caracterización se basa en el conocimiento de la estabilidad aparente (inestable, estable) y el valor de autocorrelación (no significativa, significativa).

- *Niveles del conocimiento sobre el proceso industrial:* Debido a aspectos de eficiencia en cuanto a tiempo y a costo, resulta conveniente (más económico), lograr primero una caracterización inicial de la estabilidad, que puede implicar acciones organizativas, tecnológicas y de intervención organizacional; después con la evaluación de la

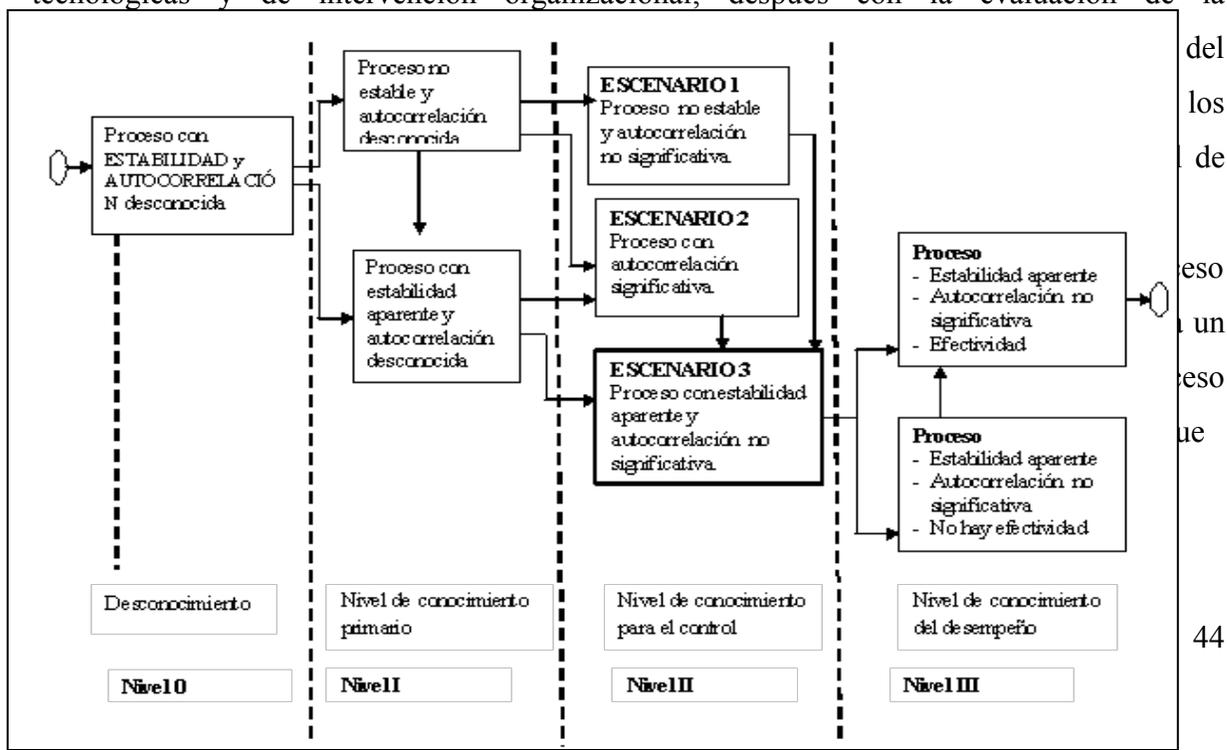


Figura 2.2. Diagrama de transición entre niveles de conocimiento del proceso industrial de la caña de azúcar. Fuente: Elaboración propia.

requiere ser desarrollado en la tecnología de esta industria, para contribuir a la flexibilidad de las herramientas de control “on line” del proceso industrial.

A continuación se describen cada una de las etapas en detalle.

2.3.1 Etapa I. Caracterización y ordenamiento para un enfoque de proceso

La caracterización del proceso industrial de la caña de azúcar, se realiza a partir del análisis de los resultados de las evaluaciones de la calidad, teniendo en cuenta las implicaciones en el proceso y en el desempeño industrial. Para este análisis se usan herramientas básicas como Diagramas de Pareto o Causa- Efecto, según el tipo de datos que se disponga. Puede ser apropiado en esta etapa el Benchmarking, utilizando para ello la propuesta que realiza Gómez Dorta (2001), “Procedimiento para el proceso de Benchmarking”, herramienta que se ajusta a las características del objeto de estudio práctico de esta investigación y permite encausar un enfoque de proceso, en correspondencia con lo que plantea ISO 9000:2000, respecto al logro de resultados eficientes cuando las actividades y los recursos se gestionan como proceso; este análisis conduce a centrarse en los factores que mejoren las actividades clave de la empresa.

Esta etapa concluye con la propuesta, de una herramienta de trabajo que se proyecta hacia el cliente interno, a través de las etapas del proceso industrial, para establecer esquemas de

control, que respondan a diferentes exigencias productivas o a cambios en los materiales procesados, a partir de la ordenación y clasificación de características tecnológicas.

2.3.1.1 Procedimiento de ordenamiento y clasificación de características tecnológicas

A continuación se describe el procedimiento de ordenación y clasificación de características tecnológicas (**OCC**) (ver figura 2.3), para 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.

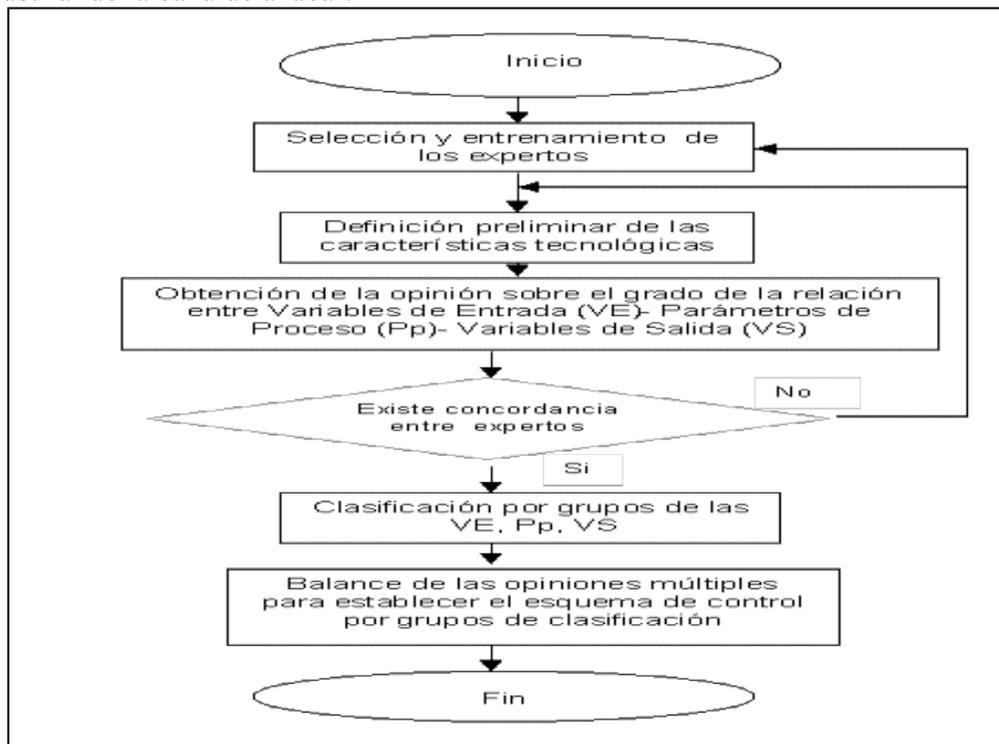


Figura 2.3. Procedimiento para la **OCC** Fuente: Elaboración propia.

En el procedimiento se desarrolla la concepción **cliente- proveedor**, a partir de las etapas del proceso industrial (ver figura 2.4), utilizando el formato del “Despliegue de la Función Calidad”: **QFD** (componentes descritos en la Tabla 2.1), e incorporando elementos del Paradigma Decional Multicriterio: **PDM**.

1. Selección y entrenamiento de los expertos

A). Expertos necesarios, se calcula por la expresión (2.1).

Tabla 2.1. Descripción de los componentes del despliegue cliente- proveedor para las etapas del proceso industrial.

Componentes	Descripción
Variables de Entrada (VE)	Se listan por fila en la primera columna, expresan las características del producto resultado de la etapa anterior o las características de calidad de la materia prima en la primera etapa del proceso.
Parámetros del proceso (Pp)	Los parámetros de operación de la etapa del proceso, actúan sobre las VE, para obtener las variables de salida. Se listan por columna.
Variables de Salida (VS)	Se colocan a continuación de la columna de los Pp, para establecer la relación con las VE. Constituyen las VE de la siguiente etapa del proceso industrial (ver figura 2.4)
Matrices de relación entre VE- Pp y VE- VS	Presentan el grado de la relación entre características (cuerpo de cada matriz, que representan las etapas del proceso industrial)

Fuente: Elaboración propia.

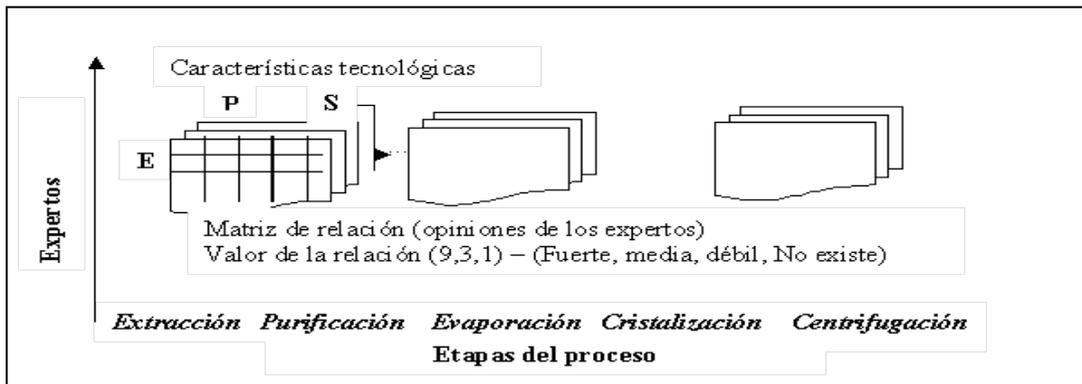


Figura 2.4. Despliegue cliente- proveedor según las etapas del proceso industrial.

Fuente: Elaboración propia.

$$n_e = \frac{p(1-p)k}{i^2} \quad [2.1]$$

donde:

n_e : cantidad necesaria de expertos

p : proporción estimada de errores de los expertos

i : nivel de precisión deseada en la estimación

k : constante asociada al nivel de confianza elegido ($1-\alpha$).

(1- α)	0,90	0,95	0,99
----------------	------	------	------

K 2,6896 3,8416 6,6564

B). Los expertos del tema a analizar se seleccionan por los conocimientos específicos y la calificación técnica, debido a la influencia que tienen en la consistencia de los resultados. Para esta valoración, se propone el procedimiento de Hurtado de Mendoza (2003), que evalúa el **Coefficiente de Competencia** en función del Coeficiente de Conocimiento o Información y el Coeficiente de Argumentación (ver Anexo 5). La conformación del grupo de expertos, no tiene que ser heterogénea (diferentes instituciones), la restricción está dada por el Coeficiente de Competencia. El registro del experto en el software *MULTI- CRID* se muestra en la figura 2.5.

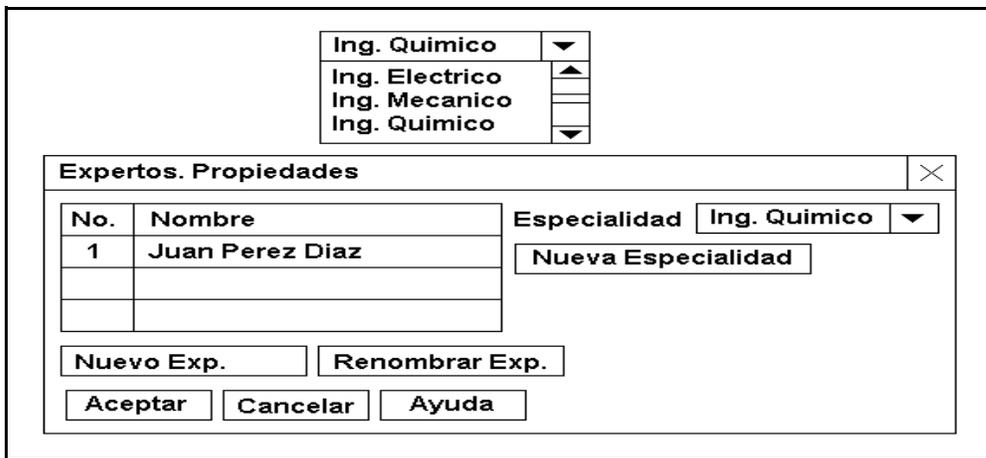


Figura 2.5.

Ventana para la inserción y asignación de especialidad al experto.

Fuente: Fardales Pérez & Gómez Avilés (2005).

C). Para hacer confluir intereses dispares con un mínimo tiempo de entrenamiento, se busca en este momento el **compromiso** de los participantes con el trabajo a realizar, teniendo en cuenta las características del personal involucrado (ver epígrafe 1.4.5.) y ante los problemas de “gestión del comportamiento” citados, en las aplicaciones del QFD (Yacuzzi & Martín, 2006).

D). El **adiestramiento** del personal, se centra en la utilización del “QFD” como herramienta para obtener un balance de las opiniones, según el grado de la relación entre características tecnológicas y la utilidad para flexibilizar el esquema de control.

2. Definición preliminar de las características tecnológicas

La identificación de las características tecnológicas del proceso industrial, se obtienen a partir de criterios de la literatura científica especializada (ver epígrafe 1.4.5.2.), manuales de

operación de la industria. De estas características, son seleccionadas por los expertos el 30% de cada etapa, respondiendo al principio de Pareto del 80- 20 (Juran & Gryna, 1988); se toma un número mayor por la complejidad del proceso, se agrupan por el criterio de Rein (1975) (ver epígrafe 1.4.5.2.), para la selección se propone el cuestionario que se muestra en el Anexo 6.

Para operativizar la concepción cliente- proveedor, en el registro del software *MULTI-CRID*, elaborado bajo la asesoría de la autora de esta Tesis Doctoral (Fardales Pérez & Gómez Avilés, 2005), las tres categorías definidas por Rein (1975), son llevados a dos tipos de características: **Características de las Etapas: Pp**; incluye las variables de diseño y control; **Características de las conexiones: VE y VS**; subdivide las variables de producto.

La inserción de la etapa del proceso que se analiza, en el software *MULTI- CRID*, permite el enlace con las otras, como se representa en la figura 2.6.

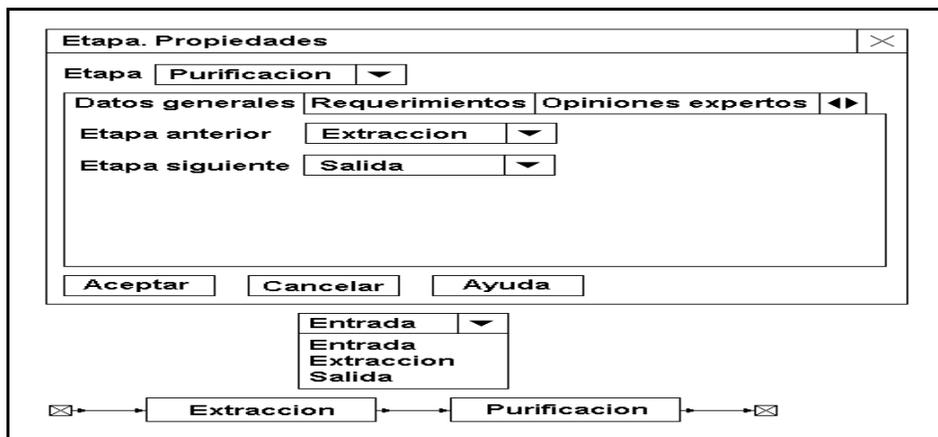


Figura 2.6. Ventana para la inserción de la etapa. Fuente: Fardales Pérez & Gómez Avilés (2005).

3. Opinión de los expertos sobre el grado de la relación entre VE- Pp y VE- VS

Las opiniones de los expertos sobre el grado de la relación, por pares de características, se colocan en el cuerpo de cada matriz, a través de una escala numérica. El grado de la relación entre las características que se analizan, están sujetas a cambios frecuentes de la nomenclatura de producción y/o en las calidades exigidas, por lo que se presentan situaciones como las siguientes:

- ante cambios en las calidades del producto final clásico (azúcar), los parámetros de proceso (**Pp**) requieran de diferentes grados de relación;

- ante la conversión del subproducto de una etapa en producto final (ejemplo: jugo de la extracción), implica un mayor importancia para los **Pp** de esa etapa del proceso y de esta respecto a las restantes etapas del proceso y
- 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**, para cumplir con las exigencias de las **VS**; implica, reevaluar las relaciones definidas (para un mismo producto final), pero que ahora presentan otras condiciones de entrada, principalmente en las primeras etapas del proceso industrial.

Escala para obtener la información de los expertos

Resulta importante tener en cuenta la definición de la escala numérica a utilizar, el número de categorías, que según Likert (Hernández Sampier, 2003), dependen de la capacidad de los expertos potenciales, acortarse ante una limitada discriminación o por el contrario, incrementarse, cuando es muy amplia. Para esta investigación, se argumentan las razones siguientes:

- **La capacidad de discriminación** de los expertos no es muy amplia, y se analiza un proceso con madurez tecnológica. El número de categorías se define entre 3 ó 4.
- La discriminación de los expertos determina también el establecimiento de **la distancia entre valores** de la escala; a lo que se suma la deficiencia presentada con la utilización de escala clásicas del QFD, específicamente al evaluar el consenso de dichos expertos (Ríos González, 2003) Por lo que la distancia se asume en uno, entre categorías de relación: Fuerte (3); Media (2); Débil (1) y No existe (0).
- Utilizar una **semántica** sencilla, similar a los términos utilizados cotidianamente por los expertos para facilitar su comprensión rápida, esto es, una relación Fuerte, Media, Débil y No existe.
- Que la semántica propuesta, posibilite al experto ubicar las **distintas variantes** que se presentan en el proceso industrial abordado.

En la revisión de la información ofrecida por los expertos puede suceder que:

- alguna fila (**VE**) sin relación; situación provocada porque ningún **Pp**, actúa sobre la **VE**, o la **VE** no tiene implicación en las **VS**, por lo que se evalúa si es necesario colocar otra columna que le de respuesta, a la relevancia de la producción que se ejecuta en la etapa considerada, o de lo contrario se excluye la **VE**, mientras se mantengan estas condiciones;

- alguna columna **Pp** o **VS** está sin relación, se analiza, si es un **Pp** que no decide, o es una **VS** que no responde a ninguna **VE**; se elimina de la matriz, para las condiciones que se analizan.

La opinión de los expertos se solicita según el formato de la figura 2.7. Para las situaciones anteriores, en el software *MULTI-CRID* se ofrece la opción correspondiente.

Figura 2.7. Formato para la solicitud de la opinión de los expertos sobre el grado de la

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 (R₁₁)	.....	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})

relación entre las características tecnológicas. Fuente: Elaboración propia

4. Determinación del consenso entre las opiniones de los expertos

Para la evaluación del consenso entre las opiniones de los expertos en esta investigación, se realizaron pruebas por parte de estudiantes, asesoradas por la autora, en sus tesis de diploma Ríos González (2003) y Orsini Valdivia (2004), donde se comprobó que no se cumplían las condiciones del coeficiente de concordancia de Kendall (Siegel, 1972), al respecto fue satisfactoria la adaptación del Índice de Consenso (expresión 2.2) propuesto por Abreu Ledón (2004).

$$IC_{ij} = (1 - \frac{S_{ij}}{S_L}) \times 100\% \quad [2.2]$$

donde:

IC_{ij} Índice de Consenso entre los expertos respecto al grado de la relación entre la característica VE “i” de la etapa “z” con el Pp_j o VS_j.

S_L Desviación estándar máxima posible (ver Tabla 2.2).

S_{ij} Desviación estándar de la opinión de los expertos respecto al grado de la relación entre la característica VE “i” de la etapa “z” con el Pp_j o VS_j.

Tabla 2.2 Valores de la desviación estándar máxima posible para el análisis del grado de la relación entre VE- Pp- VS

n_e	7	8	9	10	11	12	13	14	15
s_L	1,604	1,604	1,581	1,581	1,567	1,567	1,557	1,557	1,549

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

Las pruebas realizadas permitieron establecer como límite inferior para este índice un 76%, para cada relación VE- Pp; VE- VS; valor satisfactorio, para la escala que se definió en la investigación, y sobre la base de la experiencia en la aplicación de este índice por parte de estudiantes asesorados por esta autora en sus tesis de diploma. A partir de este valor, se toma el promedio de las opiniones emitidas por los expertos, para determinar el grado de la relación entre las características VE- Pp; VE- VS; en cada una de las etapas del proceso en estudio. Para valores de consenso menores de 76% (Ríos González, 2003), se realiza una nueva selección de expertos o la redefinición de características, según se considere, de acuerdo a la valoración que se realice de la información procesada.

5. Clasificación por grupos de las VE- respecto Pp, VE- respecto VS, Pp, VS

El esquema de control se establece a partir de clases, que agrupan las características tecnológicas. Estas clases se obtienen aplicando procedimientos estadísticos tales como: análisis de cluster, factorial y de correspondencia (Visauta Vinacua, 1998), con los cuales se extraen los factores que identifican estructuras y dimensiones, a partir de las matrices de distancias o proximidades. El propósito de la investigación está dirigido sólo a obtener el grado de asociación entre grupos de características, por lo que resulta apropiado el análisis de cluster, como técnica fundamentalmente descriptiva, para clasificar las variables (características) en función de su nivel de semejanza.

Se tomarán las opiniones de los expertos, para el cálculo de la matriz del grado de la relación promedio entre características (\bar{R}_{ij}) (ver figura 2.8), sólo si el Índice de Consenso es mayor que el 76%; donde:

$$\bar{R}_{ij} = \frac{\sum_{k=1}^{n_e} R_{ijk}}{n_e} \quad [2.3]$$

donde:

\bar{R}_{ij} : grado de la relación promedio entre características: VE “i” con el Pp “j” o la VS “j”

R_{ijk} : grado de la relación entre características VE “i” con el Pp “j” o la 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}_{ij}	.	.	\bar{R}_{ij}	.
VE _m	\bar{R}_{m1}	.....	\bar{R}_{mn}	.....	.....	\bar{R}_{mp}

Figura 2.8. Matriz del grado de la relación promedio entre características tecnológicas.

Información de entrada para el SPSS. Fuente: Elaboración propia

La matriz se lleva al SPSS u otro software estadístico que permita el Análisis Cluster Jerárquico, para obtener los grupos de clasificación: VE- respecto Pp; Pp y VE- respecto a VS; VS. a partir la misma base de datos respectivamente).

6. Balance de las opiniones múltiples para establecer el esquema de control por grupos de clasificación

La información de la figura 2.7, se procesa considerando los grupos de clasificación obtenidos en el análisis de cluster, para el cálculo del grado de la relación promedio por grupos, los cuales se normalizan utilizando el procedimiento propuesto por Barba- Romero

Casillas & Pomerol (1997), que responde a la expresión ($v^i = \frac{ai}{\sum aj}$), ver Tabla 2.3, donde:

$$\bar{Y}_j = \frac{\sum_{k=1}^{n_e} \sum_{i=1}^x R_{ijk}}{n_e \cdot x} \quad [2.4]$$

donde:

\bar{Y}_j : grado de la relación promedio de la variable j.

n_e : cantidad de expertos

x: cantidad de características VE “i” en el grupo.

i: características VE “i” relacionada con Pp “j” y VS “j”

La normalización del grado de la relación promedio por grupos, constituye el balance de las opiniones múltiples para establecer el esquema de control según:

a.) Los h grupos de **VE** en función del grado de la relación promedio con los parámetros de proceso Pp; (**VE**- respecto Pp);

$$\bar{Y}_h = \frac{\sum_j \bar{Y}_j}{nh} \quad \forall j \in \text{al grupo } h; h=1, \dots, H; \text{ donde } H: \text{ cantidad de grupos de este tipo.}$$

b.) Los \tilde{n} grupos de **VE** en función del grado de relación promedio con las variables de salida VS; (**VE**- respecto VS);

$$\bar{Y}_{\tilde{n}} = \frac{\sum_j \bar{Y}_j}{n\tilde{n}} \quad \forall j \in \text{al grupo } \tilde{n}; \tilde{n}=1, \dots, \tilde{N}; \text{ donde } \tilde{N}: \text{ cantidad de grupos de este tipo.}$$

c.) Los a grupos de **Pp** en función del grado de relación promedio con las variables de entrada (VE);

$$\bar{Y}_c = \frac{\sum_j \bar{Y}_j}{nc} \quad \forall j \in \text{al grupo } c; c=1, \dots, C; \text{ donde } C: \text{ cantidad de grupos de este tipo.}$$

d.) Los c grupos de **VS** en función del grado de relación promedio con las variables de entrada (VE);

$$\bar{Y}_d = \frac{\sum_j \bar{Y}_j}{nd} \quad \forall j \in \text{al grupo } d; d=1, \dots, D; \text{ donde } D: \text{ cantidad de grupos de este tipo.}$$

donde:

nh : cantidad de variables pertenecientes al grupo h

Tabla 2.3. Normalización del grado de la relación promedio por grupos de clasificación

Grupos de clasificación de las características tecnológicas	Grado de la relación promedio por grupos de clasificación	Normalización del grado de la relación promedio por grupos
(1)	(2)	(3)
(VE - respecto Pp) ₁	\bar{Y}_1	$v_1 = \frac{\bar{Y}_1}{\sum_h \bar{Y}_h}; h=1, \dots, H$

.	.	.
(VE- respeto Pp) grupo H	\bar{Y}_H	$V_H = \frac{\bar{Y}H}{\sum_h \bar{Y}h}$
$\Sigma v_{h=1}$		
(VE- respeto VS) ₁	\bar{Y}_1	$v_1 = \frac{\bar{Y}1}{\sum_{\tilde{n}} \bar{Y}\tilde{n}}; \tilde{n}=1, \dots, \tilde{N}$
.	.	.
(VE- respeto VS) grupo \tilde{N}	$\bar{Y}_{\tilde{N}}$	$V_{\tilde{N}} = \frac{\bar{Y}\tilde{N}}{\sum_{\tilde{n}} \bar{Y}\tilde{n}}$
$\Sigma v_{\tilde{n}=1}$		
Pp ₁	\bar{Y}_1	$v_1 = \frac{\bar{Y}1}{\sum_c \bar{Y}c}; c=1, \dots, C$
.	.	.
Pp grupo C	\bar{Y}_c	$V_c = \frac{\bar{Y}C}{\sum_c \bar{Y}c}$
$\Sigma v_{c=1}$		
VS ₁	\bar{Y}_1	$v_1 = \frac{\bar{Y}1}{\sum_d \bar{Y}d}; d=1, \dots, D$
.	.	.
VS grupo D	\bar{Y}_D	$v_D = \frac{\bar{Y}D}{\sum_d \bar{Y}d}$
$\Sigma v_{d=1}$		

$n\tilde{n}$: cantidad de variables pertenecientes al grupo \tilde{n}

nc : cantidad de variables pertenecientes al grupo c

nd : cantidad de variables pertenecientes al grupo d

\bar{Y}_a : grado de la relación promedio del grupo a , donde $a = h, \tilde{n}, c, d$.

Los grupos cuyos valores normalizados sean superiores a (0,4), se consideran de alta prioridad en el esquema de control que se establezca, valor que se obtuvo como resultado de

investigaciones asesoradas por la autora con expertos de esta industria, [Ríos González, 2003 y (Orsini Valdivia, 2004)].

2.3.2. Etapa II. Diagnóstico del proceso industrial

Para encausar la mejora a realizar en el área crítica del proceso, detectada en la etapa anterior, se identifica el problema crónico a través de las variables de salida que caracterizan dicha área. La presencia inestabilidad en el proceso vinculada con causas asignables de variación organizativas, tecnológicas y/o organizacionales, implican la necesidad de establecer acciones, que permitan no sólo incidir sobre el estado de control, sino también en la reducción del problema crónico.

2.3.2.1 Identificación del problema crónico con demanda de solución

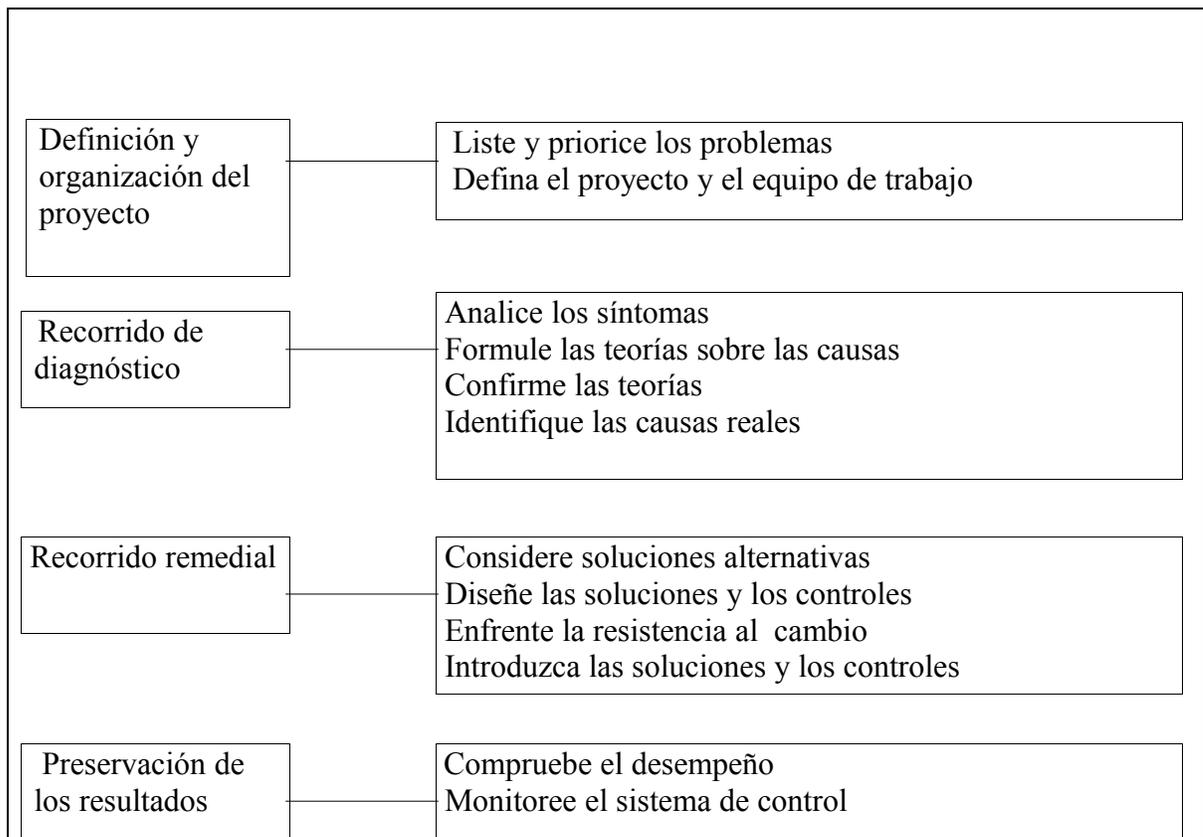
El **problema crónico** constituye una deficiencia visible del proceso y se define según Alexander (2001) de forma tal que: se exprese con relación al desempeño del proceso; sea visible, específico y conmensurable; se asegure de que su tamaño y complejidad sean manejables; y se calculen las pérdidas monetarias que causa.

Con la utilización de técnicas de recopilación y análisis de información, entre ellas: Diagramas de flujo, Causa- Efecto y de Pareto; se analiza la información histórica y el comportamiento de las variables, para identificar problemas potenciales. Se valoran los indicadores de pérdidas en proceso, de acuerdo a las orientaciones metodológicas establecidas para este sector industrial a nivel de país.

2.3.2.2 Evaluación de la estabilidad aparente del proceso, detección y acción sobre causas

La evaluación de la estabilidad aparente se realiza en el proceso donde se identificó el problema crónico, a partir de este se organiza un proyecto de mejora, como sugiere Juran & Gryna (1988), con el objetivo de involucrar y comprometer la dirección de la empresa. Esta Tesis Doctoral toma elementos de la invariante de mejoramiento (Procedimiento para el mejoramiento de la calidad de la producción de partes, piezas y equipos) desarrollado para las condiciones cubanas por Pons Murguía (1994), a partir de la experiencia de la autora en la industria de la caña de azúcar (Gómez Avilés *et al.*, 2002). En el Cuadro 2.1 se presentan los pasos y tareas de la invariante de mejoramiento, que son descritos en la Tabla 2.4.

Cuadro 2.2. Invariante del proceso de mejoramiento de la calidad



Fuente: Pons Murguía (1994).

El equipo ad hoc (ver Tabla 2.4), que se crea con la organización del proyecto, procede a la toma de muestra de las variables producto (**Variables Entrada y Variables Salida**), de la etapa del proceso industrial donde se identificó el problema crónico. Para ello, se elaboran Hojas de Recopilación de Datos, que incluyen además de las variables anteriores, las de control y diseño (**Parámetros de proceso**), según las relaciones más importantes y prioritarias de la producción a ejecutar, (ver epígrafe 2.3.1.1). Se utilizan los métodos y procedimientos que se establecen en MINAZ (1997), para el muestreo, conservación de muestras, determinación analítica y/o cálculos a realizar.

Tabla 2.4. Descripción de la invariante de mejoramiento

Paso	Descripción	Elementos y herramientas involucrados	Consideraciones en la aplicación
------	-------------	---------------------------------------	----------------------------------

1. Definición y organización del proyecto	Definición del proyecto a partir del problema crónico.	Equipos de mejoramiento <i>ad hoc</i> Constitución; capacitación y adiestramiento según el nivel jerárquico.	Existencia de un adecuado conocimiento del proceso implicado y el convencimiento de la alta dirección de que es necesario emprender dicho proyecto. Las habilidades del equipo <ul style="list-style-type: none"> - <i>Habilidad natural</i> que posea actualmente la persona (escribir, diseñar, comunicar, etc.) - <i>Capacidad de trabajar sin supervisión</i> y sólo bajo directrices y planes acordados con la dirección. - <i>Aptitud</i> para desempeñar roles de <i>Lider</i>. - <i>Capacidad</i> para <i>aceptar el rol de seguidor</i> bajo ciertas circunstancias
2. El recorrido de diagnóstico.	<ul style="list-style-type: none"> - Formulación de hipótesis: ¿Dónde y por qué falla el proceso? - Prueba de hipótesis 	<ul style="list-style-type: none"> - Diagrama o Matrices Causa - Efecto. - Diagramas de flujo, Hoja de Recopilación de Datos, Gráficos de Control y otros. 	Al aplicar los gráficos de control se tiene en cuenta el comportamiento de las variables que caracterizan las industrias de proceso
3. El recorrido remedial.	<ul style="list-style-type: none"> - Desarrollo de remedios. - Diseño y ensayo. - Enfrentar la resistencia al cambio 	<ul style="list-style-type: none"> - Soluciones alternativas y se selecciona la mejor atendiendo a criterios de costos, tiempo requerido y efectividad. - Mantener lo conseguido, prueba de que se ha logrado verdaderamente implantar la mejora y que, por tanto, los beneficios se continuarán produciendo. Empleo de herramientas del Control Estadístico de Proceso (SPC) 	Reglas para la introducción exitosa de las acciones <ul style="list-style-type: none"> - Estimule la participación de todos los afectados - Conceda el tiempo que sea necesario - Los proyectos deben estar orientados a la obtención de resultados - Trabaje estrechamente con los líderes - Trate a todos con dignidad -

En la organización y análisis de los datos se utilizan: Diagramas de flujo, de Dispersión, Histogramas y el análisis de media propuesto por Ott (1967), técnica, esta última, que es una extensión de los gráficos Shewhart y de fácil uso en la práctica industrial. En la evaluación

de la estabilidad aparente del proceso se utilizan los gráficos de control de medias y recorridos móviles (Xm-Rm) por la sensibilidad de los mismos para mostrar los cambios que pueden ocurrir en el proceso, teniendo en cuenta las características de las industrias de proceso en general (Juran & Gryna, 1988); y en particular en la industria de la caña de azúcar (Gómez Avilés *et al.*, 2002), también se utilizan los gráficos de medidas individuales (X-Rm) para comparar los resultados con los límites de especificación y hacer más comprensible la lectura del Gráfico de Control Xm; el análisis de los gráficos se realiza según los criterios referenciados en Pons Murguía (2002) (ver Anexo 7).

La evaluación a través de Gráficos de Control, en esta etapa permite identificar los dos posibles estados, definidos para el nivel de conocimiento primario (ver figura 2.2):

- el proceso vinculado con el problema crónico tiene **estabilidad aparente** (el comportamiento sólo está regido por causas aleatorias), estado poco probable en este nivel de conocimiento, por lo complejo que resultan los procesos industriales en general, y en particular el azucarero, objeto de estudio de esta investigación.
- el proceso es **inestable** e impredecible; comportamiento errático por la presencia de causas asignables de variación, que son valoradas a partir de la discusión y análisis de datos, enriquecida con la experiencia del personal vinculado directamente a la operación del proceso.

II.1. Acciones organizativas

Para enfrentar el proceso calificado de **inestable**, en el **Nivel I** de conocimiento (figura 2.2) y ante la presencia de un problema crónico con demanda de solución, el equipo *ad hoc* propone inicialmente, ejecutar acciones organizativas que no requieran inversión, pero que favorezcan una mejor explotación de la tecnología instalada, para incidir sobre el problema detectado.

De no lograrse reducir el problema crónico y por las características del proceso industrial, donde se vinculan causas tecnológicas y/o dependientes del comportamiento del hombre; el equipo de trabajo propone la ejecución de acciones directas sobre variables tecnológicas (**II.3**), con mayor incidencia sobre el problema identificado, que pueden requerir inversión, por lo que deben ser fundamentadas, ya que no siempre es posible lograr inmediatamente una respuesta positiva, por las implicaciones financieras que tienen estas decisiones. Las acciones dirigidas hacia variables organizacionales, se presentan a través de proyectos de intervención, que acorten el proceso de resistencia al cambio.

II.2. Intervención organizacional

Las causas vinculadas con el comportamiento del hombre son evaluadas a través de variables organizacionales, para propiciar que la orientación interna del trabajador hacia la calidad contribuya al logro de la **estabilidad aparente** en el proceso industrial; acción esencial, que adquiere mayor importancia por las características tecnológicas de la industria cubana de la caña de azúcar.

Se crea un grupo multidisciplinario (psicólogo organizacional, especialistas de calidad y del proceso industrial), que a través de una estrategia de triangulación (Urrutia Torres, & González Olvedo, 2003), utilizan herramientas de diferentes metodologías, para el manejo de forma suplementaria de datos, tanto cuantitativos como cualitativos, en la evaluación de las variables. El proceso de intervención se plantea en tres momentos:

1. Identificación y caracterización de las variables organizacionales

El análisis se propone iniciarlo con la valoración del patrón cultural, es decir, la actitud hacia la calidad en la organización; para lo cual se considera apropiado el instrumento propuesto por Juran (1990) (ver Anexo 8). La información anterior se complementa con las necesidades sentidas de los trabajadores, para ello se utilizan grupos focales, bajo el criterio de saturación; se exploran las percepciones de diferentes generaciones sobre problemas vinculados con causas organizacionales. La aplicación de los instrumentos implican a toda la industria, según el tamaño de muestra que se calcule (Anexo 9).

Con los elementos aportados sobre el contexto organizacional de la empresa, se valoran trabajos actuales (epígrafe 1.4.2) (ver Anexos 2 y 3), referenciados en la literatura, para identificar el dominio de las variables posibles a estudiar, que propician una favorable orientación interna hacia la calidad; posteriormente se consulta a especialistas del sector, para otorgar prioridad a las variables de acuerdo al momento y los propósitos a los que responde el estudio. El **número** de expertos necesarios, se calcula con la expresión (2.1), y el cálculo de la concordancia según Cuesta Santos (1997), expresión 2.5, con criterio de concordancia $\geq 60\%$.

$$C=(1-Vn/Vt). 100 \quad [2.5]$$

donde:

C : concordancia expresada en porcentaje

V_n : cantidad de expertos en contra del criterio predominante

V_t : cantidad total de expertos.

A.) Diagnóstico preliminar de las variables identificadas

Para la realización de un diagnóstico preliminar organizativo y el conocimiento de la cultura de la dirección, se propone el instrumento propuesto con este objetivo en Cuesta Santos (1997) (ver Anexo 10), por el número de variables implicadas. Se sugiere además, la utilización de la técnica de la sociometría (Anexo 11), para la valoración del trabajo en equipo (variable relevante en todo trabajo de orientación hacia de calidad) y la lista de chequeo para evaluar el autocontrol en procesos de fabricación (Anexo 12), elaborada a partir de los aspectos referidos por Juran & Gryna (2001).

El instrumento del Anexo 10, presenta una versión resumida con 19 apartados que se refieren al estilo de dirección, formas de motivación, comunicación, definición de objetivos y control, en una graduación de 0 a 20 puntos. Con la unión de las calificaciones de los distintos apartados, obtenida por la media de los puntos, se obtiene un perfil organizativo que posibilita estimar la situación de la empresa y catalogar su estilo de dirección como “autoritario”, de 0 a 5 puntos; “autoritario-benevolente”, de 6 a 10 puntos; “consultivo” si el resultado está entre 11 y 15 puntos; o “participativo”, de 16 a 20 puntos.

En forma general estos instrumentos incluyen la evaluación de las variables organizacionales más referenciadas en la literatura sobre el tema (Anexos 2 y 3). La aplicación se realiza en el área del proceso industrial donde se identificó el problema crónico. El equipo de trabajo obtiene una evaluación cuantitativa, a través de un análisis descriptivo de software estadístico como el *SPSS*, que describe la situación actual y el problema organizacional en el área. Resulta propicio el conocimiento de aspectos relacionados con la plantilla del personal que labora en la industria (Anexo 13).

B.) Conformación de la propuesta de intervención

Las implicaciones que los cambios de un área específica, pueden tener en las restantes, dentro de un mismo entorno organizacional, es necesario considerarlas según Medina Macías & Avila Vidal (2005), cuando se conforme la propuesta de intervención. Por ello se incorpora al diagnóstico del área crítica, una evaluación de la percepción de las variables organizacionales en toda la industria. Los instrumentos a utilizar deben ser sencillos y que sinteticen la mayor cantidad de variables; se propone el “Cuestionario sobre mi trabajo”,

instrumento para realizar estudios organizacionales en las empresas cubanas en Perfeccionamiento Empresarial Colectivo de autores (2000) (Anexo 14). Si en los resultados aportados por el trabajo con los grupos focales, existen opiniones divergentes entre áreas, se recomienda el empleo del muestreo estratificado (expresión 2 Anexo 9), donde los estratos se correspondan con las diferentes áreas industriales implicadas.

La intervención a realizar, por las particularidades de la investigación, se orienta hacia la tecnología; por ello se propone vincular elementos de dos tipos de intervención, la administración de recursos humanos y las tecnoestructurales, según los tipos fundamentales que ofrecen Medina Macías & Avila Vidal (2005). La conformación de la propuesta de intervención se establece a partir de los procesos organizacionales que inciden en la percepción, según la estructura en categorías que ofrece Likert (Cuadro 1.2).

Con la obtención de las relaciones de dependencia estadísticamente significativas, se valoran conceptualmente las definiciones de las variables y subvariables (Anexo 14), para la agrupación según las categorías Likert y con ello lograr, en un menor tiempo, el cambio en la orientación interna hacia la calidad que se busca. Para corroborar que son estructuras fiables, o factores, que explican la configuración de las correlaciones dentro del conjunto de variables evaluadas, como sugieren Medina Macías & Avila Vidal (2005) para estos estudios se utiliza el coeficiente Alpha de Cronbach (Visauta Vinacua, 1998).

El procesamiento estadístico para el análisis descriptivo, factorial, correlacional y de fiabilidad se realiza con la utilización de software estadístico como el *SPSS*.

2. Ejecución de la intervención

Se realizan las sesiones de trabajo con grupos heterogéneos según la concepción de Gnass (1998); el grupo se forma con personas de diferentes áreas, con vínculo directo con el área crítica. La cantidad de participantes en las sesiones no debe exceder las 15 personas, para garantizar la indispensable comunicación cara a cara, que requiere el trabajo grupal.

En cada sesión (de 3 a 5), se trabaja con las variables causales, intermedias y finales, definidas a partir de las categorías establecidas por Likert (Cuadro 1.2). Se concibe un momento de capacitación (que organiza y ejecuta el equipo multidisciplinario creado) teniendo en cuenta las relaciones de dependencia entre las subvariables, que se obtuvo en la conformación de la propuesta de intervención. Se utilizan técnicas y dinámicas de trabajo grupal con el propósito de lograr que las sesiones resulten atractivas y motivantes. La

duración de las mismas es de 60 minutos en el horario de la mañana, momento más propicio para la generación de ideas; se realizan en un local tranquilo y confortable, para lograr la intervención y expresión libre de opiniones, las cuales son escuchadas y aceptadas por todo el grupo.

Para abordar el tratamiento a las relaciones se consideran los recursos y potencialidades con que cuenta la industria o entidades que participan en proyectos de innovación conjuntos, para que en el mínimo tiempo, sean perceptibles los cambio de actitud hacia la calidad.

3. Análisis de los resultados

La mejora en la percepción de las subvariables que se identifican como significativas, se evalúan de forma cuantitativa, con una nueva aplicación del instrumento que sirvió de base para establecer las relaciones de dependencia (Anexo 14), y la valoración cualitativa del comportamiento de dichas subvariables, en un período de tiempo de al menos seis meses después del proceso de intervención. Para ello se trabaja con el grupo que participó en el proceso interventivo, con una segunda aplicación de los instrumentos utilizados en la conformación de la intervención y una nueva evaluación de los turnos de trabajo del área crítica a través del análisis de media (Ott, 1967); así como el estudio de la realidad en su ambiente natural, tal y como sucede, intentando sacar sentido o interpretar los fenómenos de acuerdo con los significados que tienen para las personas implicadas. De ahí la importancia del abordaje cualitativo de la intervención para captar la diversidad intercultural, encontrando lo que las personas perciben, creen y el sentido de sus acciones en el contexto organizacional. Se realizan grabaciones que permiten analizar expresiones, para contrastar los resultados cuantitativos y realizar la interpretación cualitativas.

La observación e interpretación de los efectos de la intervención, permite valorar su influencia en el desempeño del proceso, así como propiciar futuras intervenciones a partir de las variables no modificadas, que pueden implicar mejores resultados.

II.3 Ejecución de acciones sobre variables tecnológicas

Para contribuir a un mejor entendimiento entre especialistas y el personal directivo encargado de tomar las decisiones, respecto a aquellas acciones que requieren inversión, se profundiza en el conocimiento del proceso a partir de los criterios obtenidos en la discusión con la gerencia, utilizando para ello las herramientas básicas de calidad, vinculadas con el

análisis de datos (Histogramas, Diagramas de Dipersión, Estratificación); como resultado, se procede a ejecutar acciones fundamentadas tecnológicamente y con enfoque en sistema.

2.3.3 Etapa III. Ejecución del control por escenarios del proceso industrial

El logro de la reducción del problema crónico, constituye, la entrada a esta etapa del procedimiento. En la transición en los niveles de conocimientos (ver figura 2.2), se establecen para el **Nivel II**, tres posibles escenarios; que implican diferentes acciones para ejecutar el control. En este nivel de conocimiento del proceso son detectadas reservas potenciales, que pueden ser significativas para mejorar la operación; estas se obtienen con la evaluación del supuesto de **autocorrelación** que rige el comportamiento de variables en el proceso industrial de la caña de azúcar.

Con la evaluación de la significación de la autocorrelación, en este nivel de conocimiento, se plantea la integración del Control Estadístico de Proceso a la Ingeniería de Control, para el ajuste y regulación, cuando el proceso presente características dinámicas. Esta alternativa responde a los planteamientos de Box & Luceño (1997) para abordar la autocorrelación en estos procesos y constituye un desarrollo de la Ingeniería de Calidad no abordado en la industria cubana de la caña de azúcar.

2.3.3.1 Identificación de escenarios

Para realizar la evaluación de la autocorrelación se utilizan las series de tiempo, a partir de la metodología de Box- Jenkins, proceso multi-paso e iterativo de análisis de series de tiempo y pronóstico y consistente esencialmente de cuatro fases: identificación del modelo, estimación de parámetros, chequeo de diagnóstico y pronóstico (Box *et al.*,1994; Grau Avalos, 1995), ver figura 2.9. Se identifica el modelo ARIMA, para representar la inercia del proceso de cambio, sobre la base de “aproximaciones sucesivas”.

En la propuesta que se realiza en la Tesis, se incorpora el análisis de los eventos especiales, a través de los modelos de análisis de intervención y detección de “Outlier” Aditivo (AO) (Box *et al.*,1994); así como la influencia de las variables de entrada sugerido por West & Dellana (2002) (epígrafe 1.4.4); este estudio, no cuenta con referencias para la industria de la caña de azúcar en Cuba. El procesamiento de la información se realiza con software estadísticos que permitan estos análisis como el *SPSS*. En la Tabla 2.5 se describen los escenarios

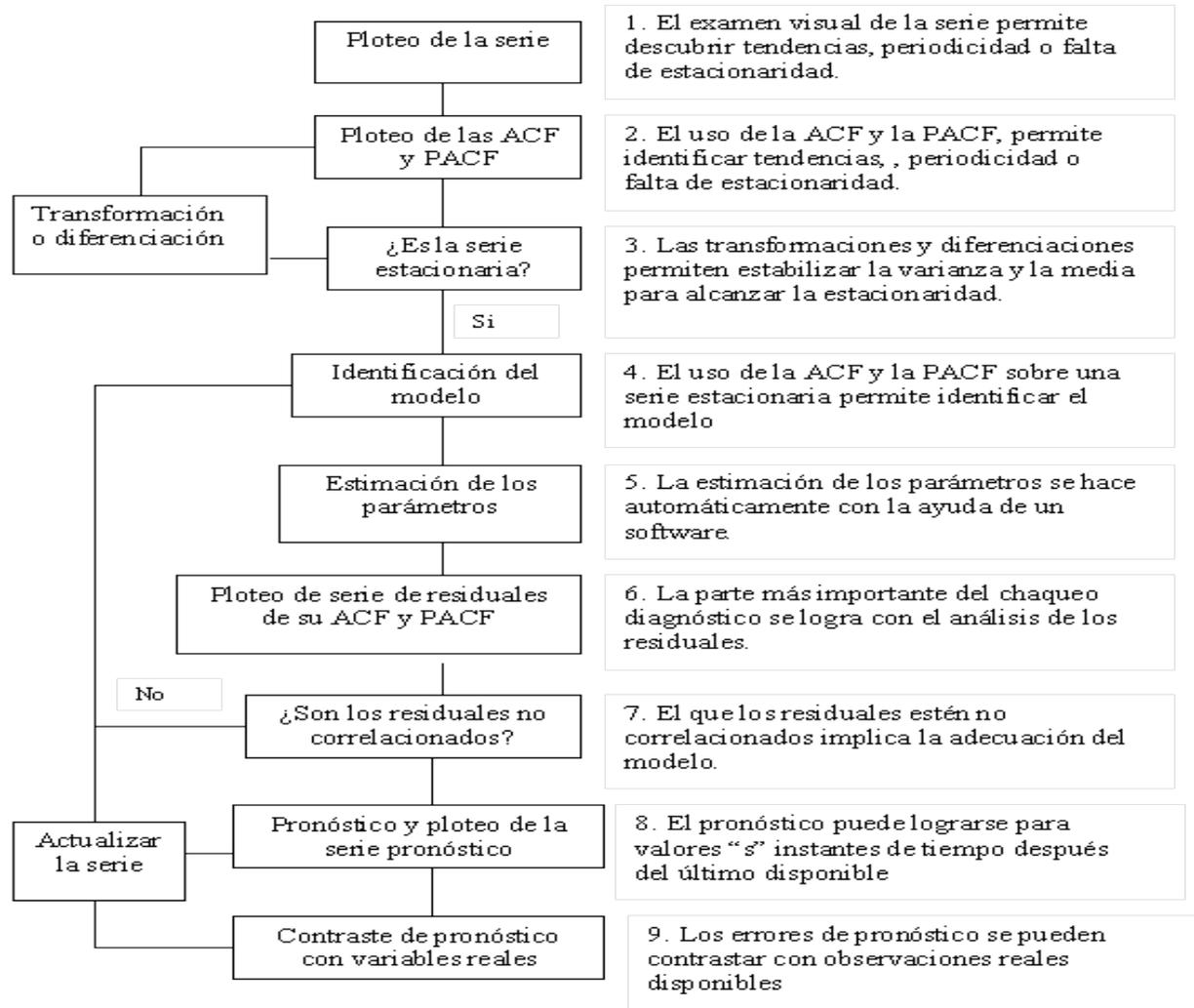


Figura 2.9. Metodología de Box- Jenkins para realizar la evaluación de la autocorrelación.
Fuente: Box, et al. (1994).

Las ventajas de esta metodología sobre otras técnicas tradicionales son:
1. Las series analizables por Box-Jenkins incluyen una clase bastante amplia de modelos, de hecho todas las series ARIMA (p,d,q) o reducibles a ellas.
2. Pone énfasis especial y sistemático en la identificación del modelo. La metodología de Box-Jenkins se basa en una teoría estadística bastante rigurosa de identificación de modelos, que hemos introducido anteriormente y que completaremos ahora con detalles interesantes.
3. La estimación de los parámetros se basa igualmente en una teoría estadística fuerte, complementaria a la regresión.
4. Se puede verificar la validez o adecuación del modelo a través de chequeos diagnósticos, que abarcan tanto a la significación de cada parámetro estimado como la adecuación del modelo en su conjunto.
5. Se puede medir la seguridad del pronóstico. La modelación de Box-Jenkins suministra mecanismos de generación de límites para el error en el pronóstico e intervalos de confianza para medir la incertidumbre de los valores predichos, al menos. Si los residuales se distribuyen normalmente.

Tabla 2.5. Descripción de escenarios característicos para ejecutar el control de proceso

Escenarios	Descripción
<p>Escenario 1 Proceso sin autocorrelación y no estable.</p>	<p>Evaluación no significativa de la autocorrelación (<u>test</u> de Durbin-Watson, estadístico entre 0 y 4, con valor cercano a 2 indica poca autocorrelación y es lo deseado), en el proceso pero no estable, evidencia que las acciones ejecutadas, que permitieron reducir el problema crónico, no resultaron suficientes para alcanzar la estabilidad aparente del proceso; por lo que las mejoras logradas en la eficiencia pueden no ser perdurables. Se plantea retornar a las acciones tecnológicas y organizacionales (II.2; II.3), para detectar las insuficiencias que impidieron lograr el objetivo propuesto.</p>
<p>Escenario 2 Proceso con autocorrelación significativa</p>	<p>La presencia de residuos correlacionados (<u>test</u> de Durbin-Watson con valor cercano de cero indica autocorrelación positiva y un valor cerca de 4 indica autocorrelación negativa). Con la significación del estadístico Levene, se evidencia de que esta fuente de variación en el comportamiento del proceso, constituyen un potencial de mejora, que debe ser regulado a través de una estrategia de ajuste y regulación del proceso dinámico (III.1.), que caracterizan las variables analizadas en la etapa.</p>
<p>Escenario 3 Proceso con estabilidad aparente y autocorrelación no significativa.</p>	<p>Este escenario se caracteriza por el incremento de la eficiencia de la actividad industrial, sustentado en un proceso con estabilidad aparente, donde la autocorrelación no es significativa (<u>test</u> de Durbin-Watson, estadístico con valor cercano a 2) o fue regulada a través de una estrategia de ajuste y regulación del proceso dinámico. Se requiere de acciones que preserven la estabilidad y mejoras en la eficiencia (III.2.) para mantener la estabilidad y la eficiencia, alternativa para contribuir a la efectividad de la etapa del proceso y del proceso industrial en su conjunto</p>

Fuente: Elaboración propia.

característicos correspondientes al comportamiento de las variables evaluadas en el proceso industrial de la caña de azúcar en Cuba.

III.1 Estrategia para el ajuste y regulación del proceso dinámico

Estrategia a desarrollar cuando se presenta el **Escenario 2** para regular la autocorrelación, con lo que se aprovecha un potencial de mejora en la operación de la etapa del proceso tecnológico. Se requiere del ajuste y regulación, a partir de una estrategia se minimiza la variabilidad, que se provoca en el producto por las características dinámicas del proceso.

Para el desarrollo de esta estrategia se utilizan herramientas de Control Estadístico, que se integran a la Ingeniería de control en función de la inercia del proceso.

Las acciones propias de los escenarios 2 y 3 se presentan a continuación.

2.3.3.2. Procedimiento para el establecimiento la estrategia para el ajuste y regulación del proceso dinámico

En la figura 2.10, se presenta este procedimiento. Los datos de entrada están conformados por las variables de salida de la etapa del proceso industrial analizada, que caractericen el **escenario 2**, (ver Tabla 2.5) y los parámetros de proceso (**Pp**) prioritarios en el esquema de control que se ejecuta (epígrafe 2.3.1.1) o sugeridos por el equipo ad hoc a partir de los análisis que se realizan en el epígrafe 2.3.2.2; de esta forma se identifican las variables respuesta y los factores que intervienen en el diseño experimental, primer paso del procedimiento. A continuación se describen los dos pasos del procedimiento.

Paso 1. Diseño experimental y patrones característicos del proceso industrial

El uso de métodos experimentales durante la operación normal del proceso, permite ganar en conocimiento del proceso industrial de la caña de azúcar, para mejorar la tecnología disponible a través de la Ingeniería de Calidad. Se sugiere un Modelo de Superficie de Respuesta (MSR), por ser la alternativa más adecuada en experimentos cuyo objetivo es establecer la relación entre los factores (2 a 6) y la variable dependiente, dentro de una región experimental, después de haber identificado los factores significativos (a través de experimentos diagnóstico, experiencia o teoría) (Erjavec, et al., 2000).

Resultan apropiados en las aplicaciones del procedimiento propuesto por (Erjavec, et al., 2000). (Anexo 15), para un mínimo de corridas y varios niveles de los factores, utilizar

experimentos de diseños compuesto central (ver Anexo 16). Los modelos se obtienen por

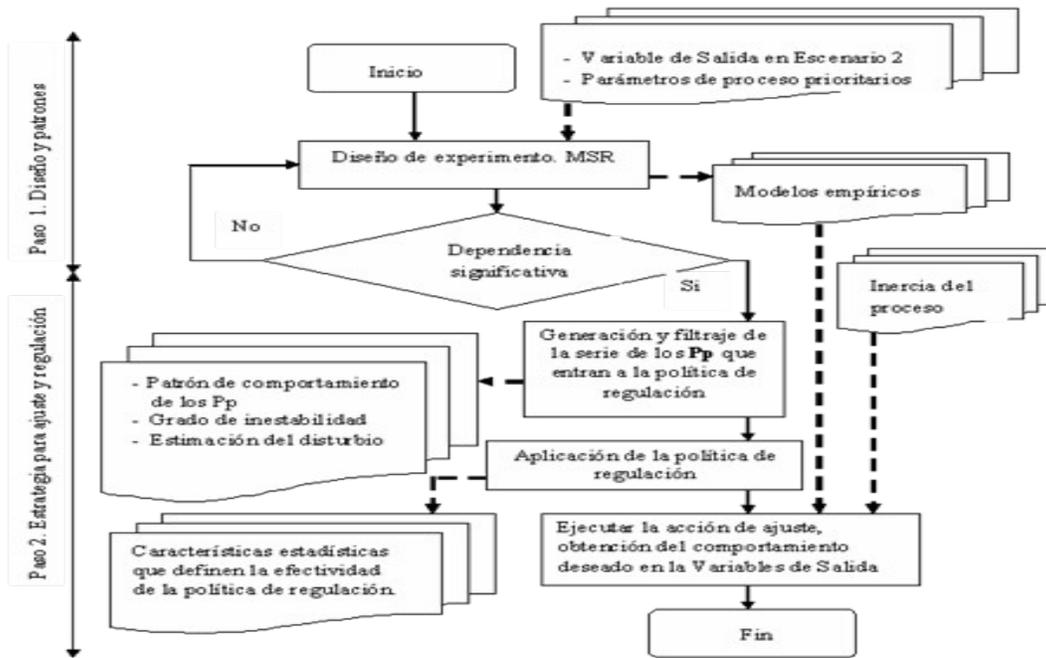


Figura 2.10 Procedimiento para la estrategia de ajuste y regulación del proceso dinámico.
Fuente: Elaboración propia.

Regresión Lineal Múltiple, en software estadísticos apropiados como puede ser el *SPSS* y para los niveles óptimos de operación del proceso, se sugiere el software *MATHEMATICS*.

Con el modelo empírico obtenido, se dispone de las relaciones de dependencia significativas de los parámetros en la operación del proceso (prioritarios en el esquema de control, o propuestos por el equipo *ad hoc*), a partir de los cuales se identifican los patrones de comportamiento característicos de la industria, que entran al sistema de respuesta compensatoria de la estrategia, para incidir en los cambios a los que está sometido

constantemente el proceso, por la presencia de causas conocidas y no eliminables económicamente.

Paso 2. Estrategia para ajuste y regulación

El enfrentamiento a estos problemas característicos de las industrias de proceso y en el caso específico de la industria de la caña de azúcar, se asumen en esta investigación a partir de la integración de las técnicas del Control Estadístico de Proceso y el control de retroalimentación “feedback control” de la Ingeniería de Control de Proceso. El potencial de mejoramiento a ser ganado, depende de la disponibilidad del sistema de respuesta de compensación y de la serie autorregresiva (alto grado de autocorrelación).

La integración parte de los gráficos de Media Móvil Ponderada Exponencial (siglas en inglés: EWMA), por la utilidad que brinda el suavizamiento exponencial, y la eficacia en el pronóstico de las estimaciones estadísticas de los disturbios demostrada en Box & Luceño (1997), pero sin precedentes en los reportes de la literatura consultada para la industria cubana de la caña de azúcar. Para el análisis estadístico, programación y simulación, se propone el software *MathCad*.

Los supuestos de Box & Luceño (1997) para el control de un proceso con inercia (epígrafe 1.4.4), a través de los modelos específicos del proceso dinámico y de disturbio, brindan las herramientas a utilizar en la estrategia de integración, según se precisa a continuación:

(1) El disturbio para los parámetros de proceso se generan por un modelo IMA (ecuación 1.3), estimando el grado de inestabilidad (λ_0) que hace mínimo el MMSE. Este disturbio se genera por el “modelo de paso innovativo” de Box & Kramer, 1992, referido por Box & Luceño (1997) (ecuación 1.4); por el *MathCad*, se obtiene:

- A. un disturbio Z_t generado como una combinación α_i : contaminación con ruido transitorio, independiente de la observación tomada en el tiempo y S_t : parte no transitoria, signo producido como suma innovativa;
- B. el filtraje óptimo ejecutado por un EWMA, con apropiado suavizamiento exponencial constante θ , elegido tal que $\lambda^2/\theta = \sigma_w^2 / \sigma_\alpha^2$.

(2) Aplicación de la política de regulación, que utiliza límites de regulación definidos en Box & Luceño (1997) como a Dead Band.

C. Se evalúan características estadísticas importantes que definen la efectividad de la política de regulación.

(3) Ejecutar la acción de ajuste; Box & Luceño (1997) plantean la equivalencia entre la ecuación 2.6, que depende de los errores de las anteriores salidas y la ecuación 2.7, donde \bar{X}_t y \bar{Z}_t son EWMA's con parámetros de suavizamiento constante δ_0 y θ_0 , respectivamente, con error de salida $e_t = a_t$.

$$gx_t = - \frac{G}{1 - \delta} (e_t - \delta e_{t-1}) \quad [2.6]$$

$$gX_t = \bar{Z}_t \quad [2.7]$$

o la representación a través de un gráfico de ajuste simple por la ecuación 2.8.

$$gX_t = -G \{ e_t + P(e_t - e_{t-1}) \} \quad [2.8]$$

donde

g: ganancia del proceso, factor de medición del cambio en la salida producida por una unidad de cambio en la variable de compensación.

G: factor de ajuste total, en la práctica se desean valores entre (0,1- 0,4), $G = \lambda_0$.

e: error en la salida, desviación del objetivo después del ajuste, correspondiente al cambio en el nivel de la variable compensatoria.

$$P = \delta_0 / (1 - \delta_0)$$

Para obtener el plan MMSE, que considera el problema de restringir el grado de manipulación en la entrada hasta producir un buen control en la salida; óptimo lineal, se calcula según Box & Luceño (1997) minimizando σ_e : Desviación estándar del error de salida.

- Para mostrar el efecto del **tiempo de retardo** y las alternativas de proyecto, se utiliza la ecuación de ajuste de *MMSE*, expresión 2.9⁷.

$$X_t = \lambda_0 (X_{t-1} + X_{t-2} + \dots + X_{t-d_0}) - \lambda_0 / g (1 - \delta_0) [e_t - \delta_0 e_{t-1}] \quad [2.9]$$

El ajuste permite obtener el comportamiento deseado en la variable de salida (**Escenario 3**), con lo cual se valida la robustez del procedimiento.

III.2 Acciones de mantenimiento. Preservar la estabilidad y mejoras en la eficiencia industrial

⁷ Fuente: Box et al. (1994).

Al lograr el **Escenario 3**, el objetivo se dirige a preservar la estabilidad y las mejoras en la eficiencia industrial, a través de:

- Nuevos métodos de trabajo para el personal especializado de las Salas de Análisis de la Eficiencia Industrial Azucarera, que permitan el uso de herramientas estadísticas para el control del proceso Gómez Avilés *et al.* (2003/b/);
- Coordinar nuevas acciones de capacitación para el personal de operación, que propicien su participación en la mejora de la calidad del proceso (según el proceso de intervención que se realizó en **II.2**);
- Enriquecer las funciones que desarrollan los directivos, a partir de la concepción de buscar calidad en el proceso a través de la actividad diaria; establecer una nueva prioridad de roles de los directivos (Imai, 2000).

2.3.4 Etapa IV. Evaluación de la efectividad de la mejora en el proceso industrial de la caña de azúcar

En el nivel de conocimiento del desempeño del proceso (ver figura 2.2), se procede evaluar este a partir de la integración de la información aportada por los expertos en la Etapa I, donde se estableció, con la concepción cliente- proveedor, el balance de opiniones múltiples según las relaciones más importantes y prioritarias, para la producción que se ejecute y las salidas del proceso industrial, de la etapa objeto de mejora o del proceso en su conjunto, en correspondencia con la transición por los niveles de conocimiento .

2.3.4.1 Indicador de Efectividad de la Mejora en el Proceso Industrial (EMPI)

Bajo la concepción cliente- proveedor, el indicador **EMPI** que se define en la expresión 2.10; permite evaluar la efectividad de la mejora, en el proceso industrial, la cual se realiza en una o varias etapas de este proceso.

$$EMPI = \sum_{z=1}^b W_z P_z \quad [2.10]$$

donde:

W_z : Importancia relativa concedida por los expertos a la etapa “z” del proceso industrial (depende de la estrategia de producción asumida); $z= 1, \dots, b$; $\sum W_z = 1$

P_z = Ponderación de las variables de salida (**VS**) de la etapa “z”.

b: cantidad de etapas.

$$P_z = \sum_{j=1}^p w_{jz} \bar{V}_{jz} \quad [2.11]$$

donde:

\bar{V}_{jz} = Valoración de la variable de salida VS “j” de la etapa “z”, según el “sentido de la variable”

$$\bar{V}_{jz} = V_{jz} / \text{Meta}_{jz}; \text{sentido de la optimización de VS “lo mayor es mejor”} \quad [2.12]$$

$$\bar{V}_{jz} = \text{Meta}_{jz} / V_{jz}; \text{sentido de la optimización de VS “lo menor es mejor”} \quad [2.13]$$

donde:

V_{jz} : valores reales de la variable de salida VS “j” en la etapa “z”.

Meta_{jz} : valores deseados de la variable de salida VS “j” en la etapa “z”.

W_{jz} : Importancia relativa definitiva de la variable de salida VS “j” de la etapa “z”.

n: cantidad de variables de salida VS de la etapa “z”.

Para el cálculo de la importancia relativa definitiva de la variable de salida VS “j” de la etapa “z” W_{jz} , se considera el Método de la Entropía (Barba- Romero Casillas & Pomerol, 1997), ante la presencia de conflicto en los intereses de los especialistas (epígrafe 1.4.5); el método permite evaluar las relaciones sin que influyan las preferencias del decisor, lo cual aporta una mayor certidumbre a la información obtenida del trabajo con expertos.

Método de la Entropía

El método tiene la secuencia siguiente:

- Se parte de las evaluaciones \bar{R}_{ij} (figura 2.8), sólo la parte de las relaciones (VE_i- VS_j), en la etapa del proceso que se analiza, las cuales son normalizadas a VR_{ij} (expresión aportada por Barba- Romero Casillas & Pomerol (1997), mostrada en el epígrafe 2.3.1.1)
- Se calcula la entropía (E_j) para cada VS “j” a partir de la relación con las “i” VE de la etapa “z” del proceso industrial, expresión 2.14.

$$E_j = - \frac{1}{\log k} \sum_{i=1}^k VR_{ij} \log VR_{ij} \text{ donde } 0 \leq E_j \leq 1 \quad [2.14]$$

donde:

VR_{ij} : Valor normalizado de las relaciones de las VE_i- VS_j

k: cantidad de VE relacionadas con la VS “j”, en la etapa “z” del proceso industrial; $i=1, \dots, k$

c.) La entropía E_j de una VS es tanto mayor cuanto más iguales son sus evaluaciones VR_{ij} .

Precisamente lo contrario de lo que se desea que ocurra si E_j fuese a ser un valor

aproximado de la importancia relativa W_{jz} de la VS “j” de la etapa “z”. Se utiliza por tanto una medida opuesta que se denomina la diversidad D_j de la VS.

$$D_j = 1 - E_j \quad \forall_j \quad j=1,\dots,p$$

d.) Finalmente normalizando la suma a uno, con las diversidades D_j se obtienen los pesos buscados para cada VS “j” de la etapa “z”

[2.15]

$$W_{jz}^E = D_j / \sum D_j \quad \forall_j, z \quad j=1,\dots,p; \quad z=1,\dots,b$$

donde:

W_{jz}^E : Importancia relativa de la VS “j” de la etapa “z” del proceso industrial, obtenido por el Método de la Entropía.

Como el Método de la Entropía es un método objetivo, que sólo tiene en cuenta los valores de VR_{ij} , obvia las preferencias del decisor; por lo que constituye una contradicción, respecto al objetivo de obtener pesos que representen la importancia relativa que tienen para el decisor las relaciones entre requerimientos. Esta contradicción fue resuelta por Marrero Delgado (2001) mediante el ajuste del peso W_{jz}^E , a partir de los pesos otorgados por los expertos como se muestra en la expresión 2.16, la cual es asumida en esta investigación.

$$w_{jz} = \frac{W_{jz}^E * W_{jz}^P}{\sum_j W_{jz}^E * W_{jz}^P} \quad \forall_j, z; j=1,\dots,p; \quad z=1,\dots,b \quad [2.16]$$

donde:

W_{jz}^P : Importancia relativa que le otorga el experto a cada VS “j” de etapa “z”, a partir de la relación con las “m” VE; se calcula a partir de la figura 2.7 y normaliza de forma igual, que el paso 6 epígrafe 2.3.1.1.

El cálculo del indicador también aparece en el registro del software *MULTI-CRID* (Fardales Pérez & Gómez Avilés, 2005).

El indicador **EMPI**, puede ser calculado para cada etapa del proceso de forma independiente, aquellas etapas que intervienen en determinada nomenclatura de producción o para el proceso industrial en su conjunto. Resulta difícil establecer límites para decidir si el nivel de efectividad del proceso industrial es **alto, medio o bajo**; al no existir referencias anteriores del cálculo de este indicador; por lo que inicialmente se compara con períodos anteriores, hasta tanto se cree una base de datos referencial o de comparación.

Un resultado insatisfactorio del indicador conduce a un retorno a las acciones de mantenimiento realizadas **(III.2.)**, donde se valora la forma en que se ejecutaron y su implicación en el desempeño del proceso. Si se logra la efectividad en el proceso analizado, se procede a la identificación de nuevas **no conformidades** (problemas crónicos con demanda de solución) que parten del aprendizaje adquirido o el reinicio del procedimiento, ante exigencias del entorno que incorporen nuevas necesidades a la actual caracterización y ordenamiento del proceso industrial.

2.4 Conclusiones parciales

1. El procedimiento general integra, con consistencia lógica y pertinencia, los aspectos organizativos y tecnológicos, para la mejora de la calidad en un proceso industrial; constituye un nuevo paradigma para las prácticas de calidad actuales en la industria cubana de la caña de azúcar, basadas en la operatividad y plagadas de interpretaciones subjetivas.
2. El procedimiento específico de ordenación y clasificación de características tecnológicas propuesto, desarrolla un enfoque de proceso basado en la concepción cliente- proveedor, que contribuye a la flexibilidad de los esquemas de control, para enfrentar cambios en la nomenclatura de productos y en las exigencias del entorno, teniendo en cuenta las relaciones entre etapas sucesivas y entre áreas, exigencia planteada en las directivas generales para la producción industrial cubana de la caña de azúcar, que debe ser lograda.
3. Al implicar dentro del procedimiento general para la mejora de la calidad del proceso industrial de la caña de azúcar, variables organizacionales, su evaluación y propuesta de intervención, se coloca la industria en capacidad de desarrollar estrategias de trabajo relativas al factor humano que estén vinculadas directamente a mejoras tecnológicas, y que contribuyan a la efectividad del desempeño industrial.
4. La definición de cuatro niveles de conocimiento basados en los supuestos de estabilidad y autocorrelación, permiten explorar las potencialidades de mejora del proceso industrial de la caña de azúcar, proponiendo en cada nivel herramientas que posibilitan el aprendizaje de este proceso.
5. El

procedimiento específico para el establecimiento de una estrategia para el ajuste y regulación del proceso dinámico, a partir de diseños experimentales, patrones de comportamiento de parámetros de proceso y basada en la utilización del suavizamiento exponencial en el pronóstico de la política de regulación, constituyen aportes para el control de proceso en la industria cubana de la caña de azúcar.

4. El indicador de Efectividad de la Mejora en el Proceso Industrial Azucarero (EMPI) que se propone permite a la industria cubana de la caña de azúcar, evaluar los efectos de mejoras que se ejecuten, integrando el trabajo con expertos y los resultados del desempeño del proceso, por etapas y/o para el proceso industrial en su conjunto.

CAPÍTULO 3. APLICACIÓN DE LOS RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 Introducción

Después de elaborar el marco teórico y referencial de la investigación, a partir del cual se realiza la propuesta de procedimiento para la mejora de la calidad del proceso industrial cubano de la caña de azúcar, el presente capítulo tiene como objetivo mostrar los resultados obtenidos al aplicar el procedimiento propuesto; para de esta forma comprobar, la hipótesis de la investigación, o lo que es lo mismo, validar el procedimiento, demostrando que al aplicarlo se puede incrementar la eficiencia industrial y lograr estabilidad.

Se destacan, en el estudio de caso desarrollado, los resultados de incremento de la eficiencia industrial, y la ejecución del control de proceso, basado en los potenciales de mejora detectados y alcanzables a partir de una estrategia para el ajuste y regulación del proceso dinámico; la evaluación de la efectividad de la mejora del proceso, a través de un indicador, que tiene en cuenta el trabajo con expertos y los resultados del desempeño del proceso, por etapas o de este en su conjunto. La aplicación implicó ejecutar una intervención basada en variables organizacionales con incidencia en la orientación interna hacia la calidad.

3.2 La industria de la caña de azúcar en Cuba, particularidades en la provincia Sancti Spíritus

La industria de la caña de azúcar en Cuba trabaja actualmente en el programa de producción flexible de azúcar y etanol, por constituir la principal alternativa para enfrentar la realidad histórica de que el Azúcar es uno de los productos comercializados con mayor variabilidad en sus precios (Colectivo de autores, 2006). En este sentido se realizan los trabajos de adecuación de los centrales a un esquema de tecnología flexible para la producción de azúcar, alcohol y energía, por medio de la máxima extracción de los jugos diluidos y de la miel B. Esta adecuación de las empresas azucareras, plantea Peláez Rodríguez (2006) deberá realizarse considerando la mayor flexibilidad que permita si es necesario aumentar la producción de azúcar a costa de disminuir la producción de alcohol, siempre en correspondencia con la capacidad y explotación mínima de los módulos de destilación.

En correspondencia con ese programa, que forma parte de todo el proceso de reestructuración y diversificación que se desarrolla en el país, la Agroindustria azucarera de

la provincia Sancti Spíritus, tiene en operaciones dos empresas azucareras, “Uruguay” y “Melanio Hernández”, ambas producen azúcar crudo, la primera en la categoría de grande por su capacidad potencial de molida, la segunda clasifica como mediana, e incluye la producción de derivados con Destilería anexa vinculada con la producción de Alcohol, Ron, Levadura *Sacharomyse*, CO₂, y con perspectivas importantes de aporte de electricidad; alternativas de diversificación que hacen representativa la empresa “Melanio Hernández”, dentro de la industria cubana de la caña de azúcar, y que se valoraron en el momento de la selección del objeto de estudio práctico de la investigación.

3.3 Aplicación del procedimiento para la mejora de la calidad del proceso industrial cubano de la caña de azúcar. Estudio de caso de la empresa azucarera “Melanio Hernández”

El comportamiento de las principales producciones de la empresa azucarera “Melanio Hernández” en los últimos cinco años se ofrece en la Tabla 3.1. La tendencia de las producciones es consistente con la diversificación. En específico, la producción de alcohol se sustenta no sólo con la miel final que ofrece la industria, sino en las propuestas ventajosas que sugiere su obtención, a partir de los jugos de la extracción y de los filtros, sustratos que aportan mayor grado alcohólico (De la Cruz Soriano, 2001). Este proyecto propuesto a ejecutar en la zafra de 2007, implica un incremento importante de los derivados, en correspondencia con el crecimiento concebido para la producción de azúcar en el país a partir del 2006, y que desde el punto de vista energético cuenta con la instalación de un sistema de cogeneración que le permita generar más de 100 kwh/t de caña, a partir del aprovechamiento de la potencialidad de la caña energética, como alternativa de combustible para generar todo el año, según los resultados obtenidos por Romero Romero (2005).

La descripción de la validación del procedimiento propuesto en la figura 2.1 se realiza a continuación.

3.3.1 Etapa I. Caracterización y ordenamiento para un enfoque de proceso Valoraciones sobre la calidad en el proceso industrial

La valoración de los resultados de las evaluaciones de la calidad, permitió detectar que el tiempo perdido industrial, en un 80,07 % se concentra en las áreas de recepción y molida, y generación de vapor, con un alto incumplimiento de los parámetros de operación del proceso; estas áreas además tienen el mayor peso (65,45 %) en las roturas industriales (Anexo 17).

Tabla 3.1. Comportamiento de las principales producciones en los últimos años en la empresa azucarera Melanio Hernández

Concepto de Producción	2001	2002	2003	2004	2005
Azúcar (t)	41563,0	39528,0	26682,595	51553,725	38014,616
Miel Final (t)	10846,0	11011,0	7917,800	13827,865	11765,44611
Alcoholes 100 ⁰ (Hl.)	115490,0	111052,0	121303,0	121813,0	83438,0
Ron en MN (Hl.)	6878,0	5818,0	7165,0	5878,0	7018,0
Ron en USD (Hl.)	65570,0	101573,0	131525,0	118305,0	80096
Levadura (t)	3747,0	5259,0	5863,0	6235,0	4773,0
CO ₂ (t)	443,0	145,0	415,0	527,0	137,0

Fuente: Elaboración propia

El análisis de esta situación, recurrente por años en todas las evaluaciones de la calidad, y presentada como deficiencia del proceso, coincidió con el año que se hizo crítica, en cuanto al desbalance energético, los elevados niveles en la Pol y Humedad de bagazo e inestabilidad en la molida, que provocó sólo en esta zafra pérdidas de 1662,79 t, para el 77 % del total de la provincia (pérdidas en bagazo 1220,69 t de azúcar); por lo que se convirtió en un problema de interés nacional y se decidió aprobar y ejecutar inversiones en el área de generación, con la instalación de equipos más eficientes.

Las pérdidas de sacarosa, por los diferentes conceptos: bagazo, cachaza, miel e indeterminados, constituye uno de los problemas apremiantes en el sector azucarero cubano, y así se expresa en Programa del CITMA "Desarrollo de la agroindustria: **las pérdidas de sacarosa**". De hecho, en la provincia han sido objeto de investigaciones, las pérdidas vinculadas con la miel final (Corujo, 1999); sin embargo, decisiones como la anterior, están dirigidas a atenuar sólo el efecto del problema crítico presentado, lo que evidencia la carencia de un enfoque de proceso para la búsqueda de las causas que promuevan acciones, con la participación e implicación de especialistas y técnicos.

Las valoraciones anteriores indican como áreas críticas del proceso, recepción y molida, y generación de vapor; sin embargo, es de particular interés el área de molida, al presentar las pérdidas en proceso más notables, al respecto, Pérez de Alejo (1979) demuestra que la extracción es la etapa del proceso industrial que más afecta las ganancias en un central azucarero, por concepto de pérdidas (Riera González, 1996); además, resulta determinante para todo el proceso industrial, no sólo en la producción de azúcar, sino en los derivados,

donde en las proyecciones futuras los jugos de la extracción, constituyen un sustrato fundamental en la obtención de alcohol (ver epígrafe 3.3).

3.3.1.1 Ordenamiento y clasificación de características tecnológicas

El caso que se desarrolla para validar el procedimiento (figura 2.3), se planteó la producción de azúcar crudo, a partir del cual se obtuvieron los resultados que se muestran en la secuencia de pasos siguiente.

1. Selección y entrenamiento de los expertos

Los expertos seleccionados (ver Anexo 18), se entrenaron para lograr su compromiso y el uso del “QFD” para emitir su juicio sobre el grado de la relación entre características tecnológicas, con vista a flexibilizar el esquema de control, en la producción de azúcar crudo con énfasis en la eficiencia industrial, basado en un enfoque de proceso (ISO 9000:2000).

2. Definición preliminar de las características tecnológicas

El 30 % de las características tecnológicas que seleccionan los expertos (ver Anexo 6), según la identificación inicial (epígrafe 2.3.1.1), como las que más influyen en la calidad del proceso, se muestra el resultado en la Tabla 3.2.

3. Opinión de los expertos sobre el grado de la relación entre VE- Pp y VE- VS

Con la opinión de cada experto, solicitada como se muestra en el Anexo 19 (etapas de Extracción y Purificación), se obtienen los grados de la relación entre características tecnológicas. Los resultados a partir de este paso, se ilustran para la Etapa de Extracción, caracterizada como área crítica (epígrafe 3.3.1), en el Anexo 20, aparecen las votaciones correspondientes a las VE (Índice de Preparación y % de Caña No Preparada).

4. Determinación del consenso entre las opiniones de los expertos

El cálculo del Índice de Consenso (expresión 2.2), correspondiente a cada relación VE- Pp; VE- VS, para un límite inferior de consenso, definido en esta investigación en un 76% (ver paso 4 epígrafe 2.3.1.1), se muestra también en el Anexo 20.

Tabla 3.2 Principales variables tecnológicas que influyen en el proceso de obtención del azúcar en la empresa azucarera “Melanio Hernández”

Proceso	Característica de las	Variables	
Preparación	conexiones	% de materias extrañas real	Entrada
		pol en caña	Entrada
		% de fibra en caña	Entrada
		frescura de la caña	Entrada
		Índice de preparación	Salida
		% de caña no preparada	Salida
	etapas	cantidad de machetes por cuchilla	Diseño
		tipo de machete	Diseño
		distancia del machete a la estera	Diseño
		altura del colchón a la entrada de la cuchilla 1	Control
		rehabilitación de los machetes	Control
		molida horaria efectiva	Control
Extracción	conexiones	Brix jugo primario	Intermedia
		Pol jugo primario	Intermedia
		Pza Jugo primario	Intermedia
		% sedimento	Salida
		Brix jugo mezclado	Salida
		Pza jugo mezclado	Salida
		Caída de pza primario -mezclado	Salida
		pol en bagazo	Salida
		Humedad en bagazo	Salida
		% de goma	Salida
	etapas	Velocidad máquina 1 ó del motor 1	Diseño
		Setting del molino 1	Diseño
		Setting del molino 5	Diseño
		Flotación de los molinos	Control
		Temperatura del agua de imbibición	Control
		Cantidad de agua de imbibición	Control
		Infección en el tándem	Control
		Presión hidráulica molino 1	Control
Purificación	conexiones	% de PH alcalizado dentro norma	Salida
		% de PH clarificado dentro norma	Salida
		Caída de pza clarificado - filtrado	Salida
		Pza del jugo clarificado	Salida
		% pol de la cachaza agotada	Salida
		Transparencia jugo clarificado	Salida
	etapas	Be cal	Control
		% CaO	Control
		Tiempo de retención por parada	Control
		Temp. de calentadores Jugo mezclado	Control
		Nivel de cachaza clarificador	Control
		Temperatura salida calentador 5 ó 6	Control
Evaporación	conexiones	Reductores meladura	Salida
		Pza meladura	Salida

		Relac. R/C Meladura	Salida
		Brix meladura	Salida
	etapas	Temperatura de salida de los calentadores	Control
		Presión calandria pre 1	Control
		Presión calandria pre 2	Control
		Nivel líquido en vasos	Control
		Presión calandria cuad 1	Control
		Presión calandria cuad 2	Control
Cristalización	conexiones	Pza grano fino virgen	Salida
		Pza licor B	Salida
		Pza licor C	Salida
		Brix MCC	Salida
		Pza MCC	Salida
		Rendimiento en cristal C	Salida
	etapas	Vacío en los tachos	Control
		Tiempo de permanencia de las masas en los tachos	Control
		Presión calandria tachos	Control
Centrifugación	conexiones	Pza semilla B	Salida
		Pza semilla C	Salida
		Tamaño del grano	Salida
		Caída de pza MCA – miel A	Salida
		Caída de pza MCB – miel B	Salida
		Uniformidad del grano	Salida
		Pza miel final	Salida
		Caída de pza MCC - miel final	Salida
		Galonaje	Salida
		Color del azúcar	Salida
	etapas	Presión en los sprays	Control
		Temperatura del agua en los sprays	Control
		Cantidad de agua en los sprays	Control
		Velocidad de la centrifuga	Control

Fuente: Elaboración propia.

5. Clasificación por grupos de las VE- respecto Pp, VE- respecto VS, Pp, VS

A la matriz del grado de la relación promedio entre características (ver Anexo 21), se le aplica el Análisis Cluster Jerárquico, para obtener los grupos de clasificación de las **VE**, **Pp** y **VS** (Anexo 22); en este anexo se muestran los dendrogramas correspondientes, con el corte del grafo en el nivel 10.

6. Balance de las opiniones múltiples para establecer el esquema de control por grupos de clasificación

La prioridad de cada grupo de clasificación conformados en el paso anterior **VE** (respecto a **Pp**), **VE** (respecto a **VS**), **Pp** y **VS**, se muestran en el Anexo 23. De esta forma, se obtiene el esquema de control a ejecutar por grupos de prioridad **VE_{ij}**; **Pp_{ij}**; **VS_{ij}**, cuya representación gráfica para el área de Extracción, correspondiente a la producción de azúcar crudo se presenta en la figura 3.1. En esta área, la operación correcta en su conjunto es decisiva para una buena eficiencia general de la industria; es necesario el ajuste de diferentes variables para lograr el objetivo principal al moler la caña, obtener la mayor extracción de sacarosa y jugo dentro de los límites mecánicos y económicos de la tecnología instalada.

La figura 3.1 brinda la información sobre las variables para el esquema de control del área de extracción. Los tres grupos definidos para las Variables de Entrada (**VE**), tanto respecto a **Pp**, como a **VS**, están conformados de la siguiente forma:

Grupo I, las vinculadas con la etapa anterior (índice de preparación de la caña: IP) y porcentaje de caña no preparada: CNP); **Grupo II**, referidas a la logística de la agricultura (caña atrasada: CATRAS y Frescura de la caña: FRESCC y contenido de materias extrañas: ME) y el **Grupo III**, respecto a la cosecha (Pol en caña: POLC). De estos, se obtuvo la máxima prioridad ($\geq 0,4$) en el esquema de control para el **Grupo I**, cuando el énfasis está en la operación, mientras que cuando el interés es garantizar la polarización del azúcar, criterio de comercialización del azúcar crudo, la prioridad está en la cosecha de la caña (**Grupo III**), y el desempeño de la logística (**Grupo II**), que incluye además el contenido de materias extrañas.

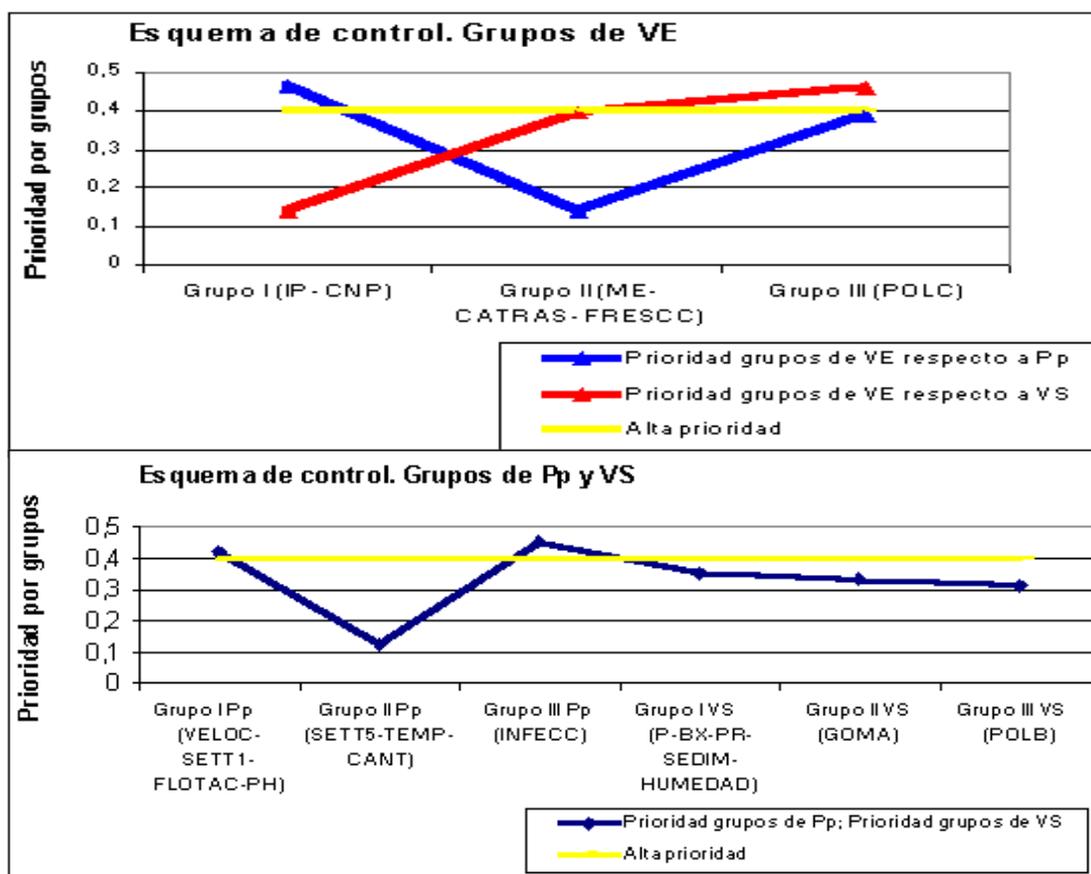


Figura 3.1. Esquema de control para el área de extracción en la empresa azucarera “Melanio Hernández”. Fuente: Elaboración propia.

Respecto a las características de la etapa (**Pp**), entran con máxima prioridad a este esquema, el grupo vinculado con la categoría que define Rein (1975) como variables de control, es decir las que se encuentran bajo control del personal de operación (Presión hidráulica: PH, Velocidad de las máquinas: VELOC, Flotación de los molinos: FLOTAC) y se incorpora en este grupo la variable de diseño, Setting del molino 1 (SETT1), por la importancia de la extracción en seco para la eficiencia de la extracción. Se destaca la situación crítica que presenta la variable infección en los molinos (INFECC), en el momento de aplicación del instrumento, al reconocerse con prioridad (0,451).

Las **VS**, presentan como particularidad dos grupos que sólo contienen una variable, uno que incluye sólo el porcentaje de goma (GOMA) y el otro la Pol en bagazo (POLB), de esta forma se caracteriza la situación que se está presentando con la variable GOMA, en las

últimas zafras y que requiere de un seguimiento especial, por su parte la POLB, refleja la importancia de esta variable en la eficiencia industrial, determinante en las pérdidas en bagazo (epígrafe 3.3.1); sin embargo, ningún grupo presenta alta prioridad en el control, de esta forma se evidencia el énfasis que se plantea en el esquema de control, respecto a lograr calidad con el control de los grupos prioritarios de VE y en el control de la operación de los grupos de Pp, como garantía para el desempeño esperado.

3.3.2 Etapa II. Diagnóstico del proceso industrial

3.3.2.1. Problema crónico con demanda de solución

En el epígrafe 3.3.1, se evidenció que en la empresa azucarera Melanio Hernández las etapas de Extracción y Generación, durante su operación provocan importantes afectaciones en la eficiencia industrial. En el área de Extracción además se registran las pérdidas que se consideran no recuperables, asociadas al subproducto que vincula las dos áreas problema identificadas, el bagazo; y como se muestra en la (figura 3.2), son pérdidas que se han mantenido en niveles comparables a las de miel final (principal concepto de pérdidas en la industria de la caña de azúcar cubana)

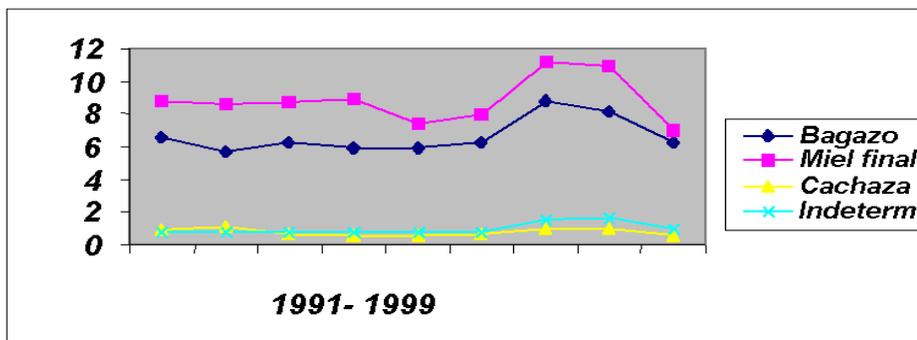
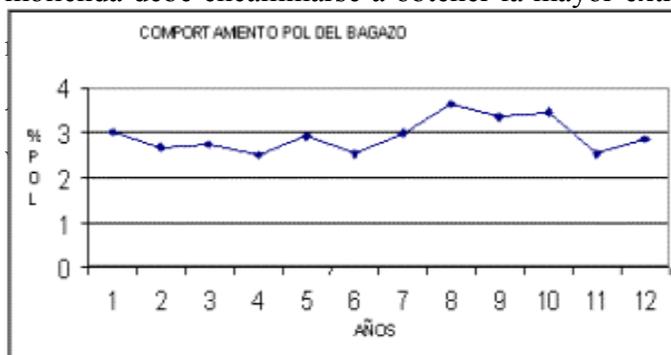


Figura 3.2. Comportamiento de las pérdidas en la empresa azucarera “Melanio Hernández”.

Fuente: Corujo (1999).

En el esquema de control propuesto (epígrafe 3.3.1.1), se comentó la importancia que se le otorga a la VS Pol en bagazo de la etapa de Extracción. Las pérdidas de sacarosa por no-extracción varían entre 4 y 7 % del total de sacarosa en la caña, y en ese sentido el proceso de molienda debe encaminarse a obtener la mayor extracción posible del jugo contenido con el



comportamiento de la variable Pol en bagazo, con figura 3.3) y pérdidas importantes en esta

última zafra como se presentó en el epígrafe 3.3.1; fundamentan la decisión de definir esta variable como el problema crónico a resolver en el área de extracción para encausar la mejora, con el objetivo de reducir el contenido de pol en bagazo. Se une a este análisis la variable Humedad en bagazo, que muestra valores por encima del 50 % (ver figura 3.3), lo cual tiene una incidencia fundamental en la eficiencia del área de generación.

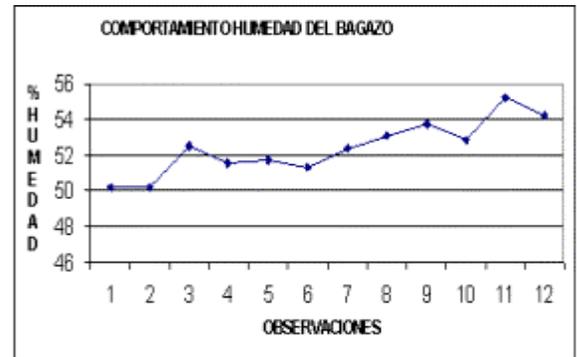


Figura 3.3. Comportamiento de las VS Pol y Humedad del bagazo de la etapa de extracción en la empresa azucarera “Melanio Hernández” por más de una década.

Fuente: Elaboración propia.

3.3.2.2 Estado de control del proceso. Acciones organizativas, organizacionales y tecnológicas

Como se argumentó en el epígrafe 3.3.1 la situación crítica en la empresa “Melanio Hernández”, propició la realización de inversiones, pero sin una orientación adecuada hacia el estudio de causa, ni una consecuente valoración integral de la calidad, que permitiera un análisis del comportamiento crónico de las variables resultado de la etapa de Extracción (figura 3.3).

El alcance del problema que se abordó requirió de un equipo ad hoc para la mejora conformado por **Brazo guiador:** Especialista del MINAZ del área de maquinaria; **Líder:** Jefe Departamento de Maquinaria del Central; **Miembros:** Segundo Jefe Departamento de Maquinaria; Jefe de molido; Jefe de la Sala de Control y Análisis; un especialista del laboratorio químico; dos analista y dos inspectores de proceso; cuatro estudiantes de Ingeniería Industrial; **Facilitador:** Profesor universitario.

Diagnóstico

Para la evaluación del desempeño del proceso, se organizó el trabajo por corridas, se fijó la variedad de caña a moler en la muestra (Ja-60-5; C-266-70; C-120-78; C-87-51; C-323-68; C-1051-73). El registro se realizó en la Hoja de Recopilación de Datos (ver Anexo 24), diseñada según el diagrama de flujo del área (Anexo 25), que además contó, para agilizar los cálculos, con una hoja de cálculo EXCEL (Anexo 26), elaborada como parte de esta investigación, a partir del manual de operaciones (MINAZ, 1996). Las variables estudiadas mostraron comportamientos no normales, por ello en la construcción de los Gráficos de Control, fue necesario el cálculo de la curtosis y el coeficiente de asimetría de la distribución y con ello, determinar el valor de las constantes de los límites de control para distribuciones no normales, propuestas por Burr (1967), ver Tabla 3.3.

Tabla 3.3. Determinación de constantes para el cálculo de los límites control.

Variables	Coeficientes		Constantes para $R_m=2$			
	Curtosis	Asimetría	A_2	E_2	D_3	D_4
Pol en bagazo	1,25	5,83	1,96	2,78	0	3,54
Humedad del bagazo	0,51	3,87	1,91	2,70	0	3,35

Fuente: Obtenidas a partir de Burr (1967)

El proceso presenta un comportamiento errático para la Humedad del bagazo (ver Anexo 27) y aunque el Gráfico de Control R_m no muestra una excesiva variabilidad, es válido destacar que se analiza una industria de proceso donde las pequeñas variaciones de comportamiento implican grandes derroches o pérdidas económicas, por los volúmenes de producto que se procesan (en este caso bagazo); esta situación se manifiesta también en el caso de la Pol; por lo que fue necesario la ejecución del estudio en cada unidad de extracción, debido a las implicaciones que su trabajo tiene en dichas variables de salida (Gómez Avilés *et al.*,2002). En el análisis de las unidades de extracción, se consideraron dependientes, pero donde cada una tiene definida la tarea a cumplir, teniendo un peso fundamental el primer Molino.

Para la primera unidad, los niveles de extracción fueron muy bajos, con una variabilidad que tiende a disminuir sólo para valores muy bajos (Gómez Avilés *et al.*,2002). En el Histograma de la figura 3.4, se presenta una mezcla de al menos dos distribuciones, indicativo de que los

resultados de esta variable provienen de fuentes diferentes (variedades de caña u operación

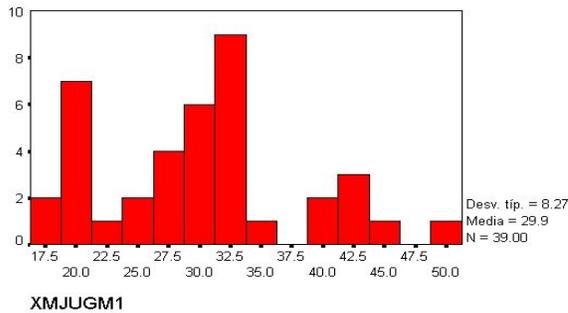


Figura 3.4. Histograma de frecuencia extracción de jugo Molino 1 (diagnóstico). Fuente: Elaboración propia.

diferente de los turnos de trabajo). Llama la atención también, la concentración de valores hacia los intervalos de menor valor, siendo la variable extracción del sentido de optimización, *lo mayor es mejor*, además de manifestarse una excesiva dispersión (desviación típica de 8,27).

Para comprobar la significación de la influencia de los turnos de trabajo, en el desempeño de la primera unidad de molida, se utilizó el “Procedimiento gráfico para el análisis de medias”, propuesto por Ott (1967). Para desarrollar el método, se tomó la información correspondiente a los cuatro turnos de trabajo, donde fue procesada la misma variedad de caña (Ja-60-5).

Las líneas de decisión para el análisis de medias son: $\bar{x} \pm H_{\alpha} \sigma_x$,

donde:

$\sigma_x = \sigma / \sqrt{n}$ y H_{α} : factor que se obtiene de las tablas del referido artículo, que depende de los grados de libertad considerando el número de medias comparadas.

En el resultado que se muestra en el Anexo 28, no se detectan diferencias entre los turnos de trabajo; sin embargo la amplitud de las líneas de decisión o límites de control (17,65- 43,95), indican la alta variabilidad que existe dentro del turno de trabajo, provocada por la inestabilidad en la forma de operar del mismo personal, elemento este, que no se considera en los análisis de calidad que se hacen de dicho proceso. En general, existe falta de sincronización en el trabajo de las unidades de extracción (Gómez Avilés *et al.*, 2002).

Además se valoró a criterio del equipo *ad hoc* en cada unidad de molida, la significación de variables de materia prima (**VE**) y de proceso (**Pp**), en la búsqueda de causas raíces del problema crónico identificado. De las variables analizadas, fueron significativas las materias extrañas (**Grupo II** de las VE) en el esquema de control (figura 3.1); al respecto, el equipo de trabajo consideró el conocimiento establecido que la paja, hojas y caña seca, actúan como una esponja que absorbe parte del jugo que se produce y por tanto, a mayor contenido de

materias extrañas en la caña, se incrementa el contenido de Pol en bagazo (ver Anexo 28), de esta forma se reduce virtualmente la eficiencia de la molida; además el aumento de las mismas, provoca atasco en la tolva ubicada en el primer Molino, situación que constituye una de las causas que no permiten, en esta unidad, trabajar con la presión hidráulica establecida, comportándose según refiere Jenkins (1988), como un resultado de las cualidades de alimentación, que provoca una afectación en la extracción.

En resumen en el período de análisis se mantuvieron molidas inestables, con valores inferiores a la norma, cuya implicación se considera determinante en el estado de control del proceso en general. Resultaron las unidades de peor desempeño, la primera y la última, por la responsabilidad en la eficiencia del área de extracción y las condiciones de operación (Gómez Avilés *et al.*,2002).

De esta forma se demostró que el área de extracción es una fuente de mejora, por la **inestabilidad** del proceso, los equipos con baja capacidad que limitan la eficiencia y los métodos ineficaces de control de proceso (Gómez Avilés *et al.*,2003/b/). Al respecto el equipo *ad hoc*, propone como acciones de mejoras: *cambio de rayado en la primera y última unidad de molida, estabilidad de la molida horaria y en la adición de agua imbibición, el adecuado control de proceso*, así como las mejoras relacionadas con la *calidad de la materia prima*.

II.1. Acciones organizativas

Las primeras acciones que se ejecutan están vinculadas con el logro de determinada regulación en la molida horaria, así como la coincidencia con el inicio del pago de la caña por la calidad. Los resultados que se logran en las variables Pol y Humedad del bagazo, durante la ejecución de este estudio, son comparados con los valores históricos mostrados en la figura 3.3; se aprecia una mejora respecto a la zafra anterior, en el contenido de Pol en bagazo, con una reducción de su contenido en 0,21 % (2,30 a 2,09), que representan 224 t de azúcar, valorado en \$ 73 920,00; sin embargo, este resultado de 2,09 % de Pol en bagazo, es superior al 2 %, valor a partir del cual se plantea una reducción real del problema crónico identificado; de la misma forma se manifiesta la variable Humedad con un 53,08 %, para un máximo del 50 %. Es decir, las acciones realizadas no abarcan todo el espectro de causas y por sí solas, no permiten aprovechar las potencialidades de mejora en el proceso.

II.2 Intervención organizacional

Durante la detección de causas, se evidenció la incidencia de la actividad del obrero en la operación del proceso (requerimientos de la etapa, **Pp**, que tienen máxima prioridad, ver figura 3.1). El ambiente organizacional es determinante en cualquier proceso de mejora, ya que lleva implícito la participación del hombre y cambios en hábitos, que deben ser conducidos adecuadamente, previo conocimiento del patrón cultural que rige tal comportamiento.

El equipo de trabajo formado por un psicólogo organizacional, un ingeniero industrial y un especialista del proceso industrial, a través de los pasos definidos en el capítulo 2 (epígrafe 2.3.2.2, **II.2**), evaluaron las percepciones y conformaron la propuesta de intervención, a partir de las variables organizacionales significativas como se muestra a continuación.

1. Identificación y caracterización de las variables organizacionales

La valoración del patrón cultural, realizada según la encuesta propuesta en el epígrafe 2.3.2.2 (Anexo 8), implicó a un total de 158 trabajadores; de esta consulta se conoció que no existe una favorable actitud hacia la calidad, no se reconoce al cliente interno y sólo el 24 % aprecia que su trabajo es de alta calidad. La gestión está orientada hacia el cumplimiento del plan, no a la calidad ni a la reducción de los costos. Los viejos esquemas, motivación laboral y estimulación, son determinantes en la actual orientación hacia la calidad, tanto por la actitud manifestada del personal, como por la forma en que se proyecta la gestión de proceso, elemento este último argumentado por la autora en Gómez Avilés *et al.* (2003/b/).

A.) Diagnóstico preliminar de las variables identificadas

Análisis cualitativo

Para la ejecución de la técnica de grupos focales, se tomó como punto de partida los resultados de la valoración del patrón cultural. Las sesiones de trabajo se realizaron con tres grupos de obreros de las diferentes etapas del proceso industrial. Para la selección sólo se tuvo en cuenta su condición de trabajador; este tipo de agrupación permitió explorar las percepciones de diferentes generaciones en cuanto a los problemas identificados con anterioridad, debatiendo sus interpretaciones, motivaciones, criterios y formas de pensar. Con el análisis cualitativo de las grabaciones se obtuvo la caracterización de la pérdida de identidad de los obreros azucareros, condicionada por la no selectividad del personal, las

condiciones de trabajo, la sobrecarga de tareas, las decisiones no colegiadas y la insensibilidad ambiental, vinculada esta última con el deterioro del batey y las condiciones de vida [Gómez Avilés *et al.* (2003/c/); (2004/a/)]. La consulta realizada a 7 especialistas de este sector permitió obtener la prioridad para el estudio de variables organizacionales en la industria (ver Anexo 29).

Análisis cuantitativo

Los instrumentos sugeridos en capítulo 2, para el diagnóstico preliminar organizativo y el conocimiento de la cultura de la dirección, fue aplicada al 100% de los directivos del área de extracción (se incluyen jefes de turno y brigada). Con la evaluación del estilo de liderazgo (Anexo 10), se obtuvo un liderazgo consultivo, con media 13,64; pero con desviación estándar de 4,35; es decir las respuestas prácticamente se mueven en los extremos del intervalo definido para esta clasificación de liderazgo.

El procesamiento individual de cada pregunta a través de las puntuaciones, muestra el estado de las percepciones correspondientes a las variables seleccionadas como prioritarias. De esta forma, se valora que se tiene confianza en los subordinados, al permitirles **tomar decisiones**; sin embargo, la tendencia a un **liderazgo** autoritario paternalista, motiva a los obreros, con un **sistemas de estimulación** a través de premios o castigos; donde se **motiva** monetariamente por el trabajo y no existe una orientación hacia la mejora del nivel técnico de los trabajadores, por lo que no se manifiesta la necesidad de **capacitarse**. Además no se aprecia trabajo en **equipo**, con valor promedio de 8,8 (máximo de 20 puntos). Los subordinados aceptan las comunicaciones de los superiores con indiferencia, valor de 9,4; por lo que no se puede hablar de liderazgo participativo. El hecho de que se den las orientaciones con órdenes es muestra de barreras en la **comunicación**.

Estos elementos manifiestan una tendencia hacia un **liderazgo** autoritario paternalista, con la carencia de habilidades que permitan la formación de equipos de trabajo enfocados a lograr la satisfacción de las necesidades de los propios trabajadores de las brigadas en los turnos de trabajo.

Respecto a la plantilla se conoció que del personal directo a la producción, el 66 % son obreros, con un índice de jerarquía por encima del nivel de obrero del 33,33 %; sobre este índice Portuondo Vélez (2004) plantea que la tendencia debe ser disminuir, incluso lograr el liderazgo oblicuo, donde todos sean líderes, y estén al mismo nivel para la toma de

decisiones. Se evidenció el bajo nivel educacional, lo cual se corresponde con la prioridad uno, dada a la **capacitación** por los expertos; predominando el nivel escolar de primaria y secundaria (75 %), con el 50 % técnico medio; por lo que constituye la capacitación, la alternativa más viable para ejecutar la intervención organizacional.

Se profundizó en el conocimiento del **Trabajo en equipo (grupos)**, con la evaluación de los cuatro turnos de trabajo con la técnica de la sociometría (Anexo 11). En la Tabla 3.4 se

Tabla 3.4. Resumen de la técnica de la sociometría.

Turnos	A	B	C	D
Orientación al grupo	No	Sí	No	No
Orientación al líder	No	No	No	Sí

Fuente: Elaboración propia.

resume la aplicación de la técnica; que muestra la no coincidencia en ningún turno, en cuanto a la orientación al jefe de brigada y al equipo; de lo que se infiere que los Líderes

formales, no tienen la habilidad de crear equipos de trabajo.

Las condiciones en que se propicia al trabajador la **toma de decisiones** se reveló a través de la lista de chequeo (Anexo 12), aplicada en los cuatro turnos de trabajo para evaluar el estado de autocontrol. Como resultado se obtuvo que en la etapa de Extracción, sólo el 36% de los trabajadores conocen lo que deben hacer; el 20% lo que está sucediendo y al 85,7% se le permite regular el proceso. Resultados que evidencian que la toma de decisiones en estas condiciones resulta inconsistente con la capacitación del obrero y con los medios que cuenta para visualizar lo que está sucediendo en el proceso, por lo que la contribución de los obreros en estas condiciones no es favorable para el logro de la estabilidad del proceso.

B.) Conformación de la propuesta de intervención

Para la cuantificación de los niveles de las percepciones de las variables, a incorporar a la propuesta de intervención, según las categorías definidas por Likert y estructuradas a partir de la determinación de las relaciones de dependencia significativas; se utilizó el instrumento referido en el Anexo 14 para empresas en Perfeccionamiento Empresarial, con el cual es posible obtener información sobre variables clave y establecer como en este caso una correspondencia con las variables prioritarias para la industria, las cuales fueron evaluadas en el diagnóstico preliminar en el área de extracción, con resultado insatisfactorio.

Las cuatro variables claves evaluadas en el instrumento: Liderazgo (L), Motivación (M), Reciprocidad (R), Participación (P); cada una se desglosa en cuatro subvariables (L₁₋₄); (M₅₋

8); (R₉₋₁₂); (P₁₃₋₁₆) (ver Anexo 14); se aplicó a 103 de los trabajadores de la industria, por la coincidencia en algunos momentos de la realización del estudio de los mismos turnos de trabajo, esta muestra representa el 20 % del total de los trabajadores.

Los resultados de **estadística descriptiva** reportaron valores insatisfactorios, la moda en dos

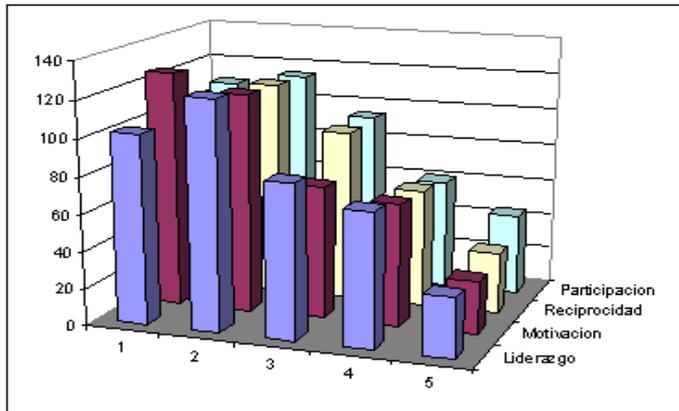


Figura 3.5. Distribución de frecuencia por área crítica.
Fuente: Elaboración propia.

(figura 3.5) en todas las variables clave, excepto la Motivación (M), con moda en uno, para un requerimiento mínimo de tres puntos.

A través del **análisis factorial** se obtuvieron siete componentes, que explican aproximadamente el 64,372 % de la variabilidad detectada en las respuestas (Anexo

30). Sin embargo esta agrupación muestra ligas de subvariables no apropiada para lograr una aproximación a las categorías de Likert y facilitar con ello la conformación de la intervención.

El **análisis de correlación** bivariada de *Spearman's rho* entre subvariables (ver Anexo 31), brinda las relaciones de las percepciones de estas. La obtención de la cadena de dependencia estadísticamente significativa y el análisis conceptual que se realizó, permitió una agrupación de las variables según las categorías de Likert. La estructura quedó como sigue:

(I) Variables CAUSALES, indican el sentido en que la organización evoluciona. Se incluyen el 75 % de las subvariables que caracterizan el **Liderazgo**, además según la cadena de dependencia obtenida, se incorporan las subvariables: Adecuación de las condiciones de trabajo (**Motivación**) e Intercambio de información (**Participación**) ambas se consideran por el equipo de trabajo causas de la percepción desfavorable, más que parte del proceso organizacional.

(II) INTERMEDIAS, orientadas a medir el estado interno de la empresa. Se incluyen el 75 % de las subvariables de **Motivación y Reciprocidad**; y las

(III) FINALES, efecto de las anteriores y orientadas a establecer los resultados. Se incluyen el 75% de las subvariables de **Participación**, categoría a partir de la cual se

establecen los cambios a experimentar por la industria respecto a la orientación interna hacia la calidad, para un primer momento de realización del estudio.

La **fiabilidad** evaluada con el coeficiente *Alpha de Cronbach*, reportó valores mayores que 0,70 (ver Tabla 3.5)., por lo que puede considerarse que las variables con relaciones estadísticamente significativas y agrupadas según las categorías propuestas por Likert, resulta una estructura válida para conformar la intervención a realizar.

Tabla 3.5. Análisis de fiabilidad de las relaciones de dependencia significativas de variables organizacionales para la industria

ANÁLISIS DE FIABILIDAD - (ALPHA)				
Clasificación de las variables	Variables y relaciones de dependencia (Spearman)	Denominación de las variables	Coefficiente de fiabilidad. Alpha estandarizado	No de casos
(I)	L ₃ 	Estímulo al trabajo en equipo	0,7209	103
	M ₈ 	Adecuación de las condiciones de trabajo		
	P ₁₅ 	Intercambio de información		
	L ₁ 	Dirección		
	L ₂ 	Estímulo a la excelencia		
(II)	M ₆ 	Reconocimiento a la aportación	0,7896	
	M ₇ 	Responsabilidad		
	R ₁₂ 	Equidad		
	R ₁₀ 	Cuidado del patrimonio		
	R ₁₁ 	Retribución		
	M ₅ 	Realización personal		
(III)	P ₁₃ 	Compromiso con la productividad	0,7394	
	P ₁₄ 	Compatibilidad de intereses		
	P ₁₆ 	Involucración para el cambio		

Fuente: Elaboración propia.

2. Ejecución de la intervención

La alternativa de capacitación que se siguió para ejecutar el proceso de intervención se desarrolló conforme a lo descrito en el epígrafe 2.3.2.2 (II.2). El grupo quedó conformado por 14 miembros, pertenecientes a las áreas administrativas vinculadas con la Dirección General, Desarrollo, Sala de Análisis y Laboratorio; del área industrial participaron jefes de turnos, especialistas y trabajadores de la etapa de Extracción, Mantenimiento y Energética. Un ejemplo de la forma en que se ejecutaron las sesiones aparece referido en el Anexo 32.

3. Análisis de los resultados

La valoración cuantitativa que se presenta en el Anexo 33, muestra la Dirección, subvariable que caracteriza el sentido en que se orienta la actividad, como positiva (4 puntos); y este resultado se refleja en la mejora de las subvariables que estimulan el Trabajo en equipo y la Solución de conflictos (variables causales), respecto a la situación antes de la intervención. De igual manera los procesos organizacionales vinculados con Motivación y Reciprocidad, denotan como se favorecen las subvariables Responsabilidad, Cuidado al patrimonio y Equidad; así como la subvariable final, Compromiso con la productividad, medida esta última de la interacción satisfactoria, a favor de la eficiencia y la calidad de los productos; situación satisfactoria, que propicia la orientación interna del trabajador hacia la calidad, respecto al patrón cultural identificado en el diagnóstico.

El análisis descriptivo correspondiente a estos resultados (ver Anexo 33), muestra al **Liderazgo**, que representa el 75% de las variables causales y la **Motivación y Reciprocidad** (75 % de las variables intermedias), con moda de tres puntos, mientras que la **Participación** (75% de las variables finales) mantiene la moda en dos; por lo que cuantitativamente se pudo constatar, una mejora en las variables causales e intermedias, pero que aún no son percibidas en todas las variables finales. En este anexo también se presenta el efecto de las mejoras en las variables organizacionales, a través de la reducción de la amplitud de los límites de control en la extracción de jugo en el primer molino (24,52- 38,07 %), como expresión de la estabilidad lograda en el trabajo dentro de los turnos.

El contraste de las opiniones, vivencias o experiencias de los miembros del grupo, a partir del proceso de intervención realizado, se convierte en un elemento importante, que complementa el análisis anterior, ya que permite constatar la modificación de las subvariables en el contexto organizacional, tal como se muestra en el Anexo 34; donde es destacable las manifestaciones sobre el liderazgo participativo en el área de Extracción, los logros alcanzados con el trabajo en equipo, y la responsabilidad hacia el trabajo que realiza.

El análisis de los resultados, tanto cuantitativos como cualitativos, posibilita formular el próximo trabajo interventivo, con el objetivo de mantener lo logrado y hacer énfasis en las subvariables del proceso organizacional (variables intermedias), que no se modificaron,

fundamentalmente las vinculadas con la Motivación, para con ello propiciar la mejora en las variables finales, cuya percepción sigue siendo insatisfactoria.

II.3 Ejecución de acciones sobre variables tecnológicas

Profundizando en el conocimiento del proceso

La propuesta de *cambio de rayado en las mazas de la primera unidad de molida* que realizó el equipo *ad hoc* durante el diagnóstico, implica la ejecución de una inversión y para ello la dirección de la empresa, pide una fundamentación más precisa, pues su criterio es que la causa del problema de la baja extracción está en la etapa proveedora y no en las unidades de molida. Para lograr el apoyo de los directivos en cuanto a este cambio tecnológico, se decidió evaluar en el área de preparación, las variables Índice de preparación de la caña (IP), y porcentaje de caña no parada (CNP), variables consideradas con máxima prioridad en el esquema de control (figura 3.1).

Los valores obtenidos: 74,21 % y 8,93 % se corresponden con los aceptados por la literatura para la tecnología instalada, 67,06 – 81,36 % para IP y 10 % de CNP.

Se estudió la significación de relaciones estadísticas entre variables, de las cuales resultó

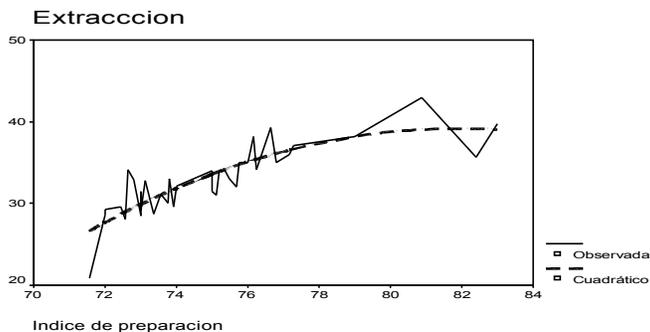


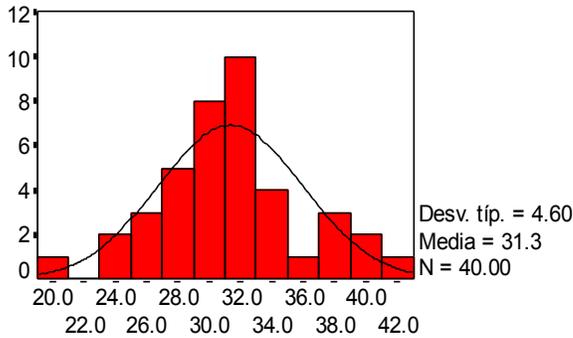
Figura 3.6. Relación cuadrática: Índice de preparación de la caña y la extracción de jugo del primer molino. Fuente: Elaboración propia

significativa para la investigación la representada en la figura 3.6, IP-Extracción de jugo del primer molino, con una relación cuadrática de incremento en la Extracción de jugo molino, en función del IPC, situación favorable a partir de la cual se demuestra que la causa de los bajos niveles de extracción (alrededor del 31 %), no están precisamente en la

etapa proveedora, como plantean los directivos; y que por el contrario existe un potencial para mejorar la eficiencia que no se aprovecha por las condiciones actuales en parámetros de diseño de la primera unidad de extracción. De esta forma se obtuvo un nuevo elemento de juicio que fundamenta el cambio de *rayado de la mazas*.

Acciones tecnológicas

Las acciones tecnológicas realizadas de cambio de rayado de las mazas de la primera unidad de molida, así como el efecto aportado con la intervención organizacional, se unen a las



EXTRJUG1

Figura 3.7. Histograma de frecuencia extracción de jugo Molino 1. Fuente: Elaboración propia.

acciones para mantener: *la estabilidad de la molida horaria y en la adición de agua imbibición*, así como el pago de la caña por la calidad.

Estas acciones reportaron los primeros resultados favorables, lográndose la estabilidad en la extracción de la primera unidad de molida (figura 3.7); equipo este que

define la eficiencia del proceso, y que presentó un comportamiento errático, con mezcla de distribuciones (ver figura 3.4), siendo por tanto una situación altamente significativa, aunque se mantiene baja la capacidad de extracción; la extracción en seco para esta tecnología se debe encontrar entre 60 – 70 %.

A partir de estos resultados se logra una reducción en contenido de Humedad en el bagazo; reportándose incrementos en el valor calórico del bagazo, equivalente a 603 t fuel oil, significan \$147 095,21; que no se consumen por concepto de combustible, aunque sólo constituye el 51% del potencial, que desde el punto de vista energético la industria puede obtener, según las toneladas de bagazo procesadas en esta zafra.

De igual forma, se propicia una continua reducción del contenido de Pol en bagazo, en un 0,19 % (2,09 a 1,902), que representan 221 t de azúcar recuperadas y valoradas en \$ 72 970,00; por lo que se define un nuevo objetivo para esta variable en la empresa 1,90 %; planificación establecida a partir de un valor alcanzable, que significa una reducción en el **problema crónico en un 0,10%**. sin embargo el comportamiento de esta variable sigue siendo **inestable**.

Con estos resultados, el comportamiento de las pérdidas de sacarosa, en la empresa azucarera Melanio Hernández, por no-extracción manifiestan una tendencia, al límite inferior definido en 4 % del total de sacarosa en la caña, tal como se muestra en la figura 3.8, a partir del 2000, evidencia del efecto de las mejoras realizadas.



Figura. 3.8. Comportamiento de las pérdidas en bagazo. Fuente: Elaboración propia.

No obstante estos resultados, en el análisis de los Gráficos de Control de la variable Pol en bagazo, que se realizó en los cambios de turno, se detectaron adherencias al límite de control inferior y puntos fuera del límite superior (ver Anexo 35), muestra que el proceso es INESTABLE; fue destacable además la estrechez de los límites de control, evidencia de la posible presencia de autocorrelación en el proceso.

3.3.3 Etapa III. Ejecución del control por escenarios del proceso industrial

Después que se logra la reducción del problema crónico identificado a través de la variable Pol en bagazo, así como el contenido de Humedad en el bagazo, se pasa al **Nivel II** de conocimiento del proceso (ver figura 2.2), para ejecutar el control del proceso a través de los escenarios que caracterizan el estudio de caso que se desarrolla en la validación del procedimiento.

3.3.3.1 Escenarios característicos del proceso industrial de la caña de azúcar

Con la metodología de Box- Jenkins (ver figura 2.9), se identifican los escenarios característicos a través de las variables Pol y Humedad del bagazo, presentados con los reportes que brinda el SPSS v.11. A continuación se muestra la variable Humedad del bagazo, la Pol aparece en el Anexo 36.

1. **Ploteo de la serie** diferenciada para garantizar estacionalidad (ver figura 3.9).

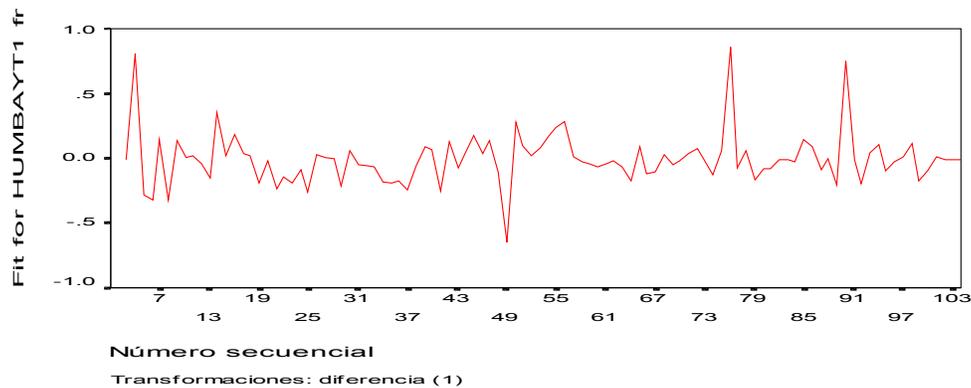


Figura. 3.9. Ploteo de la serie que caracteriza a la Humedad del bagazo, luego de la diferenciación.

2. **Ploteo de los ACF⁸ y los PACF⁹.** Los gráficos obtenidos en la figura 3.10, permiten reafirmar la estacionaridad que brindó el paso anterior y determinar el modelo que sigue cada serie.
3. **Identificación del modelo.** Con el análisis de los gráficos ACF y PACF se identifican los modelos que caracterizan las series, en el caso de la Humedad el modelo es un **ARIMA (0,1,1) o (IMA)**. En la figura 3.11 se muestra el ajuste del modelo identificado a la serie analizada.
4. **Ploteo de residuales, ACF y PACF.** La presencia de ruidos blancos en la figura 3.12 (solo ACF), muestra que la variable está correlacionada, e implica que el modelo obtenido para la serie es adecuado, con el cual se logra reducir la $\sigma = 1,1346052$.

Una vez aplicada la metodología Box- Jenkins, como se aprecia en la figura 3.13, existen reservas en la variabilidad, que pueden ser evaluadas a través del análisis de intervención de “Outliers” Aditivo (AO) (Box et al., 1994), afectación que se presenta en un momento determinado. Se logra una $\sigma = 0,7275653$, en la figura 3.14 (sólo se muestra el gráfico X).

Al finalizar el análisis de intervención en los modelos se realizó la evaluación de la influencia de las entradas dinámicas del proceso, no detectándose influencia significativa de estas variables. Este resultado en el caso de la Pol en bagazo, es muestra de las acciones

⁸ Función de Autocorrelación (ACF);

⁹ Función de Autocorrelación Parcial (PACF);

mantenidas respecto a las materias extrañas; variable cuya influencia fue valorada como significativa (ver epígrafe 3.3.2.2; Diagnóstico).

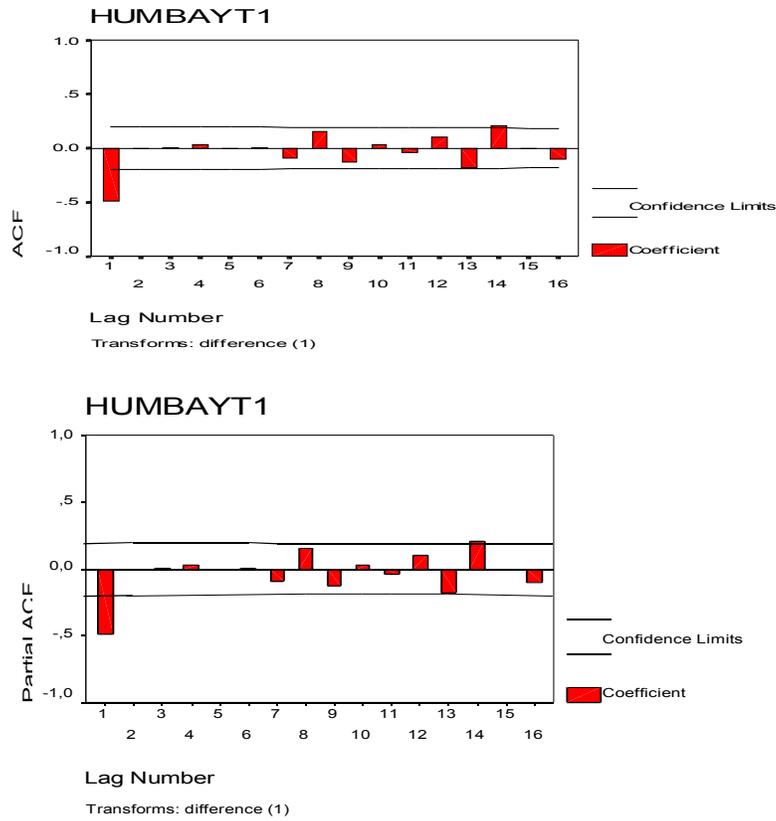


Figura 3.10. Ploteo de los ACF y PACF de la Humedad del bagazo.

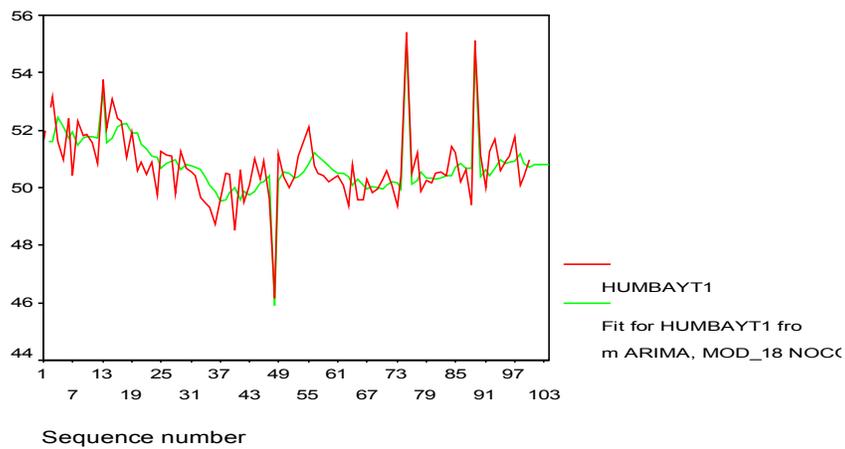


Figura 3.11. Ploteo de la serie y el ajuste del modelo de la Humedad del bagazo.

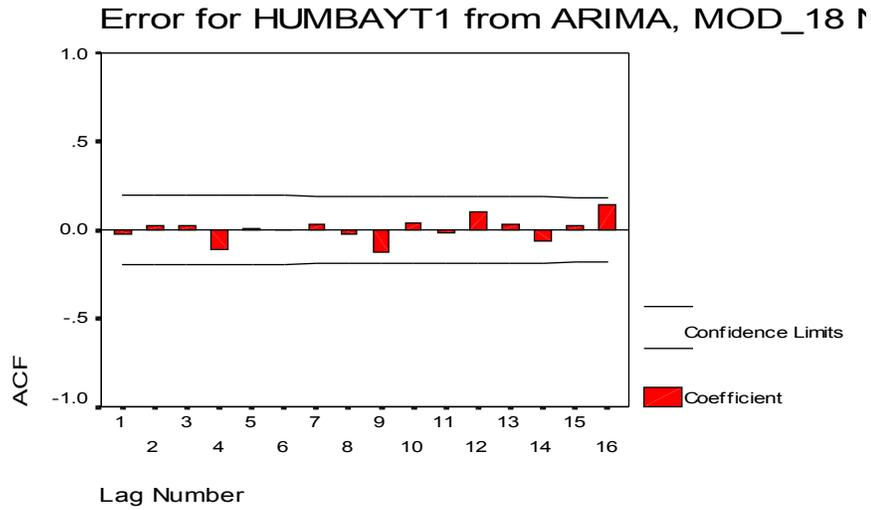


Figura 3.12. Ploteo de los residuales de la Humedad del bagazo.

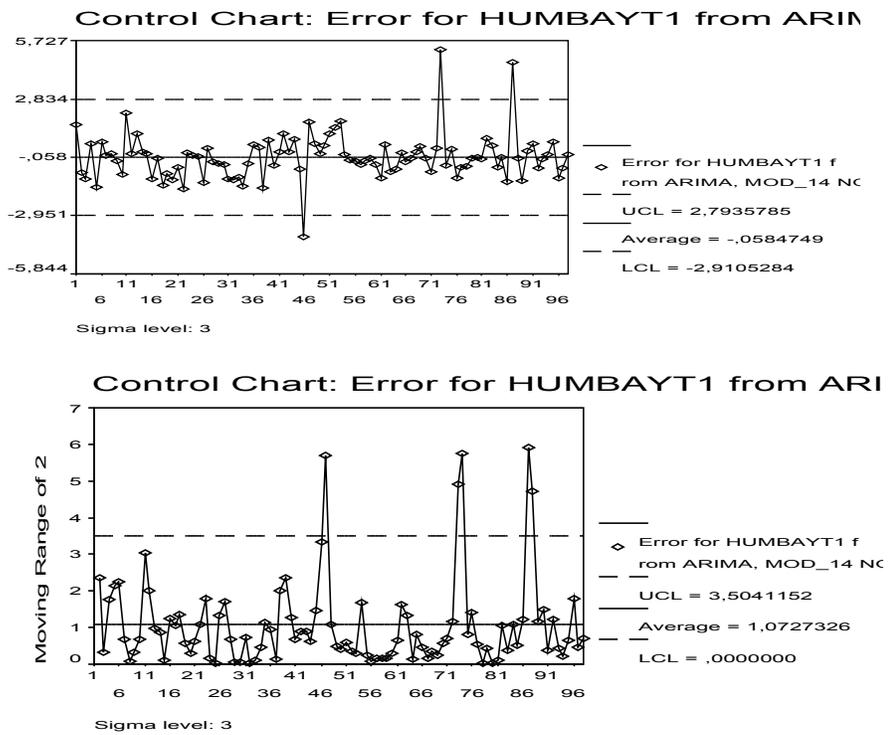


Figura 3.13. Gráficos de Control residual con causas asignables (intervenciones) en el modelo.

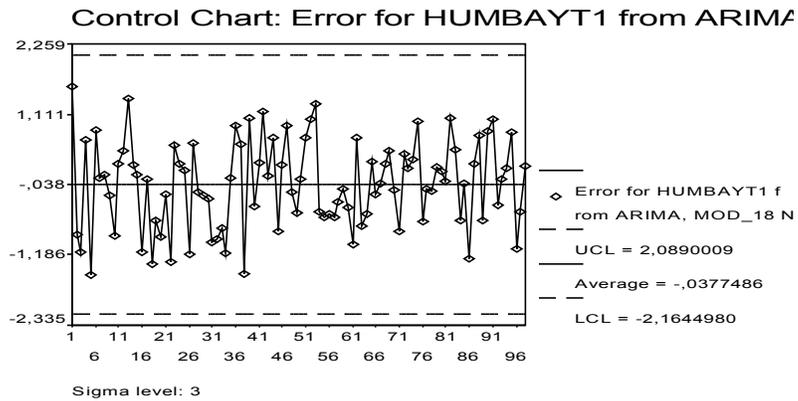


Figura 3.14. Gráficos de Control, estabilidad lograda con el análisis de intervención.

Los **Modelos que caracterizan el proceso** a través de las variables analizadas son los siguientes:

Humedad del bagazo. Modelo ARIMA (0,1,1) o IMA

$$y_t^D = 0.7149062e_{t-1} - 4.2994145I_{48} + 5.0834864I_{75} + 4.5075891I_{89} + 1.978298I_{13} \quad [3.1]$$

donde: I_{48} ; I_{75} ; I_{89} y I_{13} , representan las intervenciones detectadas (ver figura 3.12).

Pol del bagazo. Modelo ARIMA (1,0,0) ó AR(1)

$$y_t - 2,2368327 = 0,2558779(y_{t-1} - 2,2368327) + 0,5789739 I_{40} + 0,4082613 I_{44} + 0,3423024 I_{16} + 0,348713 I_{18} + 0,2330837 I_{10} + 0,2922066 I_{39} \quad [3.2]$$

donde: I_{40} ; I_{44} ; I_{16} ; I_{18} ; I_{10} y I_{39} , representan las intervenciones detectadas (ver Anexo 36).

En la Tabla 3.6, se muestran los parámetros que caracterizan los modelos de cada serie y el porcentaje de reducción de la variabilidad en el proceso, lograda con la aplicación de la metodología de Box- Jenkins, el análisis de intervención y la evaluación de las entradas dinámicas, así como los coeficientes autorregresivos y de medias móviles, el estadígrafo *Durbin Watson* (DW) y la prueba de significación de homogeneidad de varianza *Leven*, según el reporte que brinda el *SPSS* v.11.

Tabla 3.6. Resumen de los parámetros de los modelos obtenidos para cada variable

<i>FINAL PARAMETERS / Variables</i>	Humedad del bagazo	Pol del bagazo
<i>Number of residuals</i>	98	73
<i>Log likelihood</i>	-105,76507	73,619371
<i>AIC (Akaike information criterion)</i>	221,53013	-131,23874
<i>SBC (Schwartz Bayesian Criterion)</i>	234,45497	-112,91507
<i>Initial Standard error</i>	1,1346052	0,1391749
<i>Final Standard error</i>	0,7275653	0,09319682
Porcentaje de reducción de variabilidad	35,86%	33,04%
<i>FIT Error Statistics</i>		
<i>Error Variable</i>	ERR 19	ERR 28
<i>Observed Variable</i>	HUMBAYT1	POLBAYT
<i>N of Cases</i>	98	73
<i>Deg Freedom</i>	93	65
<i>Mean Error</i>	-,0377	-,0002
<i>Mean Abs Error</i>	,5916	,0608
<i>Mean Pct Error</i>	-,0911	-,1687
<i>Mean Abs Pct Err</i>	1,1672	2,6908
<i>SSE (Mean Squared Error)</i>	50,4256	,5647
<i>MSE (Root Mean Square Error)</i>	,5422	,0087
<i>MA Coefficient</i>	0,7149062	-
<i>ARI Coefficient</i>	-	0,2558779
<i>Durbin-Watson</i>	1,9874	0,4622
<i>Sig. Levene Statistic</i>	0,175	0,032

Fuente: Elaboración propia.

A partir del análisis de los resultados anteriores, se evaluó la estabilidad aparente para las variables en estudio. Se obtuvo en el caso de la Humedad del bagazo, **estabilidad** aparente, ver figura 3.15 (se muestra sólo el gráfico de control X, se utilizó un X-Rm), de esta forma se caracteriza el **Escenario 3** del proceso industrial de la caña de azúcar, en la empresa azucarera “Melanio Hernández”, es decir, el proceso tiene estabilidad aparente y poca autocorrelación (estadígrafo DW=1,98), que no representa una reducción significativa de variabilidad (prueba *Levene* con valor de 0,175) (ver Tabla 3.5). La **estabilidad** aparente y los incrementos de eficiencia obtenidos a través de esta variable (epígrafe 3.3.2.2.) requieren de acciones para **Mantener la estabilidad y la eficiencia (III.2)**.

Mientras la variable Pol del bagazo califica en el **Escenario 2** para lo cual se requiere de la ejecución de una estrategia de ajuste y regulación del proceso dinámico, que permita actuar sobre la variabilidad que está provocando la presencia de autocorrelación.

Estos resultados constituyen un aporte al conocimiento de este proceso industrial y explican la necesidad del empleo de métodos de control de proceso en correspondencia con los comportamientos de la variables, para con ello establecer acciones dirigidas a explorar en potencialidades de mejora a través de la reducción de la variabilidad, que contribuyan a la

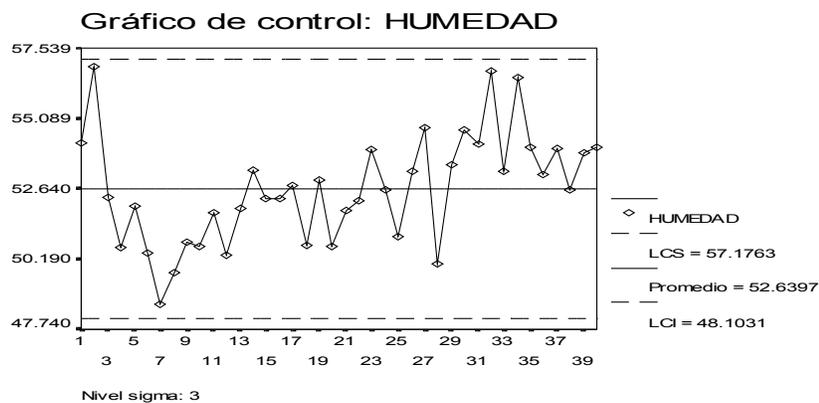


Figura 3.15. Gráfico de control (X) Humedad en bagazo (Rm=2).

Fuente: Elaboración propia

efectividad del desempeño en la etapa y en el proceso en su conjunto.

III.1 Estrategia para el ajuste y regulación del proceso dinámico

Un proceso con autocorrelación significativa, como se evidenció en la variable Pol de bagazo, requiere de la integración de herramientas de monitoreo y regulación basadas en la inercia del proceso; para su desarrollo se procede según se establece en el procedimiento mostrado en la figura 2.10.

3.3.3.2 Ejecución de la estrategia para el ajuste y regulación en el área de extracción en la empresa azucarera “Melanio Hernández”

El grupo de parámetros de proceso (factores), que se incorporan al diseño experimental, teniendo en cuenta la prioridad en el esquema de control (epígrafe 3.3.1.1), son la Presión Hidráulica (PH), Velocidad de las Máquinas (VELOC); parámetros que junto a la

Temperatura y Cantidad de Agua de Imbibición, así como la Molida Horaria, el equipo ad hoc los señaló en el diagnóstico (epígrafe 3.3.2.2), como esenciales para la estabilidad del proceso. La variable Pol del bagazo (variable respuesta), constituye la variable que entra a la estrategia para el ajuste y regulación para procesos dinámicos, al caracterizar el **Escenario 2**.

En el experimento de diseño compuesto central (Anexo 15) con cinco niveles (-1, 1, 0, + α , - α), para los factores seleccionados, se muestra en el Anexo 37, a través de la matriz de diseño codificada y aleatorizada.

Paso 1. Aplicación del diseño experimental y patrones característicos del proceso industrial

Con el diseño compuesto central se obtuvieron las relaciones significativas entre los parámetros del proceso: X_1 : Molida; X_2 : Cantidad de agua de imbibición (% de fibra en caña); X_3 : Temperatura del agua de Imbibición; X_4 : Velocidad de las máquinas; X_5 : Presión hidráulica y la variable Pol del bagazo, así como las condiciones óptimas de operación para establecer los patrones de comportamiento. El trabajo con las unidades de medida se realizó de acuerdo a las unidades derivadas del Sistema Internacional (SI) que son empleadas por los especialistas de la industria (ver Tabla 3.7).

Tabla 3.7. Tabla explicativa de las unidades de medida empleadas en la realización del diseño experimental

Unidades de medida	Parámetros del proceso (factores del diseño experimental)			
	X_1	X_3	X_4	X_5
Unidades derivadas del SI	@/h	°C	rev/min	lb/plg ²
(factor de conversión)	(x 0,0115)	(+ 273)	(x 0,1047 ó $2\pi/60$)	(x $6,89 \times 10^{-3}$)
SI	t/h	K	rad/s	mPa

Fuente: Elaboración propia.

Por las características de este proceso y la implicación que en la variable Pol en bagazo tiene el trabajo del tren de molida, se decidió evaluar el desempeño de la última unidad de Extracción.

Los resultados obtenidos se muestran en las ecuaciones siguientes:

[3.3]

$$\text{Pol} = 2,71 + 0,585 X_1X_2 - 0,3625X_2X_5 - 0,46875X_4X_5; \text{ R múltip } 0,7192 \quad [3.4]$$

$$\text{Pol} = 1,933 + 0,585 X_1X_2 + 0,857917X_1^2 - 0,3625X_2X_5 - 0,46875X_4X_5; \text{ R múltipn } 0,8575 \quad [3.5]$$

$$\text{Extracción de la última unidad} = 45,255 - 2,9093 X_1 + 4,1343X_1X_5 + 2,708X_2X_5; \text{ R múltip } 0,786$$

En la ecuación 3.3, la Pol en bagazo presenta el intercepto en 2,71 %; comportamiento que ubica al proceso en el entorno del problema crónico (valores superiores al 2 %). Esta situación se provoca al utilizar niveles extremos en los parámetros de proceso, durante la ejecución del experimento (+ α , - α), los cuales no son válidos para ejecutar la estrategia para el ajuste y regulación y demuestra la implicación que sobre el desempeño del proceso tiene operar, para cumplir metas de producción obviando la calidad y el costo. Ante esta situación se decidió trabajar sólo con el primer bloque de la matriz de diseño (no incluye los valores extremos) y se obtuvo la ecuación 3.4, con intercepto en 1,933; valor que se corresponde con la reducción del problema crónico (epígrafe 3.3.2.2), por lo que constituye una ecuación válida para la estrategia a desarrollar.

El efecto negativo de la Molida Horaria (X_1), se pone de manifiesto en la ecuación 3.5, una deficiente sincronización en el tren de molida, provoca que la última unidad asuma el trabajo de las anteriores. Esta situación explica porque la Cantidad de Agua (X_2), que González Pérez (2002) define como un factor favorable para reducir el contenido de la Pol en bagazo, aquí se presenta con un efecto negativo, en la interacción con la Molida (X_2X_1) (Ecuación 3.4). Es decir un criterio establecido por la tecnología azucarera y validado en estudios recientes para la industria azucarera cubana, se tergiversa en la práctica industrial, al ignorar el papel que en la regulación del proceso juega el Control Estadístico (epígrafe 1.4.3).

Por tanto, las condiciones de operación en esta etapa del proceso industrial, no resultan apropiadas para la planificación de la calidad y la robustez de pronósticos como los que se ofrecen por González Pérez (2002); mostrado en este caso a través de la variable Pol en bagazo.

Con estos resultados, se obtuvo a través del *MATHEMATICS* los **niveles óptimos** alcanzables en las actuales condiciones de operación del tren de molida: **nivel máximo de 55,0066 % de extracción** en la última unidad (se logra a un **nivel bajo** de operación ($X_1 = 14\ 999,4$ @/h; $X_2 = 20$ % de fibra en caña; $X_5 = 3576$ lb/plg²); mientras que el **valor mínimo**,

1,10175 % de Pol en bagazo (se obtiene para un **nivel medio** de $X_1 = 16\ 666$ @/h, y **niveles alto** en: $X_2 = 32$ % de fibra en caña; $X_4 = 45$ rev/min; $X_5 = 3874,3$ lb/plg²).

Para garantizar coherencia en los niveles de los parámetros de proceso (alto, medio y bajo), se define que la meta del proceso es obtener niveles mínimos de contenido de Pol en bagazo, y por tanto la operación se establece a partir del mantenimiento del desempeño de esta variable. La presencia de la Molida Horaria (X_1) y la Presión Hidráulica (X_5), como factor principal en las interacciones de los modelos empíricos obtenidos, fundamentan la incorporación de estos parámetros de proceso, según los patrones de comportamiento, en la política de regulación, constituyen de esta forma el sistema de respuesta compensatoria de la estrategia que se propone.

Paso 2. Ejecución de la estrategia para ajuste y regulación del proceso industrial

A partir de los patrones de comportamiento de la Molida Horaria (figura 3.16) y la Presión Hidráulica (figura 3.17), se determinaron los estimados del grado de inestabilidad de ambas series, como se muestra en la figura 3.18 para la Molida Horaria y en la figura 3.19 para la Presión Hidráulica, según los supuestos de Box & Luceño (1997), con los cuales se desarrollan las herramientas a utilizar en la ejecución de la estrategia para ajuste y regulación (ver Anexos 38 y 39). En la Tabla 3.8 se resumen las características estadísticas a considerar en la evaluación de la efectividad de la política de regulación, los datos se corresponden con los patrones analizados.

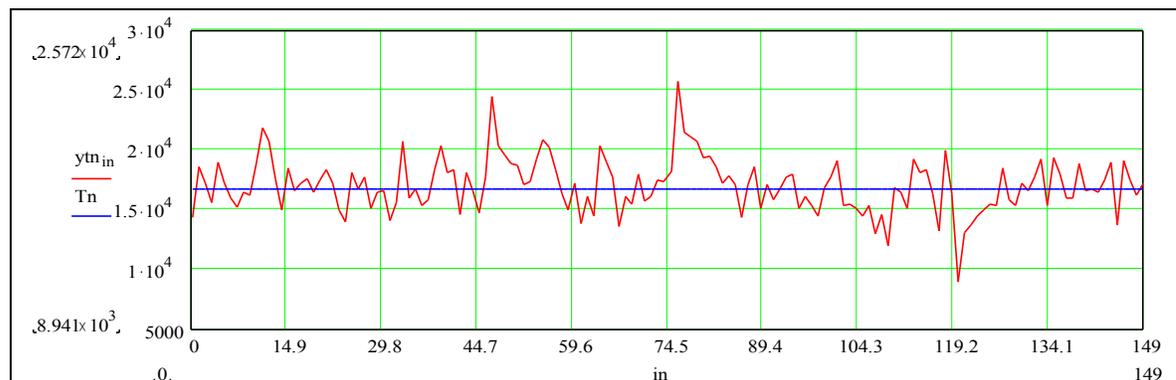


Figura 3.16. Patrón de comportamiento de la serie (Molida Horaria)

Eje Y: valores de la Molida Horaria; Eje X: observaciones;

Y_m : serie real;

T_n : valor nominal.

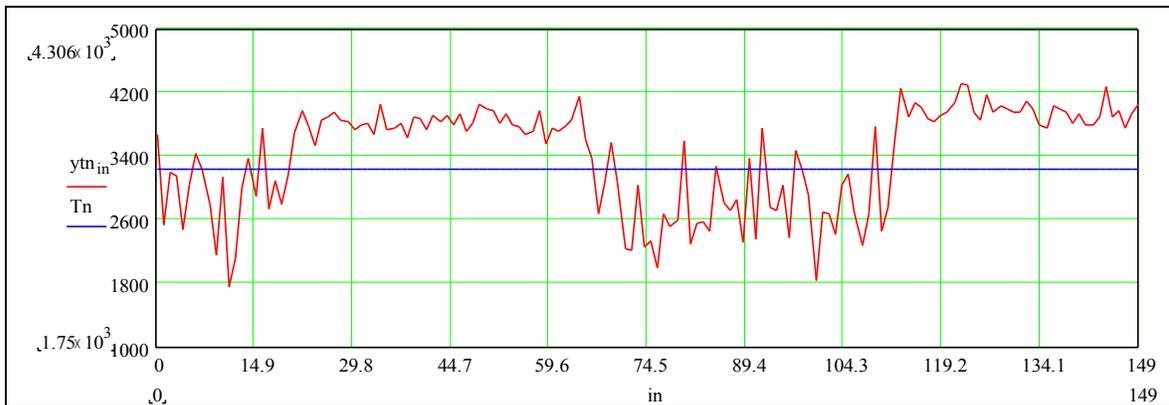


Figura 3.17. Patrón de comportamiento de la serie (Presión Hidráulica)
 Eje Y: valores de la Presión Hidráulica; Eje X: observaciones;
 Y_{tn} : serie real;
 T_n : valor nominal.

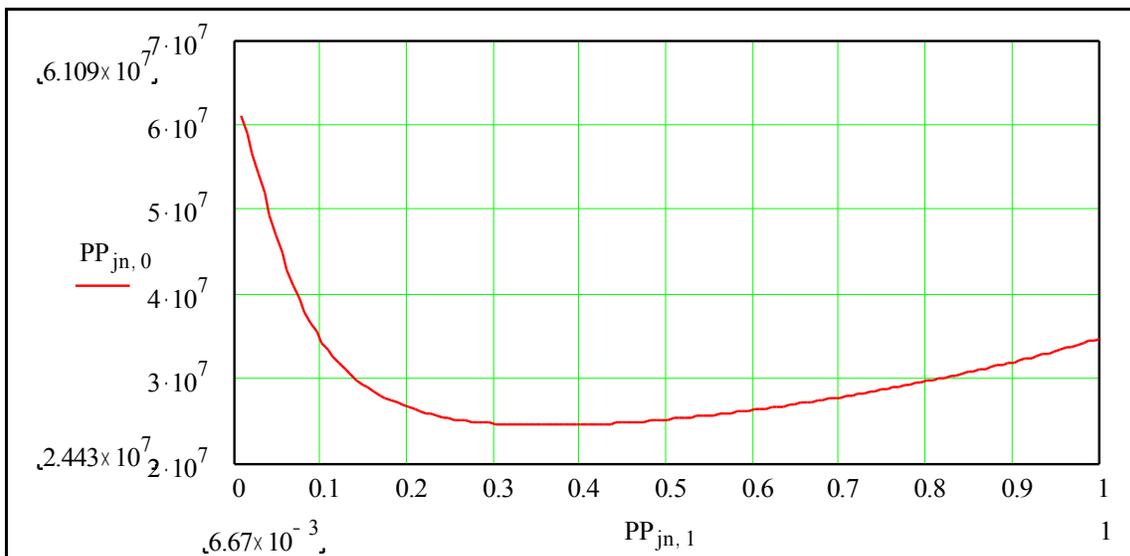


Figura 3.18. Grado de inestabilidad (λ_0) que hace mínimo el MMSE. Valor óptimo de $\lambda = 0,2533$ (Molida Horaria).

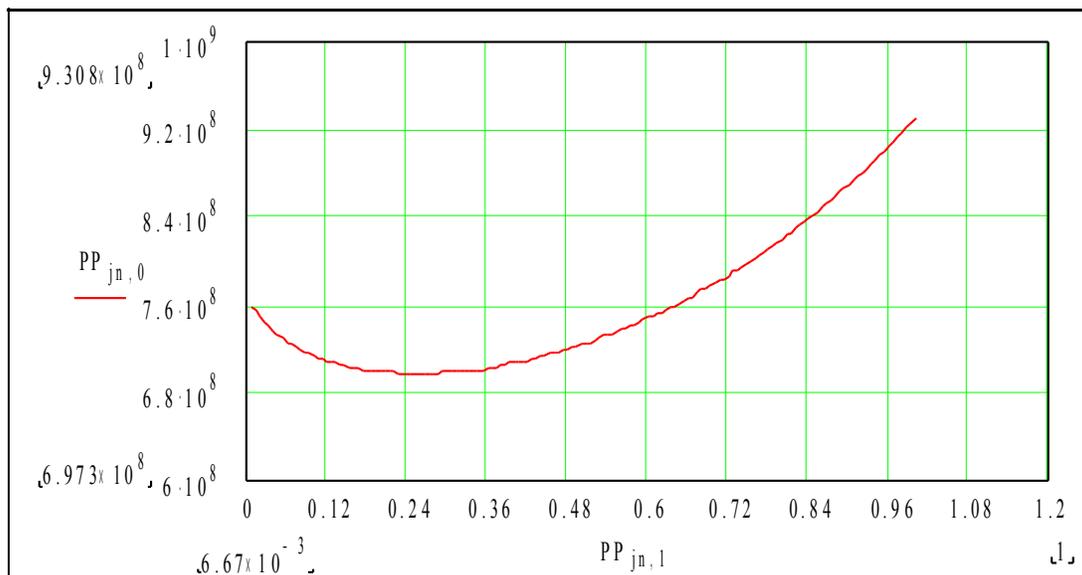


Figura 3.19. Grado de inestabilidad (λ_0) que hace mínimo el *MMSE*. Valor óptimo de $\lambda = 0,36$ (Presión Hidráulica).

Tabla 3.8. Características estadísticas de la política de regulación

Parámetros de proceso	λ	Dead Band (L)	Número óptimo de regulaciones
Molida Horaria	0,2533	1,265	8
Presión Hidráulica	0,36	0,735	10

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados anteriores, obtenidos con los patrones de comportamiento de la Molida Horaria y la Presión Hidráulica, sirvieron de información base para realizar un grupo de simulaciones (ver ejemplos Anexo 40), que permitieron obtener las funciones mostradas en las figuras 3.20 y 3.21, en las cuales se presentan las relaciones entre las características estadísticas a considerar en la evaluación de la efectividad de la política de regulación.

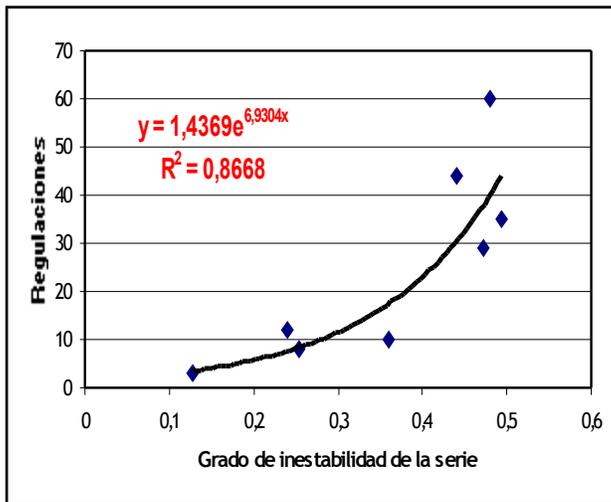


Figura 3.20. Relación exponencial entre el grado de inestabilidad de la serie (λ) y el número de regulaciones óptima. Fuente: Elaboración propia

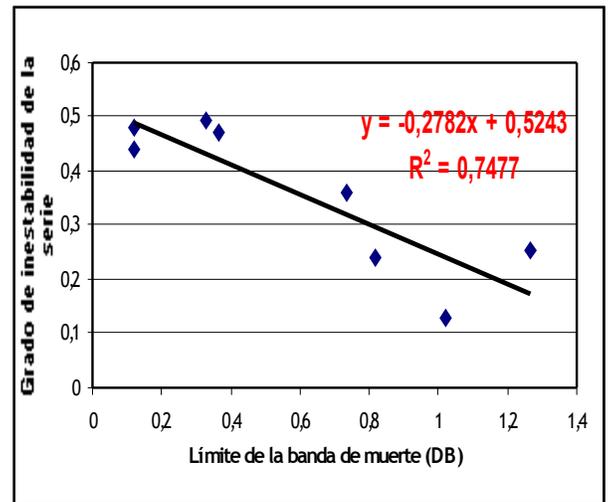


Figura 3.21. Relación lineal entre el grado de inestabilidad de la serie (λ) y la amplitud para la Dead Band. Fuente: Elaboración propia

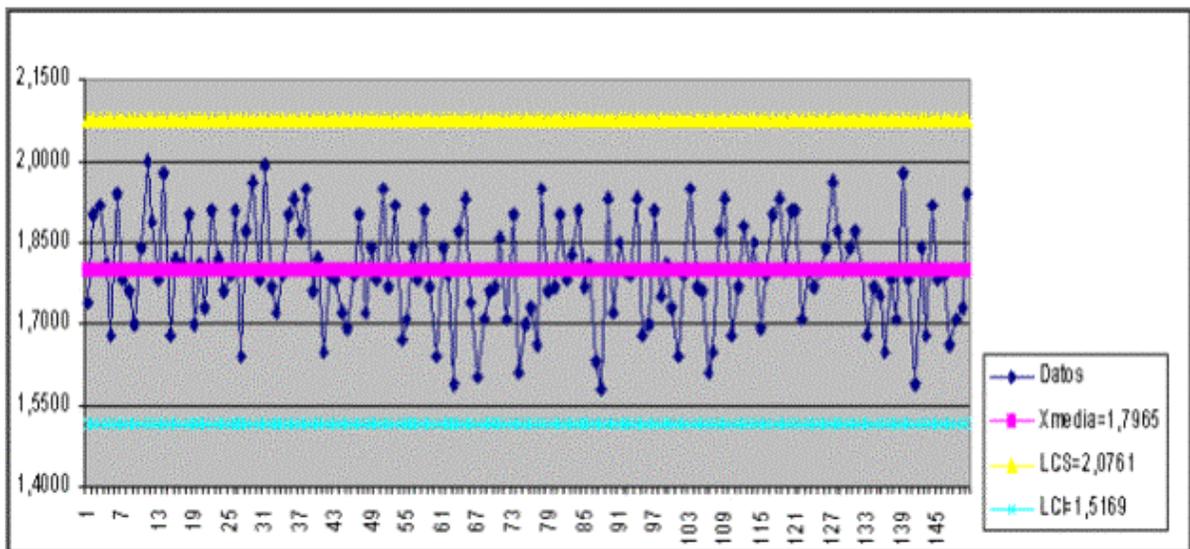


Figura 3.22. Gráfico de Control (X) de la Pol en bagazo. Escenario 3 que valida el procedimiento para establecer el ajuste y regulación del proceso con inercia. Fuente: Elaboración propia

La información que se obtuvo de las funciones anteriores, facilitó desde el punto de vista operativo al personal del proceso, proyectar el ajuste y regulación del proceso con inercia, para minimizar la variabilidad de salida. De esta forma se validó la robustez del procedimiento, con la ejecución de la estrategia a partir de los parámetros de proceso: Molida

Horaria y la Presión Hidráulica (ver Anexos 41 y 42), para la variable Pol en bagazo, de la que resultó la figura 3.22 (representativa escenario deseado, el **Escenario 3**).

III.2 Acciones de mantenimiento. Preservar la estabilidad y mejoras en la eficiencia industrial

El escenario deseado correspondiente a un **Proceso con estabilidad aparente y autocorrelación no significativa**, se obtuvo en esta investigación, para la Humedad del bagazo; por lo que estas acciones constituyen una alternativa de control de proceso y se establece una vez que se logra la estabilidad aparente unido a mejoras en la eficiencia industrial, o después de ejecutado el control de la autocorrelación, a través de la Estrategia para el ajuste y regulación del proceso dinámico, como resultó el caso de la Pol en bagazo. A continuación se presentan las acciones para este escenario:

- Se establecen nuevos métodos de trabajo, teniendo en cuenta las insuficiencias detectadas Gómez Avilés et al. (2003/b/); para lo cual el personal especialista de las Salas de Análisis de la eficiencia industrial reciben una preparación relativa a: gestión de calidad (se plantean nuevos enfoques para el trabajo departamental, que incluye la propuesta de herramientas para el control de proceso (Anexo 43) (Gómez Avilés et al., 2003/a/), metodología de la investigación científica, computación aplicada y tecnología de la producción azucarera; temas todos que conforman la Especialidad Azucarera, que se imparte en el Centro de Estudio de Energía y Procesos Industriales (CEEPI) de conjunto con la facultad de Química del ISPJAE , desde el año 2000 (Colectivo de autores, 2000/b/).
- Las acciones de capacitación para el personal de operación se centran en las técnicas de comunicación y trabajo de equipo con enfoque de sistema a partir de los resultados de la intervención realizada en **II.2**), lo que propicia la participación de los operarios en los debates de los cambios de turno y el reconocimiento de la relación cliente- proveedor entre los procesos involucrados.
- Se establece una nueva prioridad de roles de los directivos, para enriquecimiento de las funciones que desarrollan, lo que facilitará el desarrollo de un sistema para evaluar el desempeño de los administrativos en cada nivel (Anexo 44) (Gómez Avilés et al., 2003/a/).

3.3.4 Etapa IV. Evaluación de la efectividad de la mejora en el proceso industrial de la caña de azúcar

Con la evaluación de la efectividad del proceso, la industria tiene la posibilidad de obtener información sobre la contribución que en el desempeño del proceso, han tenido las acciones ejecutadas en la etapa objeto de mejora, seleccionada a partir del problema crónico identificado, y la alternativa para el control de proceso, según el escenario que caracteriza este nivel de conocimiento.

3.3.4.1 Evaluación del Indicador de Efectividad de la Mejora en el Proceso Industrial (EMPI)

El cálculo del indicador **EMPI**, para el área de extracción aparece en el Anexo 45, según la expresión 2.10. La evaluación que se obtiene del indicador, tanto en la ponderación de las Variables de Salida por etapas del proceso industrial (figura 3.23), como en la presentación del indicador (figura 3.24), ambos en tres períodos, muestra la mejora en la efectividad de

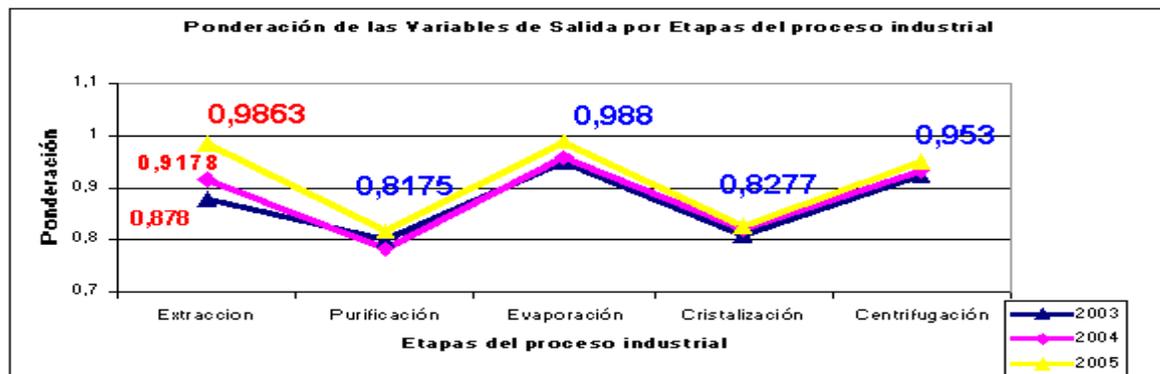


Figura 3.23. Ponderación de las Variables de Salida por etapas del proceso industrial.
Fuente: Elaboración propia

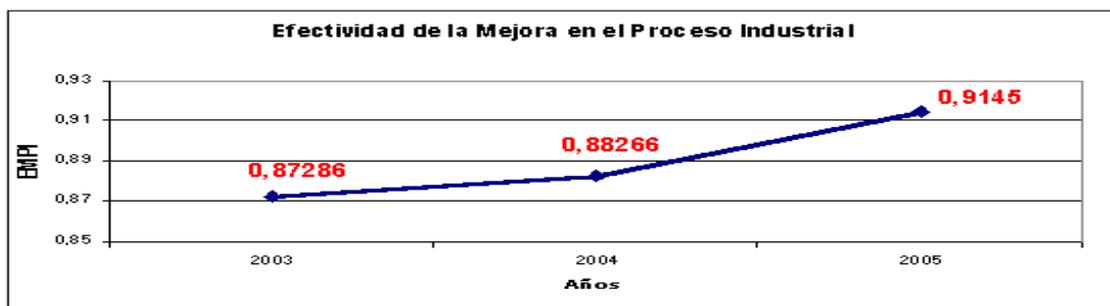


Figura 3.24. Indicador de Efectividad de la Mejora en el Proceso Industrial (EMPI)
Fuente: Elaboración propia.

forma más notable en el último año evaluado (ver figura 3.24), la cual se corresponde con la mayor ponderación lograda en el área de extracción (ver figura 3.23), en la que incidió el aprendizaje que implicó la aplicación del procedimiento, a partir de la participación y compromiso de la dirección y trabajadores con la ejecución de las acciones tanto tecnológicas, organizativas, como organizacionales, contribución que favorece a la empresa azucarera Melanio Hernández, objeto de estudio práctico de esta investigación, para involucrarse en mejor situación en los grandes cambios estructurales que experimenta la industria cubana de la caña de azúcar.

3.4 Conclusiones parciales

1. Con la aplicación experimental del procedimiento general, y a través de los procedimientos específicos que lo conforman, en procesos de la empresa azucarera “Melanio Hernández”, se demostró la factibilidad de este como instrumento para elevar los niveles de eficiencia industrial, mejorar la estabilidad y contribuir a la efectividad del proceso industrial. Todo esto permitió comprobar la hipótesis formulada en esta investigación.
2. El procedimiento específico para la Ordenación y clasificación de características tecnológicas, permitió obtener el esquema de control por grupos de clasificación prioritarios para la producción de azúcar crudo. Para la Etapa de extracción implicó: **Tres grupos para las Variables de Entrada (VE)**, con prioridad en la etapa proveedora cuando el énfasis está en la operación; **Tres grupos para los Parámetros de proceso (Pp)**, con la mayor prioridad en los vinculados con la operación directa del hombre; **Tres grupos para las Variables de Salida**, donde ningún grupo presenta alta prioridad, de esta forma se evidencia el énfasis que plantea el esquema de control, respecto a lograr calidad con el control de los grupos prioritarios de **VE** y en el control de la operación de los grupos de **Pp**,
3. El análisis cualitativo y cuantitativo de las variables organizacionales, realizado a partir de la intervención, muestra la modificación de las variables evaluadas, y la formulación del próximo trabajo interventivo, con énfasis en las subvariables del proceso organizacional (variables intermedias), que no se modificaron, para propiciar la mejora en las variables finales, cuya percepción sigue siendo insatisfactoria.

4. Se demostró que las acciones ejecutadas en el Nivel I de conocimiento, permitieron en la Etapa de Extracción, donde se identificó el problema crónico, obtener mejoras en la eficiencia industrial que representaron para la variable Pol en bagazo 221 t de azúcar base 96 recuperadas, valoradas en \$ 72 970,00; y en el Nivel II, 224 t, para un \$ 73 920,00; reducción del contenido de Pol, que permitió definir un nuevo objetivo para esta variable en la empresa 1,90 %. Se logró un incremento del valor calórico del bagazo equivalente a 603 t fuel oil, que significan \$ 147 095,21, para el caso de la Humedad del bagazo.
5. La ejecución del control de proceso a través de escenarios, y la identificación de dos de estos, para las variables Pol en bagazo: **Escenario 2**: Proceso con autocorrelación significativa; la Humedad en bagazo: **Escenario 3**: Proceso con estabilidad aparente y autocorrelación no significativa; constituye un aporte al conocimiento del proceso industrial azucarero y explican la necesidad del empleo de métodos de control de proceso en correspondencia con los comportamientos de la variables, para con ello establecer acciones dirigidas a una mejora real, que contribuyan a la efectividad del desempeño en la etapa y del proceso en su conjunto.
6. La obtención los parámetros óptimos de operación para la: molida horaria, presión hidráulica en un tren de molida a partir de un diseño experimental con superficie de respuesta, donde se establece la ecuación de dependencia para la Pol en bagazo; permitió obtener los patrones de comportamiento a utilizar en el desarrollo de la estrategia de ajuste y regulación para el proceso dinámico, que se establece para el **Escenario 2**, identificado. Lo anterior constituye un aporte a la integración del Control Estadístico y la Ingeniería de Control de Proceso en la industria de la caña de azúcar en Cuba.
7. La obtención por primera vez para la industria de la caña de azúcar en Cuba, de una relación exponencial entre de grado de inestabilidad de la serie y el número de regulaciones óptimo, así como la relación lineal del grado de inestabilidad de la serie, con los límites para la regulación, constituyen relaciones que desde el punto de vista operativo, facilitan al personal del proceso realizar estimaciones de características estadísticas importantes, que definen la efectividad de la política de la regulación, dirigida a minimizar la variabilidad de salida, en variables con comportamientos propios del **Escenario 2**.
- 8.

El cálculo del indicador EMPI constituye una importante herramienta de evaluación de la efectividad de la mejora con enfoque de proceso. La evaluación en tres períodos, muestra la madurez, que se logra al validar el procedimiento; de esta forma la etapa de Extracción, objeto de estudio de la mejora, presenta un incremento sostenido en la efectividad: 87,8%; 91,78%; 98,65%. Situación que se revierte positivamente en el proceso en su conjunto, con resultados en el primer año de 87,28%, que mejora discretamente en el segundo a 88,26% y con mayor visibilidad en el tercero con un valor de 91,45%.

CONCLUSIONES GENERALES

1. Se evidenció a través del análisis bibliográfico que, el desarrollo de investigaciones donde se vinculen herramientas para el control y mejora de procesos industriales y estudios organizacionales, en diferentes entornos, resulta importante para reducir la brecha entre los estudios teóricos sobre calidad y los resultados reales que se alcanzan en el ámbito empresarial; aspectos cuya integración no cuenta por referencias en la industria cubana de la caña de azúcar para mejorar los niveles actuales de estabilidad del proceso y de eficiencia industrial.
2. El procedimiento para la mejora de la calidad del proceso industrial cubano de la caña de azúcar, validado de forma experimental en el área de extracción, resultó una alternativa novedosa en este contexto, al presentar una estructura de procedimientos específicos, donde se integran herramientas de: Ingeniería y Gestión de la Calidad, las Matemáticas Aplicadas e Informática, para el desarrollo de prácticas de calidad con enfoque de proceso, que requirió de los involucrados: directivos, especialistas y obreros, su capacitación en las técnicas a aplicar, según los niveles de conocimiento que se logran del proceso, lo cual contribuyó a la integración de indicadores de eficiencia y estabilidad, así como a la evaluación de la efectividad de la mejora realizada en el proceso industrial.
3. Se demostró la utilidad que, la ordenación y clasificación de características tecnológicas basada en la concepción cliente- proveedor y elementos del Paradigma Decisional Multicriterio, mediante la aplicación de los instrumentos propuestos, para enfrentar las estrategias de diversificación de la producción industrial y diferentes exigencias impuestas por el mercado, a la industria cubana de la caña de azúcar, con la propuesta de un esquema de control para el área de extracción, que tuvo en cuenta las relaciones más importantes y prioritarias para la producción de azúcar crudo.
4. Se obtuvo una propuesta para ejecutar el control de proceso basada en la identificación de escenarios, de los cuales, dos se desarrollaron a través de las variables: Pol y Humedad del bagazo, demostrándose que el proceso industrial cubano de la caña de azúcar, presenta variables con comportamientos que requieren diferentes estrategias de control, para actuar sobre reservas de mejora, que en particular integren el Control Estadístico y la Ingeniería de Control de Proceso, considerando las características dinámicas del mismo.

5. Se demostró al vincular elementos del Paradigma Decisional Multicriterio con los resultados reales del proceso, que es posible obtener, para el nivel de conocimiento del desempeño del mismo, un indicador de evaluación de la efectividad de la mejora, teniendo en cuenta la prioridad de las variables características del proceso industrial de la caña de azúcar, bajo la concepción cliente- proveedor, de acuerdo a la nomenclatura de producción. La evaluación se manifiesta de forma incremental para tres momentos de la aplicación del procedimiento, en el 2003 un 87,28%; para el 2004, 88,26%, y en el 2005, 91,45 %; resultados que demuestran la efectividad de las mejoras realizadas en el área de extracción y la validez del procedimiento propuesto en esta Tesis Doctoral.

RECOMENDACIONES

1. Extender la aplicación de los procedimientos a otras etapas del proceso industrial de la caña de azúcar, vinculadas con un problema crónico que afecte los actuales niveles de desempeño.
2. Desarrollar aplicaciones de los procedimientos propuestos y validados en esta investigación en otras industrias de proceso del país, interesadas en profundizar en el conocimiento de sus procesos, para contribuir a la estabilidad, eficiencia y evaluación de la efectividad del desempeño de los mismos.
3. Utilizar los resultados obtenidos con la aplicación de la estrategia de ajuste y regulación del proceso dinámico para proyectar alternativas de control “on line” del proceso industrial de la caña de azúcar, que permita complementar los estudios realizados.
4. Desarrollar un software que permita integrar los elementos del Paradigma Decisional Multicriterio al control “on line” como una contribución a la gestión de proceso que demanda la industria de la caña de azúcar..

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Abreu García, J., *et al.* (1980). “Modelación dinámica del tren de molinos de un central azucarero”, en *Revista Centro Azúcar*, Año VII, No. 2, pp. 29- 42.
2. Abreu Ledón, R. (2004). “Modelo y procedimiento para la toma de decisiones de inversión sobre el equipamiento productivo en empresas manufactureras cubanas”. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias empresariales, UCLV, Santa Clara.
3. Alabart Pino, Y. & Portuondo Vélez, A. L. (2004). “Propuesta metodológica para el Diagnóstico de la Cultura Organizacional.Principales aplicaciones en el sector empresarial cubano”, en <http://www.monografía.com/> (revisado en enero de 2004).
4. Alexander, G. A. (2001). *La mala calidad y su costo*. Adisson – Wesley Iberoamericana, S.A.
5. Alwan, L. C. & Robert, H. V. (1988). “Times-Series Modeling for Statistical Process Control”, en *Journal of Business*. Edition Economic Statistical 6, pp. 87-95.
6. Alwan, L. C. & Roberts, H. V. (1995). “The Problem with Misplaced Control Limits”, en *Applied Statistica*,. 44, pp. 269- 278.
7. Arcelus, J. F. & Rahim A. M. (1996). “Reducing Performance Variation in the Canning Problem. Theory and Methodology”, en *European Journal of operational research*, 94, pp. 477- 487.
8. Asencio Garcia, J. & Kalifa, K. (1994). “Metodología para la toma de decisiones en un entorno competitivo en los modelos de producción- transporte”, en *Informe de investigación terminada*, UCLV.
9. ASQ (2004/a/). “Evaluation and Decision-Making Tools. Excerpted from Nancy R. Tague’s The Quality Toolbox, Second Edition”, en *Quality Press*, ASQ.
10. ASQ (2004/b/). “Seven New Management and Planning Tools. Excerpted from Nancy R. Tague’s The Quality Toolbox, Second Edition”, en *Quality Press*, ASQ.
11. ASQ (2004/c/). “Continuous Improvement. Basic Concepts. American Society for Quality (ASQ)”, en *Learn About Quality Continuous Improvement.htm*.
12. ASQ (2004/d/).”The Ideal Choice for Six Sigma Professionals”, en *Qualityamerica.co*, Copyright © 1995-2004. Quality America Inc. All. (revisado en mayo de 2004).
13. ASQ (2004/e/). “Six Sigma Software Suite provides the tools you need to attain the six sigma level of process performance”, en *Qualityamerica.com*, Copyright © 1995-2004. Quality America Inc. All. (revisado en mayo de 2004)
14. ASQ (2004/f/). “Quality America's newest solution to your company's needs”, en *Qualityamerica.co*, Copyright © 1995-2004. Quality America Inc. All. (revisado en mayo de 2004).
15. ASQ (2004/g/). “An Excel based SPC product that combines the power of SPC analysis with the simplicity of Microsoft© Excel”, en *Qualityamerica.com*, Copyright © 1995-2004. Quality America Inc. All. (revisado en mayo de 2004).

16. ASQ (2004/h/). "Our desktop Statistical Process Control (SPC) Software Package", en *Qualityamerica.co*, Copyright © 1995-2004. Quality America Inc. All. (revisado en mayo de 2004).
17. Barba- Romero Casillas, S & Pomerol, J.C. (1997). *Decisiones multicriterio*. Colección de Economía, Universidad de Alcalá.
18. Borroto Nordelo, A., et al. (2000). "Gestión energética integral en la agroindustria de la caña de azúcar", *trabajo presentado en el evento internacional de energía del MINAZ*, La Habana.
19. Bou Llusar, J.C & Camisón Zornoza, C. (2002). "Development and Validation of a Perceived Business Quality Measurement Instrument", en *Quality Management Journal*, Vol. 9, No. 4, ASQ, pp:23- 38.
20. Box, G. E. P., Jenkins, G. M. & Reinsel, G. C. (1994). *Time Series Analysis, Forecasting and Control, Intervention Analysis Models and Outlier Detection*, 3ra ed., Ed. Prentice Hall, Englewood Cliffs, New York, Cap 12.
21. Box, G. & Luceño, A. (1997). *Statistical Control by Monitoring and Feedback Adjustment* (copia electrónica).
22. Burr, W. I. (1967). "The Effect of Non- Normality on Constants for X and R Charts", en *Industrial Quality Control*, May, pp. 563- 568.
23. Cabrera, G. A. (1999). "Clima organizacional en empresas chilenas", en <http://www2.uel.br/ccb/psicología/revista/oclima.htm>, Vol. 1, No. 2 (revisado en enero de 2002)
24. Cantú Delgado, H. (2001). *Desarrollo de una cultura de calidad*. Ed. Mc. Graw Hill Interamericana, México.
25. Carrazana Ruiz, L. (1987). *Análisis agroindustrial azucarero. Teoría y práctica*. Ed. Pueblo y Educación, La Habana.
26. Castellano Castillo, J.R. & González Ramirez, R. (2000). "La competitividad y la agroindustria azucarera cubana", en *Revista Centro Azúcar*, Año 27, No. 1, pp. 44- 46.
27. Cardoso Romero, G. (1993). "Contribución a la modelación estadística de procesos de la industria química". Tesis Doctoral. Facultad de Matemática- Cibernética, UCLV, Santa Clara.
28. Carman, J. M. (1990), 1990. "Consumer perceptions of service quality: An assessment of the SERVQUAL dimensions", en *Journal of Retailing*, 66. No.1, pp. 33- 55..
29. Colectivo de autores (2000). *Compendio Metodológico sobre política laboral*. (Parte I). Servicio de Publicaciones del Instituto de Estudios e Investigaciones del Trabajo, La Habana.
30. Colectivo de autores (2000/b/). "Programa de la especialidad azucarera". *Facultad de Química, ISPJAE*, La Habana.
31. Colectivo de autores (2006). "Consideraciones generales sobre el acondicionamiento de ingenios existentes para su vinculación con destilerías de alcohol". *Documento MINAZ*, Grupo Alcohol, 13 de junio.
32. Corujo M.E (1999). "Estudio de las principales variables tecnológicas que influyen sobre las pérdidas en miel final en el central Melanio Hernández". Trabajo de Diploma. Facultad Química- Farmacia, UCLV, Santa Clara.

33. Cuestas Santos, A. (1997). *Tecnología de la gestión de recursos humanos*. Ed. ISPJAE, La Habana.
34. De la Cruz Soriano, R. (2001). “Aplicación del análisis complejo de procesos en el análisis de alternativas de integración del complejo agroindustrial Melanio Hernández y la Destilería Paraiso”. Tesis Doctoral. Facultad Química-Farmacia, UCLV, Santa Clara.
35. Eeaoc (2003). “Sección química de productos agroindustriales” en <http://www.eeaoc.org.ar/servicios%20química.htm> (revisado en octubre de 2003)
36. Erjavec, J., Lawson, J. & Madrigal, J. L (2000). *Estrategias experimentales para el mejoramiento de la calidad en la industria*. Ed. Iberoamérica.
37. FAO (2001). *Manual de capacitación sobre higiene de los alimentos y sobre el Sistema de Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control (APPCC)*. Sistemas de calidad e inocuidad de los alimentos. Ministerio de Sanidad y Consumo. Ed. FAO.
38. Fardales Pérez, J & Gómez Avilés, B. (2005). “Registro informático 1473- 2005 Software MULTI- CRID” en CENDA, La Habana.
39. Fariñas, M. (1986). “Control de calidad en la industria azucarera”. Ed. MES, ENSPES, La Habana.
40. Flores, R. (2004). “Estudio de clima organizacional para Petróleos Mexicanos- Exploración y Producción. Centro de Sistemas de Conocimientos”, en <http://www.mty.itesm.mx/died/ddre/transferecia/Transferencia44/NG09.ht> (revisado en septiembre de 2004).
41. Freeman, C. (1982). “The Economic of Industrial Innovation”. Ed. Cambridge, Massachusetts, The MIT Press, U.S.A.
42. Ferreira, N. P. & Disla, C. L. (2003). “Cultura organizacional”, en <http://www.monografía.com/> (revisado en enero de 2004).
43. Gálvez Taupier, L. (2003). “Entrevista realizada a Luis Galvez Taupier, representante del Ministerio de la Industria Azucarera, sobre cuestiones generales de este organismo”, en <http://www.maisymais.com/MaisNot/mym5/html/galvez-e.htm> (revisado en febrero de 2004).
44. Gálvez Taupier, L. (2006). “Entrevista realizada a Luis Galvez Taupier, presidente del comité organizador del evento Diversificación 2006”, en NTV, 21 de junio de 2006, La Habana.
45. Gnass B. (1998).”Técnicas de intervención en procesos de cambio organizacional”, en <http://www.monografía.com/> (revisado en enero de 2002)
46. Gómez Avilés, B, Pons Murguía, R. & Romero Romero, O. (2002). “Estudio de caso en procesos de un central azucarero, a través de un procedimiento para el mejoramiento de la calidad”, en *Revista Centro Azúcar*, No. 4, pp. 43-53.
47. Gómez, A. B. et al. (2003/a/). “Procedimiento diagnóstico para la gestión de proceso en el central Melanio Hernández”. Premio CITMA Provincial, Sancti Spiritus.
48. Gómez Avilés, B., Romero Romero, O. & Merlos Ramirez, M. (2003/b/). “Las Salas de Control y Análisis de la Eficiencia en la industria azucarera. Una mirada hacia la Calidad”, en *Revista Centro Azúcar*, No. 4, p.18- 28.

49. Gómez Avilés, B. et al. (2003/c/). “Informe de rendición de cuenta del proyecto: Procedimiento para el mejoramiento de la calidad en la gestión de proceso en la industria azucarera”, del Centro de Estudio de Energía y Procesos Industriales (CEEPI). GEPROY, CITMA, La Habana, noviembre.
50. Gómez Avilés, B. et al. (2004/a/). Informe de rendición de cuenta del proyecto: Procedimiento para el mejoramiento de la calidad en la gestión de proceso en la industria azucarera”, del (CEEPI), GEPROY, CITMA, La Habana, noviembre.
51. Gómez Dorta, R. (2001). “Procedimientos para el mejoramiento de la calidad de generación y el consumo de energía”. Tesis Doctoral. Facultad INDECO, UCLV, Santa Clara (Universidad “Carlos Rafael Rodríguez” de Cienfuegos).
52. González Pérez, F. (2002). “Control operacional de algunos factores agroindustriales que afectan la cogeneración en ingenios azucareros”. Tesis Doctoral. Facultad de Mecánica, Universidad “Carlos Rafael Rodríguez” de Cienfuegos.
53. González, Y & Rodríguez, O (2003). “Efecto del diatraea saccharalis (fab) sobre la calidad del jugo de la caña de azúcar”, en <http://www.santiago.cu/epica/PROTPLANTAS.html> (revisado en octubre de 2003).
54. González Suarez. E. & Cardoso Romero. G. (1994). “Posibilidades de modelación matemática en la estimación del efecto de diferentes variedades de caña en el proceso tecnológico”, en *Revista Centro Azúcar*, Año 21, N° 2, p.76-80.
55. González Suarez, E. et al. (2004/a/). “Modelación matemática de la calidad de los productos en el proceso azucarero”, en *Revista Centro Azúcar*, Año 27, N° 3, pp. 51-58.
56. González Suarez, E. (2004/b/). *Consideraciones de la incertidumbre del desarrollo prospectivo mediante el incremento de la producción de etanol, de la industria de azúcar de caña*. Programa iberoamericano CYTED, Santa Clara, septiembre.
57. Grau Avalos, R. (1995). “Conferencia de series de tiempo”. UCLV.
58. Harvey, J. (2004). “PROCESS IMPROVEMENT. Match the Change Vehicle and Method To the Job”, en *Quality Progress* (revisado en octubre de 2004).
59. Hernández Sampier, R. (2003). *Metodología de la investigación*. Ed. Felix Varela, La Habana.
60. Hurtado de Mendoza F. S. (2003). “Cómo seleccionar los expertos” en <http://www.monografía.com/> (revisado diciembre de 2003)
61. ICINAZ (2006). “Desarrollos científicos en la industria azucarera”, en Programa televisivo, febrero.
62. Imai, M. (2000). *Cómo implementar el kaizen en el sitio de trabajo* (GEMA). Ed. Mc Graw- Hill/ Interamericana, Bogota, Colombia.
63. Ishikawa, K (1989). *¿Qué es el control total de calidad? La Modalidad Japonesa*. Ed. de Ciencias Sociales, La Habana.
64. ISO 9000:2000. *Sistema de gestión de la calidad. Principios fundamentales y vocabulario* (revisión de la ISO 8402:1994 y la ISO 9000-1:1994).

65. Jabnoun, N., Khalifah, A. & Yusuf, A. (2003). "Environmental Uncertainty, Strategic Orientation, and Quality Management: A Contingency Model", en *Quality Journal Management*, Vol. 10, Issue 4, ASQ, pp. 1-12.
66. Jenkins, G. H. (1988). *Introducción a la tecnología del azúcar de caña*. Ed. Revolucionaria.
67. Juran, J.M & Gryna, F. (1988). *Quality Control Handbook*. 4ta ed., New York, Ed. Mc Graw Hill.
68. Juran, J. M. (1990). *Juran y el liderazgo para la calidad*. Ed. Díaz de Santos. S.A, Madrid.
69. Juran, J.M & Gryna, F. (2001). *Quality Control Handbook*. 5ta ed., Ed. Mc Graw- Hill/ Interamericana de España, Madrid, Cap 3, 6, 13, 15, 16, 22, 27.
70. Knudsen González, J.A. (2005). "Diseño y gestión de la cadena de suministro de los residuos agroindustriales de la caña de azúcar. Aplicación a los residuo agrícolas cañeros, el bagazo y las mieles". Tesis Doctoral. Facultad de INDECO, UCLV, Santa Clara.
71. Kuchejda, K. M. (2002). "Modern Process and Lab Control as a Tool for Improvement Energy Management". *Schimidt & Heensch*, Berlín, Germany.
72. Ledón, D. J. & Tuz, X. M. (1981). "Investigación experimental y selección de los parámetros fundamentales y sus tiempos de muestreo en la industria azucarera", en *Revista Centro Azúcar*, Año VIII, Vol. 1, pp. 49-67.
73. López Figueredo, E. (2005). "Directivas para la producción de azúcares, plantas de derivados y otras producciones industriales en el MINAZ". Seminario Nacional Directores, enero.
74. Mancilla, S. M & Parra R. (1996). "Diagnóstico de clima organizacional del servicio de salud Valparaiso- San Antonio", en http://www.ssvsa.cl/96_135.html (revisado en septiembre de 2002).
75. Márques, M. N. (2001). "Estrategia de cambio en instituciones de atención primaria de salud", en *Revista Cubana Medicina General Integral*, La Habana. http://www.bvs.sld.cu/revistas/mgi/vol17_6_01/mgi1462001.htm (revisado el 10 de septiembre de 2002)
76. Marrero Delgado. F. (2001). "Procedimientos para la toma de decisiones logísticas con enfoque multicriterio en la cadena de corte, alza y transporte de la caña de azúcar. Aplicaciones en CAI de la provincia Villa Clara". Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias Empresariales, UCLV, Santa Clara.
77. Medina Macías, A. & Ávila Vidal, A. (2005). *Principales alternativas metodológicas en el abordaje socio- psicológico de las organizaciones laborales, diagnóstico organizacional e intervención*. Selección de Lecturas de Psicología Organizacional II. Ed. Felix Varela, La Habana, pp. 218- 236.
78. MINAZ (1995). "Sistema de trabajo de los cuadros por la eficiencia agroindustrial. Salas de Control y análisis". *Documento MINAZ*, La Habana.
79. MINAZ (1996). *Manual de operaciones para la producción de azúcar crudo de caña*. La Habana, 100 p.
80. MINAZ (1997). *Manual Analítico de Control Unificado (MACU) para la producción de azúcar crudo*. Tomo I. Dirección de Metrología, normalización y control de calidad, La Habana.

81. MSIRI (2000). "PROSI Magazine- July, No. 378 - Sugar Industry". At the Mauritius Sugar Industry Research Institute (MSIRI). The 2000 Sugar Technology Symposium.
82. Moen, D. R., Nolan W. & Thomas., Ll. P (2000). "Improvement of Quality" Traducción libre del cap. 1 del libro *Improving Quality Through Planned Experimentation*. Ed. McGraw-Hill, en *Quality Progress*, January.
83. Murry, C. R. (1969). "Crushing will Feeding a Review of Queensland Practice", en *Sugar Technology Rev. EUA*, 1,1, pp. 43- 69.
84. NC 85:2006. *Azúcar crudo de caña- especificaciones*. Oficina Nacional de Normalización. 1ra ed., marzo, La Habana.
85. NC 136:2002. *Sistema de Análisis de Peligro y Puntos Críticos de Control (APPCC) y las directrices para su aplicación*. Oficina Nacional de Normalización, 1ra edición, marzo, La Habana.
86. NC ISO 2200: 2005..*Sistema de Gestión de la inocuidad de los alimentos. Requisitos para cualquier organización en la cadena alimentaria*. Oficina Nacional de Normalización, 1ra ed., marzo, La Habana.
87. Nembhand, H. B., & Valverde-Ventura R. (2003). "Integrating Experimental Design and Statistical Control for Quality Improvement", en *Journal of Quality Technology*, Vol. 35, No.4, ASQ, pp. 406- 423.
88. NIST (2001). "National Institute of Standards and Technology" (NIST). Statistical Engineering Division, 7/2.
89. Nova, G. A. (2004). "Redimensionamiento y diversificación de la agroindustria azucarera cubana", en *Seminario de las catedras azucareras de las universidades cubanas*. DC Catedra Alvaro Reynoso. ISBN: 959- 16- 0257- 7, La Habana.
90. O'Farrill, Pie, M.E. (2005). "Modelo matemático del proceso discontinuo de cocción de masas cocidas de primera, para simulación, optimización y estudio de control automático". Tesis Doctoral. Facultad Química- Farmacia, UCLV, Santa Clara.
91. Oquendo Ferrer, H. (2002). Alternativas de desarrollo prospectivo de los derivados de la caña de azúcar. Tesis Doctoral. Facultad Química- Farmacia, UCLV, Santa Clara (Universidad de Camaguey).
92. ONN (2003). PR- IE. "Procedimiento para la ejecución de la inspección estatal en normalización y calidad en la agroindustria azucarera". Oficina Nacional de Normalización (ONN).
93. Orsini, Valdivia, K (2004). "Ponderación y evaluación de las principales variables tecnológicas que influyen en el proceso de obtención del azúcar en la empresa azucarera Melanio Hernández". Trabajo de Diploma. Centro Universitario "José Martí" de Sancti Spíritus.
94. OTN (2000- 2002). "Informes del resultado de la inspección estatal de la industria azucarera". Oficina Territorial de Normalización, Sancti Spíritus.
95. Ott, E. R. (1967). "Analysis of Means – A Graphical Procedure", en *Industrial Quality Control*. Milwaukee, WI, (USA), August, p.101 – 108.
96. Parasumaran, A., Zeithaml, V. & Berry, L. (1990). *Calidad total en la Gestión de Servicios*. Ed. The Free Press.
97. PCC (1997). *Resolución Económica* del V Congreso del PCC.

98. Peláez García M. (1999). Aplicación del Control Estadístico de Proceso en el análisis de variables de preparación de la caña para la extracción en seco en el central azucarero Melanio Hernández. Trabajo de Diploma. Facultad de INDECO, UCLV, Santa Clara.
99. Peláez Rodríguez, M. (2006). “Trabajos de adecuación de los centrales a un esquema de tecnología flexible”. *Documento MINAZ*, 24 de mayo.
100. Piñero, A. (2003). “La gestión en la empresa. Empresarios & Emprendedores”, en *Novedades en red. com*. Material del Ministerio de la Industria Básica. 5 p.
101. Pons Murguía, R. (1994). “Investigación y elaboración de procedimiento para el mejoramiento de la calidad de la producción de partes, piezas y equipos”. Tesis Doctoral. Facultad de INDECO, UCLV, Santa Clara.
102. Pons Murguía, R. (1998). *Gestión para la Calidad Total*. Monografía. Nicaragua, Universidad Nacional de Ingeniería.
103. Pons Murguía, R. (2002). *Control Estadístico de Procesos*. Monografía. Universidad “Carlos R. Rodríguez” de Cienfuegos.
104. Portuondo Vélez, A.L. (2004). *Creación de grupos de alto aprovechamiento*. Conferencia Maestría de Dirección, 2da Edición. Centro Universitario “José Martí” de Sancti Spíritus.
105. Rein, P. W. A. (1975). “Statistical Analysis of the Effect of Cane Quality of Extraction Performance”, en *The South African Sugar Journal*, pp. 615-625.
106. Riera González, G. (1996). “La extracción en un tren de molinos”. Tesis Doctoral. Facultad de Química, ISPJAE, La Habana.
107. Ribera Lam, M. (2000). “Clima organizacional de unidades educativas y la puesta en marcha de la reforma educativa”, en <http://www.monografía.com/>. (revisado en enero de 2002).
108. Rios González, Y. (2003). “Procedimiento para determinar, ponderar y evaluar las principales variables tecnológicas que influyen en el proceso de obtención del azúcar en la empresa azucarera Melanio Hernández”. Trabajo de diploma. Facultad de INDECO, UCLV, Santa Clara.
109. Rios González, Y., Gómez, Avilés, B. & Marrero Delgado, F. (2003). “Procedimiento para determinar, ponderar y evaluar las principales variables tecnológicas que influyen en el proceso de obtención del azúcar en la empresa azucarera Melanio Hernández”, en *Informe de investigación terminada*, Código 658 Mar., UCLV.
110. Roberts, H.V. (1991). *Data Analysis for Managers with MINITAB*. 2da ed. University of Chicago. The Scientific Press.
111. Romero Romero, O, Gómez Avilés. B. & Cruz, E. (1999). “Gestión de la calidad en la industria azucarera: situación actual y perspectivas”, en *Revista Centro Azúcar*, Año XXVI, No. 1, pp. 46- 55.
112. Romero Romero, O. (2005). “Metodología para incrementar el aporte de electricidad con bagazo y alternativa de combustible para generar fuera de zafra”. Tesis Doctoral. Facultad Química- Farmacia, UCLV, Santa Clara (Centro Universitario “José Martí” de Sancti Spíritus).

113. Rosales del Toro (1999). “Conferencia del Ministro del Azúcar en la Quinta Mesa Redonda”, en la Revista *The Economist* con el Gobierno de Cuba. La Habana, 22 al 24 de febrero.
114. Sabadí Díaz, R. (1996). “Aplicaciones informáticas en la industria azucarera”, en *Revista ICIDCA*, Vol. XXX No. Especial.
115. Shulze, B. C. (2002). “Energy Management Systems- on line Tools for Operating Personal”, en *Advanced Services & Engineering*, Berlín, Germany.
116. Siegel, S (1972). *Diseño experimental no paramétrico*. Ed. revolucionaria. La Habana.
117. Simeon, K. F. (1998). “La industria azucarera ¿producción conjunta?”, en *Revista Centro Azúcar*, Año 25, No. 1, pp.5- 8.
118. Stoumbos, Z. G. et al. (2000). “The State of Statistical Process Control as We Proceed Into the 21st Century”, en *Journal of the American Statistical Association*, 95, pp. 992-998.
119. Urrutia Torres, L. & González Olvedo, G. (2003). *Metodología de la investigación social I*. Ed. Felix Varela, La Habana.
120. Visauta Vinacua, B. (1998). *Análisis estadístico con SPSS PARA WINDOWS. Estadística multivariante*. Escuela Superior de Administración y Dirección de empresa. Ed. McGrawtill, Madrid.
121. West D. & Dellana S. (2002). “Transfer Function Modeling of Processes With Dynamic Inputs”, en *Journal of Quality Technology*, Vol. 34, No. 3, July, ASQ, pp.315- 326.
122. Woodall, H. W. (2000). “Controversies and Contradictions in Statistical Process Control”, en *Journal of Quality Technology*, Vol. 32, No. 4, October, ASQ, pp. 341- 350.
123. Yacuzzi E. & Martín F. (2006). “QFD: Conceptos, aplicaciones y nuevos desarrollos”, <http://www.cema.edu.ar/publicaciones/download/documentos/234.pdf>, [Universidad del CEMA](http://www.cema.edu.ar). Buenos Aires, Argentina (revisado en mayo de 2006).

PRODUCCIÓN CIENTÍFICA DEL AUTOR SOBRE EL TEMA DE LA TESIS

Publicaciones del autor

1. Gómez A. B., et al. (2001). "Quality Improvement in the Extraction Process of Sugar Cane", en *Newsletter*, No.3, BAN. Berlín, May, pp. 3- 5 http://www.ban.fu_berlin.de/Quality-Impr.PDF,
2. Gómez A. B., Pons, M. R. & Romero, R. O. (2001). "El Control Estadístico de Proceso como herramienta para el mejoramiento de la eficiencia energética", en *CD -ROM Eficiencia Energética y el Medio Ambiente*. Ed. Universitaria. ISBN:959-16-0079-8., Camaguey..
3. Gómez A. B., Pons M. R. & Romero R.O (2002). "Estudio de caso en procesos de un central azucarero, a través de un procedimiento para el mejoramiento de la calidad", en *Revista Centro Azúcar*, No. 4, pp.43- 53.
4. Gómez Avilés et al. (2003/b/). "Las Salas de Control y Análisis de la Eficiencia en la industria azucarera. Una mirada hacia la Calidad", en *Revista Centro Azúcar*, No. 4, pp.18- 28.
5. Gómez A. B., et. al. (2004). "Ponderación y evaluación de variables tecnológicas que influyen en el proceso industrial azucarero de caña", en *CD -ROM IV Internacional Conference of Entwerprese Science (CICE)*, ISBN: 959-250-159-9, UCLV, Santa Clara.
6. Gómez A. B., et. al. (2004). "Evaluación de la autocorrelación en el proceso de extracción en la industria azucarera de caña", en *CD-ROM IV Internacional Conference of Entwerprese Science (CICE)*, ISBN: 959-250-159-9, UCLV, Santa Clara.
7. Gómez A. B., et. al.(2004). "Evaluación de variables organizacionales vinculadas con la gestión de calidad en el proceso industrial de la agroindustria azucarera", en *V CONGRESO INTERNACIONAL DE TABLERO DE COMANDO (Balanced Scorecard)*, Quito, Ecuador.
8. Gómez A. B., et. al. (2004). "Aplicación de las series de tiempo estructuradas al proceso de extracción de la empresa azucarera Melanio Hernández", en <http://www.monografias.com/trabajos19/series-de-tiempo/series-de-tiempo.shtml>.
9. Romero, R. O, Gómez, A. B. & Cruz, E. (1999). "Gestión de la calidad en la industria azucarera: situación actual y perspectivas", en *Revista Centro Azúcar*, Año XXVI, No. 1, pp. 46- 55.
10. Gómez A. B., et. al. (2004). "El Control Estadístico de Proceso y el Diseño Experimental, herramientas para la mejora de la calidad en la extracción del proceso industrial azucarero" en *Revista Centro Azúcar*. (APROBADO EN EL 2005)

Participación en eventos y forum

1. IV Encuentro Nacional de Gestión Tecnológica e IBERGECYT'96. (Ciudad Habana, Cuba. Mayo 1996)
2. Simposio Internacional sobre Aseguramiento de la Calidad. CALIDAD'97. (Ciudad Habana, Cuba. 16 de octubre 1997)
3. V Simposio de Análisis y diseño de plantas químicas SIADIP'98. (UCLV, Santa Clara, Cuba. 4 de noviembre de 1998).

4. Taller Internacional de Análisis de proceso TIAP'99. (ISPJAE, Ciudad Habana, Cuba. 30 de abril de 1999).
5. II Taller Caribeño de Energía y Medio Ambiente. (Universidad Cienfuegos, Cuba. 9 de abril de 1999).
6. Encuentro Mujeres Innovadoras y Racionalizadoras. (Ciudad Habana, Cuba. Octubre de 2000).
7. Seminario Internacional sobre energía en la industria azucarera, CH, (Ciudad Habana, Cuba. 9 de noviembre de 2000).
8. 1ra Conferencia Internacional "La eficiencia Energética y el Medio Ambiente. CIEEMA '2001. (Universidad de Camaguey, Cuba. 11 de mayo de 2001).
9. III Conferencia internacional de ciencias empresariales. (UCLV, Santa Clara, Cuba. 16 al 18 de octubre de 2002).
10. 48 Congreso ATAC. Habana. (Ciudad Habana, Cuba. Noviembre de 2002).
11. "53rd Canadian Chemical Engineering & PRES'03 Conference". INDUSTRY, ENERGY & ENVIRONMENT, and 6th Conference on Process Integration, Modelling and Optimisation for Energy Saving and Pollution Reduction. Hamilton, Ontario, Canada- October 26- 29, 2003.
12. IV Conferencia internacional de ciencias empresariales. (UCLV, Santa Clara, Cuba. 18 al 21 de octubre de 2004).
13. XI Convención INFORMATICA 2005. (Ciudad Habana, Cuba. 9 al 13 de mayo de 2005).
14. XIII Forum Provincial de Ciencia y técnica. (Sancti Spíritus. 12 de octubre de 2000)
15. FORUM Anual de la ATAC y Ciencia y Técnica. MINAZ Sancti Spíritus. (7 de noviembre de 1998, 7 de octubre de 1999, 13 de diciembre de 2001, 31 de octubre de 2002).

Premio Provincial CITMA.

- Mejoramiento de la calidad del proceso de molienda en un central azucarero. Caso Melanio Hernández. SS. Enero 2001
- Procedimiento diagnóstico para la gestión de proceso en el central Melanio Hernández. SS. Enero 2003.

Investigación terminada

Procedimiento para la determinar, ponderar y evaluar las principales variables tecnológicas que influyen en el proceso de obtención del azúcar en la Empresa Azucarera Melanio Hernández". UCLV. Dic- 2003.

Registro

Software "MULTI-CRID V 1.0" 1473-2005/ Junio 05.

Proyecto nacional CITMA

Procedimiento para el mejoramiento de la calidad en la gestión de proceso en la industria azucarera. Contrato No. 00103165

Coordinador del proyecto: M.Sc. Ing. Bismaida Gómez Avilés.

Anexo 1. Pirámide de jerarquización de la dimensión estratégica de la organización.

Fuente: Pons Murguía (1998).



Anexo 2. Elementos de cultural organizacional contenidos en premios y Sistemas de Gestión de Calidad. Fuente: Elaboración propia.

SON MUY POCAS LAS REFERENCIAS

ISO 9000:2000	<i>EFQM</i>	<i>Malcolm Baldrige</i>
Liderazgo	Liderazgo	Liderazgo
Participación	Comunicación	Participación
Responsabilidad	Espacio	Entrenamiento
Formación	Comodidades	
Motivación	Salud	
Percepción de la organización	Seguridad	
	Recompensas	
	Estructura	
	Equipos	
	Estabilidad	
	Valoración del rendimiento	

Anexo 3. Criterio de los autores sobre variables organizacionales relevantes en la cultura.

P. Goncalves (1997)	Ferreira (2004). Carvajal (2000).	Litwin y Stinger (1978)	Garciga (1995)	Guimaraes (2003)	Davis(1985)	Likert (Carvajal 2000).
Liderazgo	Liderazgo	Estándares	Estilo de liderazgo	Liderazgo	Liderazgo	Estructura
Comunicac.	Comunicac.	Responsabilidad	Diseño organizacional	Influencia	Motivación	Toma de Decisiones
Interacción con los demás.	Grupos	Cooperación	Estructuras	Experiencia	Comunicación	Competenc.
Sistemas de incentivos y remuneración	Sistema de remuner.	Recompensa	Sistemas de apoyo	Adiestramient.	Interacción con los demás	Actitudes
Apoyo social	Aprendizaje	Desafío	Sistemas de reconocimiento	Conflicto	Toma de decisiones	Motivación
Promociones	Motivación		Desafío	Motivación	Fijación de metas	Rendimiento
	Estructura	Estructura	Compromiso	Participación	Control	Comunicación
	Evaluación	Conflictos	Nivel de pertenencia	Evaluación del desempeño		Toma de decisiones
	Toma de decisiones	Identidad	Satisfacción personal	Trabajo en equipo		Productividad
	Personalidad	Relaciones con los demás		Estabilidad		Ganancia
	Estrés			Competencia		
	Valores			Sistemas de recompensas		Pérdida.
	Actitudes					

Anexo 3. Variables organizacionales incluidas en estudios referenciados.

Fuente: Elaboración propia.

Ribera Lam (2000)	Cabrera (1999)	Flores (2004)	Mancilla & Parra (1996)	Márquez (2001)
Estructura	Condiciones de trabajo	Comunicación	Motivación	Propósito de la organización
Relaciones humanas	Estructura	Mejora continua	Liderazgo	Estructura
Liderazgo	Compañerismo	Sentido de pertenencia	Participación	Relaciones institucionales
Trabajo en equipo	Conflictos	Planeación	Reciprocidad	Sistema de estímulo
Recompensas	Comunicaciones	Condiciones de trabajo		Liderazgo.
Reconocimientos	Aptitudes	Capacitación y desarrollo		
Autonomía	Motivaciones	Liderazgo		
	<i>Stress</i>	Trabajo en equipo		
		Ambiente social		

Anexo 4. Seis axiomas a tomar en consideración en el proceso de decisión multicriterio

Fuente: Barba- Romero & Pomerol (1997).

1. El analista debe aparecer con una actitud modesta y presentar sus diversas conclusiones, incluso si estas son divergentes, y no sentirse frustrado si su trabajo no es más que un elemento entre otros planteados para la toma de la decisión final.
2. No es posible lograr un proceso de decisión que conserve una racionalidad sustantiva global de principio a fin. El decisor tiene que evolucionar sus criterios, cambiar sus puntos de vista o retroceder si fuera necesario.
3. Los criterios pueden variar con el tiempo. La creación de nuevas alternativas o la supresión de algunas, puede facilitar la búsqueda del consenso.
4. Todo método que se aleje de las representaciones y de las limitadas capacidades calculadas del decisor, será muy difícil de imponer en la práctica, en la medida de que, por lo general, los decisores son mucho más aprehensivos que calculadores.
5. La optimización, como concepto teórico, no resulta de utilidad en situaciones de extrema incertidumbre o de conflicto, o simplemente al estar mal definidas estas, por ser multidimensionales o poco propicias para una modelización numérica.
6. No existe una definición universal de optimalidad, sino que ésta depende del contexto organizativo, de las ideas y hasta de las segundas intenciones y de los objetivos del decisor.

Anexo 5. Cómo seleccionar los expertos. Fuente: Hurtado de Mendoza (2003)

¿A quiénes considerar expertos?. Pasos a seguir:

1. Confeccionar una lista inicial de personas posibles de cumplir los requisitos para ser expertos en la materia a trabajar.
2. Realizar una valoración sobre el nivel de experiencia, evaluando de esta forma los niveles de conocimientos que poseen sobre la materia. Para ello se realiza una primera pregunta para una autoevaluación de los niveles de información y argumentación que tienen sobre el tema en cuestión.

En esta pregunta se les pide que marquen con una X, en una escala creciente del 1 al 10, el valor que se corresponde con el grado de conocimiento o información que tienen sobre el tema a estudiar.

Expertos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1										
2										
3										

3. A partir de aquí se calcula el **Coefficiente de Conocimiento o Información** (Kc), a través de la ecuación 1.

$$K_{cj} = n(0,1)$$

[1]

donde: Kcj: Coeficiente de Conocimiento o Información del experto “j”

n: Rango seleccionado por el experto “j”

4. Se realiza una segunda pregunta que permite valorar un grupo de aspectos que influyen sobre el nivel de argumentación o fundamentación del tema a estudiar (marcar con una X).

Fuentes de argumentación o fundamentación	Alto	Medio	Bajo
Análisis teóricos realizados por usted			
Su experiencia obtenida			
Trabajos de autores nacionales			
Trabajos de autores extranjeros			
Su conocimiento del estado del problema en el extranjero			
Su intuición			

5. Aquí se determinan los aspectos de mayor influencia. Las casillas marcadas por cada experto en la tabla se llevan a los valores de una tabla patrón:

Fuentes de argumentación o fundamentación	Alto	Medio	Bajo
Análisis teóricos realizados por usted	0.3	0.2	0.1
Su experiencia obtenida	0.5	0.4	0.2

Trabajos de autores nacionales	0.05	0.05	0.05
Trabajos de autores extranjeros	0.05	0.05	0.05
Su conocimiento del estado del problema en el extranjero	0.05	0.05	0.05
Su intuición	0.05	0.05	0.05

6. Los aspectos que influyen sobre el nivel de argumentación o fundamentación del tema a estudiar permiten calcular el **Coefficiente de Argumentación** (K_a) de cada experto, ecuación 2.

$$K_a = \sum_{i=1}^6 n_i \quad [2]$$

donde: K_a : Coeficiente de Argumentación

n_i : Valor correspondiente a la fuente de argumentación “i” (1 hasta 6)

7. Una vez obtenido los valores del **Coefficiente de Conocimiento** (K_c) y el **Coefficiente de Argumentación** (K_a) se procede a obtener el valor del **Coefficiente de Competencia** (K) que finalmente es el coeficiente que determina en realidad que experto se toma en consideración para trabajar en esta investigación. Este coeficiente (K) se calcula según la ecuación 3.

$$K = 0,5 (K_c + K_a) \quad [3]$$

donde: K : Coeficiente de Competencia

K_c : Coeficiente de Conocimiento

K_a : Coeficiente de Argumentación

8. Posteriormente obtenido los resultados se valoran en la siguiente escala:

$0,8 < K < 1,0$ Coeficiente de Competencia Alto

$0,5 < K < 0,8$ Coeficiente de Competencia Medio

$K < 0,5$ Coeficiente de Competencia Bajo

9. El investigador debe utilizar para su consulta a expertos de competencia alta, nunca se utilizará expertos de competencia baja.

Anexo 6. Cuestionario para seleccionar las características tecnológicas principales que influyen en la calidad del proceso de obtención del azúcar

Compañero

Se está desarrollando una investigación, con el fin de seleccionar las principales variables tecnológicas que influyen en la calidad del proceso industrial de la caña de azúcar. Una de las vías de obtener información al respecto es a través de la consulta a especialistas.

De usted se necesita que seleccione la cantidad de variables que se le pide en cada etapa, teniendo en cuenta la influencia de las mismas en la calidad del azúcar (eficiencia del proceso + calidad del azúcar).

En el caso que usted considere que deba aparecer alguna variable que no se incluyó en los listados que se ofrecen, por favor agréguela.

Muchas Gracias

Preparación

En el proceso de preparación de la caña las variables que caracterizan el resultado del mismo (variables de salida) son: células rotas (índice de preparación) y % de caña no preparada.

A este proceso entran las siguientes variables:

- | | |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> % Caña atrasada troceada verde | <input type="checkbox"/> % de materias extrañas real |
| <input type="checkbox"/> % Caña atrasada troceada quemada | <input type="checkbox"/> Pol en caña |
| <input type="checkbox"/> % Caña atrasada entera verde | <input type="checkbox"/> % de fibra en caña |
| <input type="checkbox"/> % Caña atrasada entera quemada | <input type="checkbox"/> Frescura de la caña |
| <input type="checkbox"/> % Caña atrasada | <input type="checkbox"/> Acidez de la caña |
| <input type="checkbox"/> % Caña quemada | <input type="checkbox"/> Variedad de la caña |
| <input type="checkbox"/> % de carros con más de 12 horas | |

Señale con una (X) las 4 que usted considere sean las que mayor influencia tengan en la calidad del proceso de obtención del azúcar.

Sobre las variables de salida influyen un grupo de variables de proceso que se fijan al inicio de la zafra (variables fijas):

- | | |
|--|--|
| <input type="checkbox"/> Velocidad en la cuchilla 1 | <input type="checkbox"/> Tipo de machete |
| <input type="checkbox"/> Velocidad en la cuchilla 2 | <input type="checkbox"/> Distancia del machete a la estera |
| <input type="checkbox"/> Cantidad de machetes por cuchilla | |

Marque con una (X) las 2 más importantes.

Y otras que pueden ser modificadas operativamente (variables modificables):

- | | |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> Potencia de la cuchilla picadora 1 | <input type="checkbox"/> Rehabilitación de los machetes |
| <input type="checkbox"/> Potencia de la cuchilla picadora 2 | <input type="checkbox"/> Molida horaria efectiva |
| <input type="checkbox"/> Altura del colchón a la entrada de la cuchilla 1 | <input type="checkbox"/> % de cumplimiento de la norma horaria |

Marque con una (X) las 2 más importantes.

Extracción

En el proceso de extracción se mide una serie de variables, tanto al jugo primario, al bagazo, como al jugo mezclado; las cuales se muestran a continuación:

- | | |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> Dextrana % Brix jugo primario | <input type="checkbox"/> Reductores Jugo mezclado |
| <input type="checkbox"/> Acidez Jugo primario | <input type="checkbox"/> Rendimiento del jugo mezclado |
| <input type="checkbox"/> Brix jugo primario | <input type="checkbox"/> Insolubles jugo mezclado |
| <input type="checkbox"/> Pol jugo primario | <input type="checkbox"/> Cenizas jugo mezclado |
| <input type="checkbox"/> Pza Jugo primario | <input type="checkbox"/> Relac. R/C Jugo mezclado |
| <input type="checkbox"/> Reductores Jugo primario | <input type="checkbox"/> Coeficiente glucosidico mezclado |
| <input type="checkbox"/> Ceniza jugo primario | <input type="checkbox"/> Reductores % Brix jugo mezclado |
| <input type="checkbox"/> Relac. R/C Jugo primario | <input type="checkbox"/> Densidad del jugo colado |
| <input type="checkbox"/> Coeficiente glucosidico primario | <input type="checkbox"/> % de goma |
| <input type="checkbox"/> Reductores % Brix jugo primario | <input type="checkbox"/> % sedimento |
| <input type="checkbox"/> Rendimiento del jugo primario | <input type="checkbox"/> Incremento dex. % Bx en el tándem |
| <input type="checkbox"/> % no azucares jugo mezclado | <input type="checkbox"/> Incremento Acidez en el tándem |
| <input type="checkbox"/> Dextrana % Brix jugo mezclado | <input type="checkbox"/> Caída de pza primario –mezclado |
| <input type="checkbox"/> Acidez Jugo mezclado | <input type="checkbox"/> Pol en bagazo |
| <input type="checkbox"/> Brix jugo mezclado | <input type="checkbox"/> Brix en bagazo |
| <input type="checkbox"/> Pol jugo mezclado | <input type="checkbox"/> Humedad en bagazo |
| <input type="checkbox"/> Pza Jugo mezclado | |

Seleccione las 10 más importantes, con una (X).

Sobre ellas influyen las siguientes variables fijas:

- | | |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Velocidad del motor 1 | <input type="checkbox"/> Setting del molino 2 |
| <input type="checkbox"/> Velocidad del motor 2 | <input type="checkbox"/> Setting del molino 3 |
| <input type="checkbox"/> Velocidad del motor 3 | <input type="checkbox"/> Setting del molino 4 |
| <input type="checkbox"/> Velocidad del colador rotatorio | <input type="checkbox"/> Setting del molino 5 |
| <input type="checkbox"/> Setting del molino 1 | |

Marque con una (X) las 3 más influyentes.

Además influyen las siguientes variables modificables:

- | | |
|--|--|
| <input type="checkbox"/> Infección en el tándem | <input type="checkbox"/> Presión hidráulica molino 2 izquierda |
| <input type="checkbox"/> Flotación de los molinos | <input type="checkbox"/> Presión hidráulica molino 3 derecha |
| <input type="checkbox"/> Temperatura del agua de imbibición | <input type="checkbox"/> Presión hidráulica molino 3 izquierda |
| <input type="checkbox"/> Cantidad de agua de imbibición | <input type="checkbox"/> Presión hidráulica molino 4 derecha |
| <input type="checkbox"/> Presión hidráulica molino 1 derecha | <input type="checkbox"/> Presión hidráulica molino 4 izquierda |
| <input type="checkbox"/> Presión hidráulica molino 1 izquierda | <input type="checkbox"/> Presión hidráulica molino 5 derecha |
| <input type="checkbox"/> Presión hidráulica molino 2 derecha | <input type="checkbox"/> Presión hidráulica molino 5 izquierda |

Seleccione las 5 que más influyen, marcando con una (X).

Purificación

En esta etapa se miden variables con el fin realizar análisis del proceso, entre ellas están:

- | | |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> Fósforo jugo mezclado | <input type="checkbox"/> Brix jugo clarificado |
| <input type="checkbox"/> % de PH alcalizado dentro norma | <input type="checkbox"/> Pol jugo clarificado |
| <input type="checkbox"/> Pza del jugo filtrado | <input type="checkbox"/> Pza del jugo clarificado |
| <input type="checkbox"/> Brix de los lodos | <input type="checkbox"/> Coeficiente glucosídico clarificado |
| <input type="checkbox"/> Pol de los lodos | <input type="checkbox"/> Reductores % Brix clarificado |
| <input type="checkbox"/> Brix jugo filtrado | <input type="checkbox"/> Caída de pza clarificado - filtrado |
| <input type="checkbox"/> Pol jugo filtrado | <input type="checkbox"/> % pol de la cachaza agotada |
| <input type="checkbox"/> Acidez jugo filtrado | <input type="checkbox"/> Eficiencia de la Purificación |
| <input type="checkbox"/> % de PH clarificado dentro norma | <input type="checkbox"/> Transparencia jugo clarificado |
| <input type="checkbox"/> Reductores Jugo clarificado | <input type="checkbox"/> Sedimentos en jugo clarificado |
| <input type="checkbox"/> Cenizas jugo clarificado | <input type="checkbox"/> Humedad de la cachaza agotada |
| <input type="checkbox"/> Relac. R/C Jugo clarificado | |

Marque con una (X) las 7 que mayor influencia tengan sobre la calidad del proceso.

De las variables modificables que influyen sobre estas últimas, marque con una (X) las 6 que usted considere sean las más importantes:

- | | |
|--|--|
| <input type="checkbox"/> Be cal | <input type="checkbox"/> Temperatura salida calentador 3 ó 4 |
| <input type="checkbox"/> % OCa | <input type="checkbox"/> Temperatura salida calentador 5 ó 6 |
| <input type="checkbox"/> Tiempo de retención por parada | <input type="checkbox"/> Nivel de cachaza clarificador |
| <input type="checkbox"/> Temp. de calentadores Jgo mezclado | <input type="checkbox"/> Cantidad de agua a filtros |
| <input type="checkbox"/> Liquidación clarificador | <input type="checkbox"/> Temperatura del agua a filtros |
| <input type="checkbox"/> Densidad tanque masilla | <input type="checkbox"/> Alto vacío filtros |
| <input type="checkbox"/> Densidad cal tanque secundario | <input type="checkbox"/> Bajo vacío filtros |
| <input type="checkbox"/> Temperatura salida calentador 1 | <input type="checkbox"/> Velocidad de los filtros |
| <input type="checkbox"/> Temperatura salida calentador vampiro | <input type="checkbox"/> Tiempo de retención en clarificador (por proceso) |

Evaporación

En el proceso de evaporación se obtienen las siguientes variables de salida:

- | | |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Reductores meladura | <input type="checkbox"/> Coeficiente glucosídico meladura |
| <input type="checkbox"/> Cenizas meladura | <input type="checkbox"/> Reductores % Brix meladura |
| <input type="checkbox"/> Relac. R/C Meladura | <input type="checkbox"/> PH de la meladura |
| <input type="checkbox"/> Brix meladura | |
| <input type="checkbox"/> Pol meladura | |
| <input type="checkbox"/> Pureza de la meladura | |

Marque con una (X) las 4 que usted considere influyan más sobre la calidad del proceso.

Sobre éstas influyen las variables modificables que se ofrecen a continuación:

- | | |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Temperatura de salida de los calentadores | <input type="checkbox"/> Vacío cuádruple 2 |
| <input type="checkbox"/> Presión cuerpo Pre 1 | <input type="checkbox"/> Vacío cuádruple 3 |
| <input type="checkbox"/> Presión cuerpo Pre 2 | <input type="checkbox"/> Vacío cuádruple 4 |
| <input type="checkbox"/> Presión cuerpo cuad 1 | <input type="checkbox"/> Presión cuerpo doble 1 |

- Presión cuerpo doble 2
- Presión calandria pre 1
- Presión calandria pre 2
- Presión calandria cuad 1
- Presión calandria cuad 2
- Vacío calandria cuad 3

- Vacío calandria cuad 4
- Presión calandria doble 1
- Presión calandria doble 2
- Nivel líquido en vasos
- Estabilidad en el vacío en el evaporador
- Temperatura del vapor

Seleccione la 6 más importantes con una (X).

Cristalización

En el proceso de cristalización intervienen varias variables, entre las que se encuentran:

- Brix grano fino virgen
- Pza grano fino virgen
- Brix grano fino mejorado
- Pza grano fino mejorado
- Pza licor A
- Pza licor B
- Pza licor C
- Brix MCC
- Pza MCC
- Pza ciclón altura del cono

- Rendimiento en cristal A
- Rendimiento en cristal B
- Rendimiento en cristal C
- Brix MCC lubricada
- Brix MCA
- Pza MCA
- Brix MCB
- Pza MCB
- Temperatura de salida de los tachos
- Temperatura centrifugación MCC (de la masa a purgar)

De ellas seleccione las 6 que más importancia tengan.

En este proceso intervienen las siguientes variables modificables: vacío en los tachos, tiempo de permanencia de las masas en los tachos y presión calandria tachos.

Centrifugación

En las centrifugas influyen 4 variables sobre los resultados finales: presión, cantidad de agua y su temperatura en los sprays, y velocidad de la centrífuga.

El conjunto de variables de salida se muestra a continuación:

- Brix miel A
- Pza miel A
- Brix miel B
- Pza miel B
- Brix miel de lubricación
- Pza miel de lubricación
- Temp miel de lubricación
- Brix semilla C
- Pza semilla C
- Brix semilla B
- Pza semilla B
- Caída de pza MCA - miel A
- Caída de pza MCB - miel B
- Ceniza miel final
- Sacarosa miel final

- Azúcares reductores miel final
- Caída de pza licor C - miel final
- Formación de mieles
- Uniformidad del grano
- Brix miel final
- Pol miel final
- Pza miel final
- Azúcares totales miel final
- Relación R/C miel final
- Caída de pza MCC - miel final
- Galonaje
- Pérdidas en miel final
- Tamaño del grano
- Humedad del azúcar
- Temperatura miel final

— Color del azúcar

Marque con una (X) las 9 que usted considere influyan más sobre la calidad del proceso.

Anexo 7. Criterios para la detección falta de control. Fuente: Pons Murguía (2002)



- b1. Racha ascendente o descendente de 7 o más puntos.
- b2. Racha de 8 o más puntos a un mismo lado de la línea central.
- b3. Otras secuencias anormales.
- b4. Comportamiento errático.



- b5. Demasiados puntos en la zona central.
- b6. Pocos puntos en la zona central.
- b7. Ciclos.

Anexo 8. Adaptación del cuestionario para valorar el patrón cultural en una organización. Fuente:
Juran (1990)

Recuerde NO TIENE QUE PONER NOMBRE y los datos son CONFIDENCIALES. Muchas gracias.

MARQUE CON UNA (X) LA OPCIÓN CONVENIENTE

1. ¿Cree usted que su fábrica produce mejor azúcar que los demás centrales de la provincia?

Si ___ No ___ La misma ___ No se ___
Mejor que en algunos y más mala que en otros _____

2. Cómo evaluaría la calidad de la labor que usted está realizando.

Alta ___ Adecuada ___ Baja ___ No se ___

3. ¿Quién considera usted que es su cliente?

Los clientes de la empresa ___
El siguiente proceso o departamento ___
El jefe ___
Alguien mas ___
No lo se ___

4. ¿Qué problemas cree usted que influyen en que usted no realice un trabajo con mejor calidad?

No hay problemas _____

Indique tres _____

5. Cuando su jefe le revisa su trabajo, ¿qué él le juzga con mayor peso? **Ordene de mayor importancia(1) a menor importancia(5)**

Cumplir el plan ___ Calidad del producto o servicio ___
Confiabilidad ___ Rapidez ___ Disminuir costos ___

No se ___
Otro aspecto _____

Anexo 9. Cálculo del tamaño de muestra para la aplicación de encuestas

$$n = \frac{\left(\frac{Z_{1-\alpha/2}}{d} \right)^2 * p(1-p)}{1 + \frac{1}{N} \left(\frac{Z_{1-\alpha/2}}{d} \right)^2 * p(1-p) - \frac{1}{N}} \quad [1]$$

donde:

N: Número de trabajadores, del área o la industria

α : Nivel de significación

d: Error absoluto

p: Proporción de la población.

n: Tamaño de la muestra.

$Z_{1-\alpha/2}$: Percentil de la distribución normal.

- Muestreo estratificado proporcional del universo de trabajadores

$$n_h = \frac{N_h}{N} * n \quad [2]$$

donde:

N_h : Tamaño de cada estrato

n_h : Tamaño de muestra del estrato

Anexo 10. Cuestionario para el diagnóstico preliminar organizativo y el conocimiento de la cultura de la dirección Fuente: Cuesta Santos (1997).

Por su cargo y experiencia usted ha sido seleccionado para responder algunas preguntas. Sería de suma importancia su sinceridad en las respuestas para dar cercanía a un resultado real. Es anónima. Marque con X en el espacio que considere:

1. ¿Cuánta confianza tiene en sus subordinados?

Ninguna	Poca	Bastante	Completa
0 -----	5 -----	10 -----	15 -----

20

2. ¿Cuánta confianza tiene su superior en Usted?

Ninguna	Poca	Bastante	Completa
0 -----	5 -----	10 -----	15 -----

20

3. ¿Se sienten libres los empleados para hablar con el jefe?

Poco	Bastante	Suficientemente	Completamente
0 -----	5 -----	10 -----	15 -----

20

4. ¿Con qué frecuencia se piden y se ponen en práctica ideas de los subordinados?

Raras veces	A veces	A menudo	Muy frecuentemente
0 -----	5 -----	10 -----	15 -----

20

5. Para motivar se utiliza: a) el miedo, b) amenazas, c) castigo, d) premios, e) participación.

a, b, c, a veces d d y quizá c d y quizá c y e e o d según el nivel

0 -----	5 -----	10 -----	15 -----
---------	---------	----------	----------

20

6. ¿A qué nivel se siente la necesidad de alcanzar los objetivos de la organización?

Solo en el más alto	A nivel directivo	En casi todos los niveles	En todos
0 -----	5 -----	10 -----	15 -----

20

7. ¿Existe una labor de equipos?

Poca	Alguna	Bastante	Mucha
0 -----	5 -----	10 -----	15 -----

20

8. Dirección por la que fluye la comunicación.

Hacia abajo	En gran medida hacia abajo	Hacia abajo hacia arriba	Hacia abajo, hacia arriba y entre iguales
0 -----	5 -----	10 -----	15 -----

20

9. ¿Cómo aceptan los subordinados las comunicaciones de los superiores?

Con sospecha	Con indiferencia	Con cautela	En general se aceptan
0 -----	5 -----	10 -----	15 -----

20

10. ¿Es exacta la comunicación ascendente?

Casi nunca	A veces	A menudo	Casi siempre
0 -----	5 -----	10 -----	15 -----

20

11. ¿Hasta qué punto los jefes comprenden los problemas de sus subordinados?

Muy poco	Algo	Bastante	Mucho	
0 -----	5 -----	10 -----	15 -----	20

12. ¿A qué nivel se toman las decisiones?

Generalmente arriba del todo	Las importantes a alto nivel, algo de delegación y mucho control	Las importantes a alto nivel, las demás a nivel inferior, se delega bastante	A todos los niveles y con buena integración	
0 -----	5 -----	10 -----	15 -----	20

13. ¿Contribuye a motivar a la gente el modo como se toman las decisiones?

No mucho	Poco	Algo	Mucho	
0 -----	5 -----	10 -----	15 -----	20

14. ¿Cómo se fijan los objetivos?

Con órdenes	Órdenes con petición de comentario	Se consulta antes de decidir	Se decide en grupo	
0 -----	5 -----	10 -----	15 -----	20

15. ¿Se aceptan los objetivos fijados?

Solo exteriormente, hay oposición pasiva.	Hay cierta resistencia pasiva	A veces hay resistencia pasiva	Siempre o casi siempre	
0 -----	5 -----	10 -----	15 -----	20

16. ¿Dónde se realizan las funciones de control?

Solo en el vértice de la organización	En los altos niveles	A alto nivel con delegación a nivel medio	A todos los niveles	
0 -----	5 -----	10 -----	15 -----	20

17. ¿Responde el sindicato a los intereses de los trabajadores?

Poco	Bastante	Suficiente	Mucho	
0 -----	5 -----	10 -----	15 -----	20

18. ¿Para qué se utilizan los datos de control?

Para dar órdenes y castigar	Para premiar o castigar	Para premiar y a veces ayudar a mejorarse	Para autoguiar y solucionar problemas coordinados	
0 -----	5 -----	10 -----	15 -----	20

Anexo 11. Encuesta sociometría para valorar el trabajo en equipo. Fuente: Cuesta Santos (1997)

En estas pequeñas preguntas solo debe poner los nombres de su o sus seleccionado(s).

Nombre : _____

Con quién o con quienes usted desea trabajar? Con: _____

Con quién o con quienes usted no desea trabajar? Con: _____

A quién desea como líder? A: _____

Anexo 12. Lista de chequeo para evaluar el autocontrol en procesos de fabricación.

Fuente: Elaborada a partir de los aspectos referidos por Juran & Gryna (2001)

Conocimiento de lo que “SE SUPONE QUE SE TIENE QUE HACER”

1. Las normas están escritas? Son accesibles al obrero?
2. Las normas pueden presentar variabilidad?
3. Se utilizan gráficos o técnicas de control?
4. Existen defectos visuales? Los estándares que se refieren a defectos visuales, están visibles en el área de trabajo?
5. Las especificaciones son las mismas que se le dan a los inspectores?
6. Se permiten desviaciones sobre la especificación?
7. Conoce el operador como se utiliza el producto?
8. Se ha entrenado para comprender la especificación?
9. Se ha evaluado mediante test para saber si tienen la calificación necesaria?
10. Conoce el operador los efectos que puede traer en las actividades siguientes y en el producto no satisfacer las especificaciones?
11. Recibe rápidamente el operario los cambios de las especificaciones?
12. El operario sabe que hacer al detectar materia prima defectuosa?
13. Están las responsabilidades, en términos de decisiones y acciones a tomar, definidas con claridad?

Conocimiento “DE LO QUE SE ESTÁ HACIENDO”

14. Se ha provisto al operario con sistemas de medición?
15. Se facilitan al operario los resultados de las inspecciones y se revisan esos resultados conjuntamente entre el supervisor y los operarios?

“HABILIDAD PARA REGULAR”

16. Se ha informado al operario la frecuencia con la que deben ajustar el proceso.
17. Hay ajustes del proceso que el operario pueda hacer, con el fin de eliminar defectos?
18. Puede buscar ayuda?
19. Puede parar el proceso?
20. Se ha informado los defectos que puedan generar la acciones que este haga.
21. Existe un programa de mantenimiento preventivo?
22. Hay habilidades ocultas de algún operario que debería conocerse y transmitirse a los demás?

Anexo 13. Aspectos relacionados con la plantilla, necesarios para el conocimiento del estado actual del ambiente laboral en Cuesta Santos (1997), que este autor explica dentro del modelo de Gestión de los Recursos Humanos.

1. Conocimiento de la "composición de la plantilla".

$$\% \text{ personal categoría X} = \frac{\text{total plantilla categoría X}}{\text{total plantilla}} \cdot 100$$

donde,

X: profesionales, dirigentes, administrativos, operarios, etc.

2. Por el significado de los profesionales, calcular el porcentaje de cada profesión en los distintos departamentos.

$$\% \text{ profesionales Dpto. y} = \frac{\text{total Prof. Dpto. y}}{\text{total personal Dpto. y}} \cdot 100$$

3. Determinación del grado de implicación del personal en el proceso productivo o de servicio, distinguiendo dos tipos de trabajadores en función del grado de participación en el proceso: directos e indirectos.

$$\% \text{ personal directo} = \frac{\text{total personal directo}}{\text{total plantilla}} \cdot 100$$

4. Conocer qué porcentaje de mandos existe en la plantilla; llamado "índice de jerarquización", cuya expresión es la siguiente:

$$\text{Índice de jerarquización} = \frac{\text{total de mandos}}{\text{total plantilla}} \cdot 100$$

La concepción del "aplanamiento" de las estructuras directivas conduce a ir reduciendo este índice, aunque no hay cifra referencial.

Anexo 14. Instructivo para la aplicación del instrumento "Cuestionario sobre mi trabajo" que evalúa el clima organizacional. Fuente: Colectivo de autores (2000).

Este instrumento para evaluar el clima organizacional fue diseñado por la Organización Panamericana de la Salud (OPS). Es una prueba de lápiz y papel que consta de 80 reflexiones, seleccionadas de un *pood* de 167 preguntas y que representan la evaluación de 4 categorías que describen el clima de una institución: **Liderazgo, Motivación, Reciprocidad y Participación.** Cada una de ellas se desglosa en 4 subvariables para un mejor análisis de las mismas y por cada subvariable existen 5 afirmaciones en el instrumento, intercalándose de forma aleatoria e instrumentándose de la siguiente forma:

1. Liderazgo.

Subvariable	Afirmaciones
Dirección	1, 14, 33, 51, 67
Estímulo a la excelencia	15, 30, 34, 52, 70
Estímulo al trabajo en equipo	2, 17, 35, 50, 73
Solución de conflictos	16, 31, 36, 55, 68

2. Motivación

Subvariable	Afirmaciones
Realización personal	3, 18, 37, 49, 74
Reconocimiento de la aportación	19, 32, 40, 56, 69
Responsabilidad	4, 20, 43, 57, 75
Adecuación de las cond. De trabajo	5, 21, 41, 59, 65

3. Reciprocidad.

Subvariables	Afirmaciones
Aplicación al trabajo	6, 22, 42, 58, 71
Cuidado del patrimonio	7, 23, 44, 60, 72
Retribución	8, 24, 39, 54, 66
Equidad	9, 25, 45, 53, 76

4. Participación

Subvariables	Afirmaciones
Compromiso con la productividad	10, 26, 46, 61, 77
Compatibilidad de intereses	11, 27, 47, 62, 78
Intercambio de información	12, 28, 48, 63, 79
Involucración al cambio	13, 29, 49, 64, 80

Cuestionario sobre mi trabajo.

Estamos realizando una investigación sobre el clima sociopsicológico en la empresa. Esta técnica contiene un conjunto de reflexiones. Su tarea consiste en relacionar estas reflexiones con lo que ocurre en su centro laboral. No hay respuestas correctas ni incorrectas. Rogamos sea lo más sincero posible pues su ayuda contribuirá a mejorar y desarrollar las condiciones en su centro de trabajo. No es necesario que ponga el nombre. Gracias por su colaboración.

1. El jefe se preocupa porque entendamos bien nuestro trabajo.
2. Generalmente todos aportamos ideas para mejorar nuestro trabajo.
3. La mayoría del trabajo en este proceso exige dedicación y pensamiento.
4. En esta organización se busca que cada cual toma decisiones de cómo, realizar su propio trabajo.
5. En esta empresa el ambiente que se respira es tenso.
6. La gente se esfuerza por cumplir a cabalidad con sus obligaciones.
7. Con frecuencia nuestros compañeros hablan mal de la empresa.
8. Esta empresa ofrece buenas oportunidades de capacitación.
9. Aquí las promociones carecen de objetividad.
10. Los problemas que surgen entre los grupos de trabajo se resuelven de manera óptima para la empresa.
11. Los objetivos de los departamentos son congruentes con los objetivos de la empresa.
12. La información requerida por los diferentes grupos fluye lentamente.
13. La adopción de nuevas tecnologías se mira con recelos.
14. Ocurre con frecuencia que cuando se presenta un problema especial no se sabe quién debe resolverlo.
15. Aquí se preocupan por mantener informado al personal de las nuevas técnicas relacionadas con el trabajo, con el fin de mejorar la calidad del mismo.
16. Aquí todos los problemas se discuten de manera constructiva.
17. Para cumplir con las metas del trabajo tenemos que recurrir a todas nuestras capacidades.
18. En este trabajo me siento realizado profesionalmente.
19. En esta empresa se estimula a la persona que trabaja bien.
20. En realidad nunca se ejecutan las ideas que damos sobre el mejoramiento del trabajo.
21. Las condiciones de trabajo son buenas.
22. Aquí uno se siente **automotivado** con el trabajo.
23. Da gusto ver el orden que reina en nuestro local de trabajo.
24. Yo me siento muy motivado por formar parte de este grupo.
25. Las normas disciplinarias se aplican con subjetividad.
26. Cuando hay un reto para la empresa todos los departamentos participan activamente en la solución.
27. Lo importante es cumplir los objetivos del departamento, lo demás no interesa.
28. Generalmente, cuando se va a hacer algo mi departamento es el último en enterarse.
29. Las iniciativas de los grupos no reciben respaldo de los niveles superiores.
30. Si un trabajo parece difícil se retarda hasta que se pueda.
31. A nuestro superior sólo le podemos decir lo que quiere **oír**.
32. En este departamento se reconoce lo valioso de los trabajadores.
33. No existe una determinación clara de las funciones que cada uno debe desempeñar.
34. Casi nadie ahorra esfuerzo en el cumplimiento de sus obligaciones.
35. Cuando uno no sabe como hacer algo nadie le ayuda.
36. Cuando tenemos un problema de índole laboral nadie se interesa en resolverlo.
37. Existen grupos cuyas normas y valores no favorecen e trabajo de la institución.
38. Los programas de desarrollo de esta empresa preparan al trabajador para avanzar dentro de una carrera ocupacional determinada.
39. Aquí únicamente están pendientes de los errores.

40. Aquí se traslada o se expulsa al trabajador con facilidad.
41. En general el trabajo se hace superficial o mediocremente.
42. Casi todos hacen su trabajo como mejor le parece.
43. Realmente nos preocupa el prestigio de la empresa.
44. La eficiencia en el trabajo no implica reconocimiento de ninguna clase.
45. Aquí cada departamento trabaja por su lado,
46. Aquí el poder está concentrado en unos pocos departamentos.
47. Periódicamente tenemos problemas debido a la circulación de información inexacta(chismes).
48. Aquí uno puede desarrollar su ingenio y creatividad.
49. Nuestro jefe es comprensivo pero exige muy poco.
50. A menudo se inician trabajos que no se sabe porque se hacen.
51. El jefe no se preocupa porque se aporten ideas que mejoren la calidad del trabajo.
52. Los programas de capacitación son para pocos.
53. En esta organización ser promovido significa poder enfrentar desafíos mayores.
54. Existe poca libertad de acción para la realización del trabajo.
55. Los problemas se analizan siguiendo métodos sistemáticos para encontrar soluciones creativas.
56. La dedicación de este grupo merece reconocimiento.
57. Toda decisión que se toma es necesario consultarla con los superiores antes de ponerla en práctica.
58. Normalmente las personas se responsabilizan de controlar su propio trabajo.
59. La mayoría significativa de los funcionarios de esta institución nos sentimos satisfechos con el ambiente físico de nuestro departamento.
60. Defendemos con vehemencia el trabajo y la imagen de nuestro departamento.
61. El espíritu de equipo de esta organización es excelente.
62. Los recursos limitados de nuestro departamento' los compartimos fácilmente con otros grupos de la institución.
63. Los que poseen información no la dan a conocer fácilmente.
64. En esta organización existen grupos que se oponen a todos los cambios.
65. Cada uno cuenta con los elementos de trabajo necesarios.
66. Por lo general, las personas que trabajan bien son reconocidos en la institución.
67. Por lo general, tenemos muchas cosas por hacer y no sabemos por cual empezar.
68. Cuando analizamos un problema las posiciones que adoptan algunos de mis compañeros no siempre son sinceras.
69. Normalmente se da un reconocimiento especial al buen desempeño del trabajo.
70. A mi jefe no le preocupa la calidad del trabajo.
71. A la gente le gusta hacerse cargo de los trabajos importantes.
72. En general todos tratan con cuidado los bienes de la institución.
73. Aquí los resultados son le fruto del trabajo de unos pocos.
74. Los obreros se sienten orgullosos de pertenecer a esta institución.
75. Cada uno es considerado como conocedor de su trabajo y se le trata como tal.
76. El desempeño de las funciones es correctamente evaluado.
77. Los diferentes niveles jerárquicos de la institución no colaboran entre uds.
78. Aquí todos los departamentos viven en conflicto permanente.
79. Aquí la información está concentrada en unos pocos grupos.
80. Los niveles superiores no propician cambios positivos para la institución.

(HOJA DE RESPUESTAS)

Marque con una X en el lugar correspondiente de la respuesta V(Verdadero) o F(Falso), según se corresponda con su situación.

1.	V	F	41	V	F
2.	V	F	42	V	F
3.	V	F	43	V	F
4.	V	F	44	V	F
5.	V	F	45	V	F
6.	V	F	46	V	F
7.	V	F	47	V	F
8.	V	F	48	V	F
9.	V	F	49	V	F
10.	V	F	50	V	F
11.	V	F	51	V	F
12.	V	F	52	V	F
13.	V	F	53	V	F
14.	V	F	54	V	F
15.	V	F	55	V	F
16.	V	F	56	V	F
17.	V	F	57	V	F
18.	V	F	58	V	F
19.	V	F	59	V	F
20.	V	F	60	V	F
21.	V	F	61	V	F
22.	V	F	62	V	F
23.	V	F	63	V	F
24.	V	F	64	V	F
25.	V	F	65	V	F
26.	V	F	66	V	F
27.	V	F	67	V	F
28.	V	F	68	V	F
29.	V	F	69	V	F
30.	V	F	70	V	F
31.	V	F	71	V	F
32.	V	F	72	V	F
33.	V	F	73	V	F
34.	V	F	74	V	F
35.	V	F	75	V	F
36.	V	F	76	V	F
37.	V	F	77	V	F
38.	V	F	78	V	F
39.	V	F	79	V	F
40.	V	F	80	V	F

Definición de categorías de variables y subvariables.

L: Liderazgo. Influencia que ejerce un individuo por medio de la capacidad de orientar y convencer a los otros, para llevar a cabo eficientemente los objetivos de la institución y lograr resultados.

L₁: Dirección. Es el sentido en que se orienta la actividad, fijándose las metas y los medios para lograrlo.

L₂: Estimulo por la excelencia. Incorporación de nuevos conocimientos e instrumentos técnicos para que el trabajador asuma las responsabilidades de la calidad del producto.

L₃: Estímulo del trabajo en equipo. Es crear un ambiente de ayuda mutua donde la participación organizada no sea individual sino de complementación de conocimientos y experiencias del equipo de trabajo.

L₄: Solución de conflictos. Capacidad de solucionar conflictos que surgen en la institución por síntesis de referencia.

M: Motivación. Conjunto de reacciones y actitudes encaminadas a satisfacer las necesidades del trabajador en la institución.

M₅: Realización personal. El trabajador habrá de conocer todas las oportunidades de autorealización que tiene en su trabajo y tomará conciencia de la trascendencia histórica de su aportación.

M₆: Reconocimiento de la aportación. Cuando la institución de crédito al esfuerzo realizado por cada persona o grupo en la ejecución de una tarea, incentivando al trabajador.

M₇: Responsabilidad. Capacidad del trabajador de responder por sus deberes y actos, a partir del conocimiento, de su ubicación y proyección en la empresa.

M₈: Adecuación de las condiciones de trabajo. Condiciones ambientales, físicas y psicosociales así como la calidad de los recursos y el estado óptimo de los equipos para realizar el trabajo.

R: Reciprocidad. Relación mutua de dar y recibir entre el individuo y la organización.

R₉: Aplicación al trabajo. Cuando el trabajador se encuentra identificado con su trabajo y con la institución manifestando alto nivel de responsabilidad y de ingenio creativo para solucionar los problemas institucionales.

R₁₀: Cuidado del patrimonio institucional. Cuidado de los bienes equipos y materiales de la institución por los trabajadores.

R₁₁: Retribución. Sistema de remuneración, promoción de reconocimientos, y la capacitación y desarrollo humano de todos los trabajadores.

R₁₂: Equidad. Igualdad de condiciones para poder optar por cualquier beneficio institucional.

P: Participación. Involucración de los trabajadores en la actividad de la institución aportando cada cual la parte que le corresponde para darle cumplimiento a los objetivos institucionales.

P₁₃: Compromiso con la productividad. La productividad se da en la medida que la interacción de todas las partes realicen de forma óptima con eficiencia y calidad los productos.

P₁₄: Compatibilidad de intereses. Función básica de integrar la diversidad de intereses de los componentes en una sola dirección.

P₁₅: Intercambio de información. Comunicación necesaria entre las personas y grupos para lograr una acción coordinada.

P₁₆: Involucración al cambio. La actitud de promoción y compromiso ante las decisiones del cambio, su participación, aportes de sugerencias y adopción de nuevos hábitos, definen a las personas involucradas al cambio.

Para la calificación se construye una plantilla que lleva implícitas las respuestas correctas (sean V o F) de cómo debe ser percibido el suma ideal. Las respuestas correctas tienen el valor de un punto y

las respuestas incorrectas se igualan a cero. Esto arroja un total de puntos por subvariables máximo de 5 puntos que sumado a las demás subvariables contenidas en cada área crítica alcanzarían el valor de 20. En total sumarían 80 puntos, igual al número de reflexiones planteadas en el instrumento.

Para el análisis de los resultados se construyen gráficos por cada área crítica, donde en el eje de las X se colocarían las subvariables y en el eje de las Y los valores alcanzados por éstas, entre 0 y 5. Se unirán los puntos de los valores alcanzados con una línea de manera que quede confeccionado el perfil que representará cómo se percibe el clima en esa área.

Para interpretar los resultados si el valor alcanzado por la subvariable es menor que 3 entonces el clima en dicha subvariable es insatisfactorio.

Anexo 15. Procedimiento para el análisis de superficies de respuesta propuesto por Erjavec, et al. (2000), como estrategia experimental para el mejoramiento de la calidad en la industria.

1. **Elaborar una lista de las variables independientes significativas**, incluyendo sus rangos (debe recordarse que si usa un diseño compuesto central, los puntos estrellas tendrán valores mayores que dichos rangos).
2. **Listar las variables dependientes y sus unidades.**
3. **Seleccionar una clase de diseño de superficie de respuesta**, sin olvidar: a) que los diseños compuestos centrales se pueden generar de un factorial 2^k , el cual es viable de implementarse; b) que los diseños de Box-Behnken, únicamente necesitan tres niveles, simplificando su administración, y c) que los diseños compuestos de tamaño pequeño se usan en situaciones determinísticas, cuando no se requiere estimar el error experimental.
4. **Obtener el diseño codificado de las X**, para diseños compuestos centrales (que se corresponden con los desarrollados en esta investigación).
5. **Decidir si el diseño se debe ejecutar en bloques o no.** Esto con el objeto de determinar si es indispensable completar el segundo bloque de experimentos.
6. **Asignar los experimentos aleatoriamente dentro de cada bloque.** Es preferible hacer esto, que distribuir los puntos centrales uniformemente.
7. **Escribir el diseño experimental en forma no codificada.**
8. **Analizar la factibilidad de las condiciones experimentales.** Esto es, si alguno(s) de los experimentos no es operable, muévalo(s) hacia el centro del diseño, eliminando los factores codificados con valores diferente de cero. Si el diseño se mueve considerablemente, debe repetirse para asegurar su balance y precisión. Asimismo, si se detecta que un experimento que se pensó, era operable y no lo es, entonces se le aplica el mismo procedimiento.
9. **Llevar a cabo los experimentos y recopilar los datos.** Para la determinación analítica y/o cálculo de variables, se utiliza el MINAZ (1997). Para agilizar los cálculos de la extracción de los molinos se utilizó una hoja de cálculo en EXCEL (Anexo 26).
10. **Analizar los datos usando un análisis de regresión.** Desarrollar las etapas siguientes:

- A) Ajustar el modelo cuadrático por el método de mínimos cuadrados.
- B) Investigar si existe falta de ajuste y estudiar los residuales para ver si hay observaciones aberrantes.
- C) Eliminar los factores no significativos (con base en pruebas parciales de F)
- D) Repetir el segundo paso (10.B) trabajando con la ecuación reducida.

11. Interpretar la superficie de respuesta, a través de:

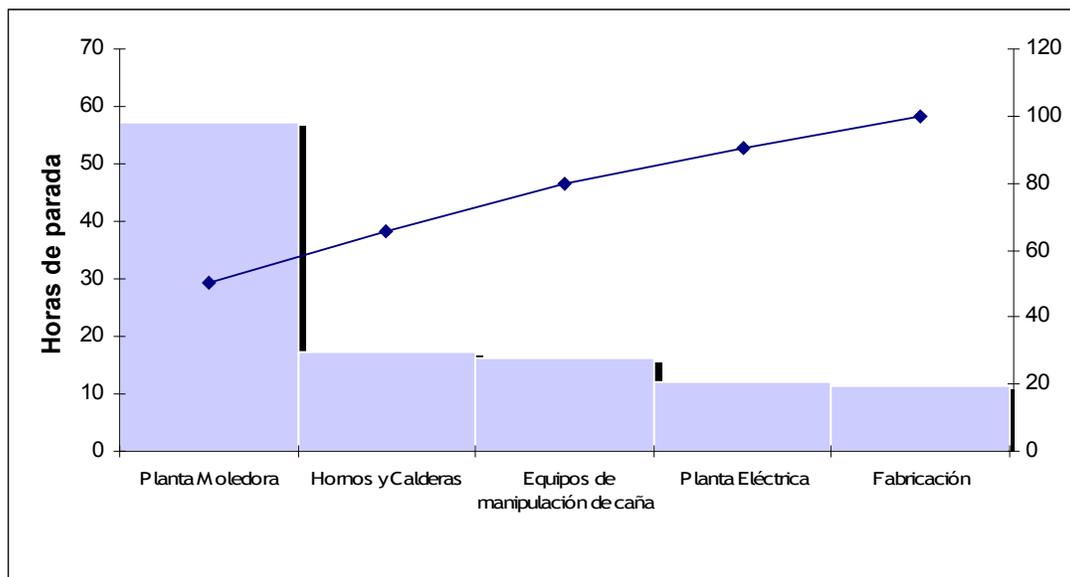
- a). Gráficos de contorno;
- b). Determinar el valor del punto estacionario y deducir si es máximo o mínimo; o
- c). Métodos numéricos (para el óptimo restringido), de ser necesario.

Anexo 16. Número de experimentos en diseños compuesto central y Box- Behnken.

N _o de factores	Diseño compuesto central con 5 niveles N _o de experimento Factorial + estrella + central = total	Diseño Box-Behnken con 3 niveles. N _o de experimentos. Estructura + central = total	Diseños compuesto centrales sin bloques	N _o de coeficientes en el modelo cuadrático
2	$2^2+4+5=13$ ($\alpha=1.41$; un bloque)	Sin diseño	6	6
3	$2^3+6+6=20$ ($\alpha=1.73$; dos bloques)	$12+3=15$ (un bloque)	10	10
4	$2^4+8+9=33$ ($\alpha=2.00$; tres bloques)	$24+3=27$ (tres bloques)	16	15
5	$2^4+10+6=32$ ($\alpha=2.00$; dos bloques)	$40+6=46$ (dos bloques)	21	21
6	$2^5+12+9=53$ ($\alpha=2.24$; tres bloques)	$48+6=54$ (dos bloques)	28	28
7	$2^6+14+15=87$ ($\alpha=2.45$; cinco bloques)	$56+6=62$ (dos bloques)	39	36

Fuente: Erjavec, et al. (2000)

Anexo 17. Áreas del proceso industrial que mayor número de horas de parada reportan por roturas industriales



Anexo 18

Para el cálculo del número de expertos (expresión 2.1), se consideró que $i=0,10$; $p=0,01$; $K=6,6564$; $1-\alpha=0,99$, resultando necesario la opinión de 7 expertos para establecer el grado de la relación entre características tecnológicas del proceso industrial de la caña de azúcar. Se evaluó el coeficiente de competencia a cada experto según (Hurtado de Mendoza F. S. (2003) (ver Anexo 5).

Expertos	Entidad y especialidad
Ing. Eloy López Figueredo	MINAZ Provincial, Vicepresidencia de Producción Villa Clara. Especialista en Producción. Ingeniero Químico
Ing. Rosa Darías Pérez	Empresa Azucarera Melanio Hernández. Técnico de Fabricación. Ingeniero Químico.
Ing. Gregorio Pérez González	Empresa Azucarera Melanio Hernández. Jefe de Fabricación. Ingeniero Químico.
Dr. C. Rolando A. Hernández León	Centro Universitario Sancti Spiritus. Especialista en Fabricación. Ingeniero Químico.
Ing. Alberto Azaret Galí	Centro Universitario Sancti Spiritus. Especialista en Molinos. Ingeniero Mecánico.
Dr. C. Osvaldo Romero Romero	Profesor Universitario. Centro Universitario Sancti Spiritus. Especialista en Fabricación. Ingeniero Químico.
Dr. C. Rolando Santana	ISPJAE. Profesor Principal Especialidad azucarera. Ingeniero Químico.

Anexo 19. Solicitud de la opinión de los expertos

Asigne el grado de la relación las entre características tecnológicas, en la **Etapa EXTRACCIÓN**, para la **producción de azúcar crudo**, según su opinión.

Escala: 3: Fuerte, **2:** Media, **1:** Débil ó **0:** No existe; para asignar el grado de la relación entre:VE (vs) Pp y VE (vs) VS:

VE: Variables de Entrada; **Pp:** Parámetros de proceso y **VS:** Variables de Salida.

Variables de Entrada (VE)	Parámetros de proceso (Pp)									Variables de Salida (VS)										
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	A1	B1	C1	D1	E1	F1	G1	H1	I1	J1	
Índice de preparación (IP)																				
% de caña no preparada (CNP)																				
% de materias extrañas (ME)																				
Pol en caña																				
% de caña atrasada (CATRAS)																				
Frescura de la caña (FRESCC)																				

A:Velocidad del motor o máquina (VELOC)

B: Setting del molino 1 (SETT1)

C: Setting del molino 5 (SETT5)

D: Flotacion de los molinos (FLOTAC)

E: Temperatura del agua de imbibicion (TEMP)

F: Cantidad de agua de imbibicion (CANT)

G: Infección en el tandem (INFECC)

H: Presión hidráulica molino 1 (PH1)

I: Presión hidráulica molino 5 (PH5)

A1: Brix de jugo primario (BXJP)

B1: Pol jugo primario (PJP)

C1: Pureza de jugo primario (PRJP)

D1: % sedimento (SEDIM)

E1: Brix jugo mezclado (BXJM)

F1: Pureza jugo mezclado (PRJM)

G1:Caída de pureza primario/mezclado (CAIDAPR)

H1:Pol en bagazo (POLB)

I1: Humedad en bagazo (HUMEDAD)

J1: % de goma (GOM)

Etapa: PURIFICACIÓN

Variables de Entrada (VE)	Parámetros de proceso (Pp)							Variables de Salida (VS)					
	A	B	C	D	E	F	G	A2	B2	C2	D2	E2	F2
Brix del jugo primario													
Pol del jugo primario													
Brix del jugo mezclado													
Pureza del jugo mezclado													
Caída de pureza primario/mezclado													
% goma													

A: Baumé de la cal (Be de cal)

B: % de Oxido de cal

C: Tiempo de repetnción por parada

D: Temperatura de los calentadores jugo mezclado

E: Nivel de cachaza en el clarificador

F: Temperatura de salida del calentador 5 ó 6

G: Tiempo de retención en el clarificador

A2: % de PH alcalizado dentro norma

B2: % de PH clarificado dentro de norma

C2: Caída de pureza clarificado/mezclado

D2: Pureza del jugo clarificado

E2: % pol de la cachaza agotada

F2: Transparencia jugo clarificado

Anexo 20. Votaciones correspondientes a las VE del área de extracción (Índice de Preparación y % de Caña No Preparada).

Área de Extracción																			
Índice de Preparación (IP)	Votación																		
	Parámetros de proceso									Variables de Salida									
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	A1	B1	C1	D1	E1	F1	G1	H1	I1	J1
Expertos 1	3	3	2	3	2	0	0	2	3	0	3	0	0	1	1	1	1	3	0
Expertos 2	3	2	2	2	2	0	0	2	2	0	3	0	0	1	1	1	1	3	0
Expertos 3	3	2	2	2	2	0	0	2	2	0	3	0	0	1	1	1	1	3	0
Expertos 4	3	2	2	2	2	0	0	2	2	0	3	0	0	1	1	1	1	3	0
Expertos 5	3	2	2	2	2	0	0	2	2	0	3	0	0	1	1	1	1	3	0
Expertos 6	3	2	2	2	2	0	0	2	2	0	3	0	0	1	1	1	1	3	1
Expertos 7	2	2	1	2	2	0	0	1	2	0	2	0	0	0	0	0	0	3	0
Desviación estándar	0,378	0,378	0,378	0,378	0	0	0	0,378	0,378	0	0,378	0	0	0,378	0,378	0,378	0,378	0	0,378
Índice Consenso	76,44	76,44	76,44	76,44	100	100	100	76,44	76,44	100	76,44	100	100	76,44	76,44	76,44	76,44	100	76,44

A: Velocidad del motor o máquina (VELOC)
 B: Setting del molino 1 (SETT1)
 C: Setting del molino 5 (SETT5)
 D: Flotacion de los molinos (FLOTAC)
 E: Temperatura del agua de imbibicion (TEMP)
 F: Cantidad de agua de imbibicion (CANT)
 G: Infección en el tandem (INFECC)
 H: Presión hidráulica molino 1 (PH1)
 I: Presión hidráulica molino 5 (PH5)

A1: Brix de jugo primario (BXJP)
 B1: Pol jugo primario (PJP)
 C1: Pureza de jugo primario (PRJP)
 D1: % sedimento (SEDIM)
 E1: Brix jugo mezclado (BXJM)
 F1: Pureza jugo mezclado (PRJM)
 G1: Caída de pureza primario/mezclado (CAIDAPR)
 H1: Pol en bagazo (POLB)
 I1: Humedad en bagazo (HUMEDAD)
 J1: % de goma (GOMA)

% Caña No Preparada (CNP)	Votación
---------------------------	----------

	Parámetros de proceso									Variables de Salida									
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	A1	B1	C1	D1	E1	F1	G1	H1	I1	J1
Expertos 1	3	2	0	2	0	0	0	3	3	0	0	0	0	0	0	0	3	3	0
Expertos 2	3	3	0	2	0	0	0	3	3	0	0	0	0	0	0	0	3	3	0
Expertos 3	3	3	0	2	0	0	0	3	3	0	0	0	0	0	0	0	3	3	0
Expertos 4	3	3	0	2	0	0	0	3	3	0	0	0	0	0	0	0	3	3	0
Expertos 5	3	3	0	2	0	0	0	3	3	0	0	0	0	0	0	0	3	3	0
Expertos 6	3	3	0	2	0	0	0	3	2	0	0	0	0	0	0	0	3	2	0
Expertos 7	3	3	0	1	0	0	0	2	3	0	0	0	0	0	0	0	2	3	0
Desviación estándar	0	0,378	0	0,378	0	0	0	0,378	0,378	0	0	0	0	0	0	0	0,378	0,38	0
Índice Consenso	100	76,44	100	76,44	100	100	100	76,44	76,44	100	100	100	100	100	100	100	76,44	76,4	100

Anexo 21. Matriz del grado de la relación promedio entre características tecnológicas

Etapas de Extracción

VE	Matriz grado de la relación promedio																		
	Parámetros de proceso (Pp)									Variables de Salida (VS)									
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	A1	B1	C1	D1	E1	F1	G1	H1	I1	J1
IP	2,86	2,14	1,86	2,14	2	0	0	1,86	2,14	0	2,9	0	0	0,9	0,9	0,9	3	0,1	0,86
CNP	3	2,86	0	1,86	0	0	0	2,86	2,86	0	0	0	0	0	0	0	2,86	0	2,86
ME	0,14	0,14	0,14	0	0,143	0	2,9	0,14	0	2,14	2,3	2,14	2,14	2,9	1,1	2,9	0,14	2	0,14
CATRAS	0,14	0,14	0	0,14	0	0,1	2,3	0,14	0,14	2,86	2,9	2,14	2,86	2,9	2,3	2,9	0	2,9	0
FRESCC	0,14	0,14	0,14	2,86	0	1,3	0,1	0,14	0,14	2,86	3	2,86	0	2,9	2,9	2,9	0,14	2,9	2,86
POLC	2,86	2,86	2,86	3	1,857	2,9	0	3	2,14	2,86	3	2,14	0,14	1,7	0,9	0,1	0,86	0,1	2,86

A: Velocidad del motor o máquina (VELOC)

B: Setting del molino 1 (SETT1)

C: Setting del molino 5 (SETT5)

D: Flotacion de los molinos (FLOTAC)

E: Temperatura del agua de imbibicion (TEMP)

F: Cantidad de agua de imbibicion (CANT)

G: Infección en el tandem (INFECC)

H: Presión hidráulica molino 1 (PH1)

I: Presión hidráulica molino 5 (PH5)

A1: Brix de jugo primario (BXJP)

B1: Pol jugo primario (PJP)

C1: Pureza de jugo primario (PRJP)

D1: % sedimento (SEDIM)

E1: Brix jugo mezclado (BXJM)

F1: Pureza jugo mezclado (PRJM)

G1: Caída de pureza primario/mezclado (CAIDAPR)

H1: Pol en bagazo (POLB)

I1: Humedad en bagazo (HUMEDAD)

J1: % de goma (GOM)

Anexo 22. Resultados de la aplicación del Análisis Cluster Jerárquico, grupos de clasificación del área de extracción

A.) Conglomerados jerárquicos, **VE** respecto a **Pp**. Vinculación promedio (Inter-grupos)

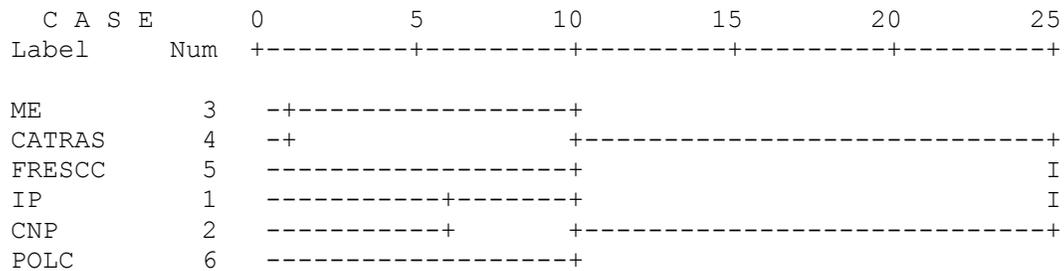
Conglomerado de pertenencia

Caso	3 conglomerados
Índice de preparación	1
Caña no preparada	1
Materias extrañas	2
Caña atrasada	2
Frescura de la caña	2
Pol de la caña	3

Dendrograma

* * * * * H I E R A R C H I C A L C L U S T E R A N A L Y S I S *

Dendrogram using Average Linkage (Between Groups)
Rescaled Distance Cluster Combine



B.) Conglomerados jerárquicos, **VE** respecto a **VS**. Vinculación promedio (Inter-grupos).

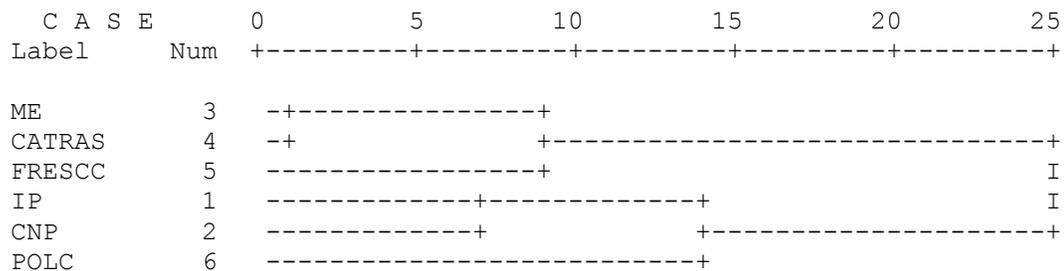
Conglomerado de pertenencia

Caso	3 conglomerados
Índice de preparación	1
Caña no preparada	1
Materias extrañas	2
Caña atrasada	2
Frescura de la caña	2
Pol de la caña	3

Dendrograma

* * * * * H I E R A R C H I C A L C L U S T E R A N A L Y S I S *

Dendrogram using Average Linkage (Between Groups)
Rescaled Distance Cluster Combine



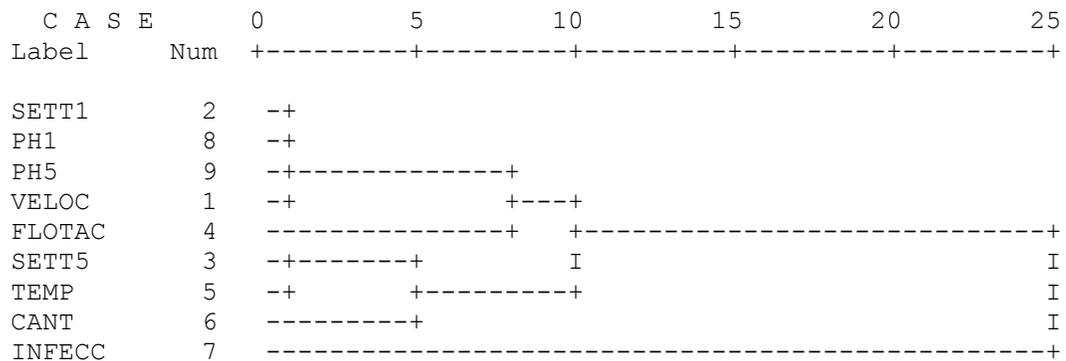
C.) Conglomerados jerárquicos, **Pp.** Vinculación promedio (Inter-grupos).

Conglomerado de pertenencia

Caso	3 conglomerados
Velocidad	1
Setting Molino 1	1
Setting Molino 5	2
Flotación	1
Temp Agua Imbibición	2
Cant Agua Imbibición	2
Infección en molinos	3
Presión Hidráulica M1	1
Presión Hidráulica M5	1

Dendrograma

Dendrogram using Average Linkage (Between Groups)
Rescaled Distance Cluster Combine



D.) Conglomerados jerárquicos, **VS.** Vinculación promedio (Inter-grupos).

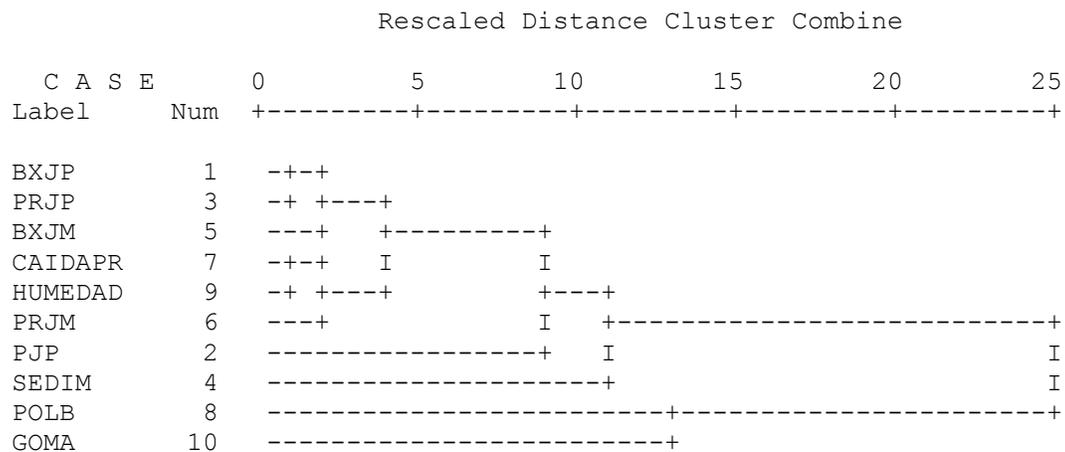
Conglomerado de pertenencia

Caso	3 conglomerados
Brix Jugo primario	1
Pol Jugo primario	1
Pureza Jugo primario	1
Porcentaje sedimento	1
Brix Jugo mezclado	1
Pureza Jugo mezclado	1
Caída de pureza jp-m	1
Porcentaje de goma	2
Pol en bagazo	3
Humedad del bagazo	1

Dendrograma

* * * * * H I E R A R C H I C A L C L U S T E R A N A L Y S I S *

Dendrogram using Average Linkage (Between Groups)



Anexo 23. Prioridad de cada grupo de clasificación del área de extracción a partir del grado de la relación promedio entre características tecnológicas, otorgado por los expertos

Grupos VE	Prioridad por grupo de VE	
	respecto a Pp	respecto a VS
Grupo I (IP- CNP)	0,47	0,144
Grupo II (ME- CATRAS- FRESCC)	0,14	0,396
Grupo III (POLC)	0,39	0,461

Grupos	Prioridad
Pp	
Grupo I Pp (VELOC-SETT1-FLOTAC-PH)	0,422
Grupo II Pp (SETT5-TEMP-CANT)	0,127
Grupo III Pp (INFECC)	0,451
VS	
Grupo I VS (P-BX-PR-SEDIM-HUMEDAD)	0,351
Grupo II VS (GOMA)	0,334
Grupo III VS (POLB)	0,315

Anexo 24. Modelo para la recolección de datos

- **Recepción**

Día _____ *Hora* _____ *Medio de transp.* _____ *Brig.* _____
Variedad _____ *Frescura* _____ *Mat. Extrañas* _____

- **Preparación**

Veloc. estera #2 _____ *Altura del colchón(H)* _____ *Molida horaria* _____ *# Machetes(N)* _____
Veloc. cuch.#1(rpm) _____ *Potencia consumida: Cuchilla #1* _____ *Diámetro de giro(Dg)* _____
Veloc. cuch.#2(rpm) _____ *Cuchilla #2* _____ *Relac. Mach-guard* _____
Brix en caña _____ *Molino #1* _____ *Relac. Mach-tabl(S)* _____
Pol en caña _____ *Máquina #1* _____ *Ancho conductor(W)* _____
Fibra en caña _____ *Máquina #2* _____
Densidad _____ *Indice prep (IP)* _____ *% caña preparada* _____

- **Molinos**

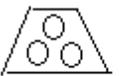
Setting _____

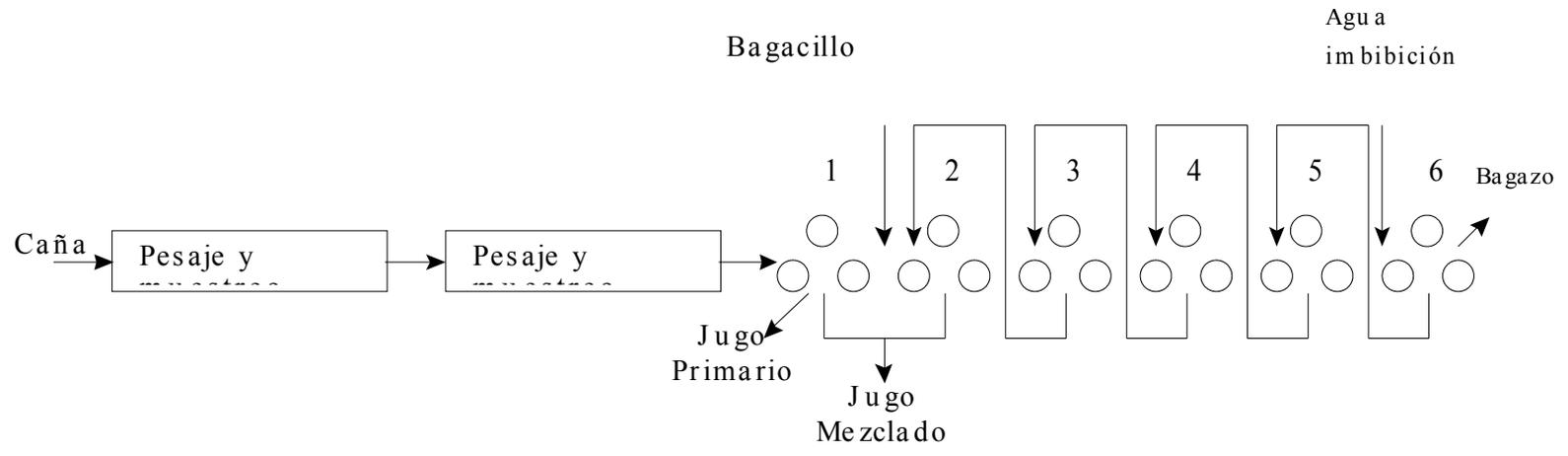
Presión vapor directo _____

Imbibición. Cantidad _____

Imbibición. Temperatura _____

Unidades de molida

								
<i>Extracción de Jugo por Molino</i>	<i>Presión Hidráulica</i>	<i>C O</i>	<i>C O</i>	<i>C O</i>	<i>C O</i>	<i>C O</i>	<i>C O</i>	
	<i>Flotación</i>							
	<i>Fibra Bagazo</i>	<i>E S</i>	<i>E S</i>	<i>E S</i>	<i>E S</i>	<i>E S</i>	<i>E S</i>	
	<i>Brix</i>							
	<i>Pol</i>							
	<i>Humedad</i>							
	<i>% Extracción</i>							
	<i>Corrida de Brix por maza y por Molino</i>	<i>Brix</i>	<i>C B</i>	<i>C B</i>	<i>C B</i>	<i>C B</i>	<i>C B</i>	<i>C B</i>
		<i>Pol</i>						
		<i>Brix J P</i>						
<i>Brix J Mz</i>								
<i>Pol J Mz</i>								



Anexo 26. Hoja de cálculo en EXCEL para el cálculo de la extracción por unidad de molida

	A	B	C	D	E	F	G	H
1								
2								
3								
4								
5		Corriente 1	Corriente 2	Corriente 3	Corriente 4	Corriente 5	Corriente 6	Corriente 7
6								
7	Pol							
8	peso 1	195.76	194.64	183.42	172.18	173.02	179.65	184.93
9	peso 2	128.61	132.89	122.58	118.08	119.19	119.47	135.48
10	Brix	19.22	19.22	14.41	13.81	12.61	9.01	7.41
11	LecturaPol	17.4	17.2	13.6	12.2	11.4	5.6	4.8
12								
13								
14								

Figura 1. Hoja de cálculos perteneciente a la entrada de datos. Fuente: Peláez García (1999).

	A	B	C	D	E	F	G	H
4								
5		Corriente 1	Corriente 2	Corriente 3	Corriente 4	Corriente 5	Corriente 6	Corriente 7
6								Jugo
7	Pol							
8	peso 1	195.76	194.64	183.42	172.18	173.02	179.65	184.93
9	peso 2	128.61	132.89	122.58	118.08	119.19	119.47	135.48
10	Brix	19.22	19.22	14.41	13.81	12.61	9.01	7.41
11	LecturaPol	17.4	17.2	13.6	12.2	11.4	5.6	4.8
12								
13	Humedad	67.15	61.75	60.84	54.1	53.83	60.18	49.45
14	Fibra	16.87298836	23.55781134	28.91692955	37.23169741	38.40256322	33.86086383	46.59250459
15	%Pol	14.46410002	13.14805645	9.667297581	7.657732916	7.022107793	3.703791625	2.56355978
16								
17								
18								
19	Leyenda	Corriente 1	Entrada Molino 1					
20		Corriente 2	Entrada Molino 2					
21		Corriente 3	Entrada Molino 3					
22		Corriente 4	Entrada Molino 4					
23		Corriente 5	Entrada Molino 5					
24		Corriente 6	Entrada Molino 6					
25		Corriente 7	Entrada Molino 7					

Figura 2. Hoja de cálculos perteneciente a las corrientes másicas. Fuente: Peláez García (1999).

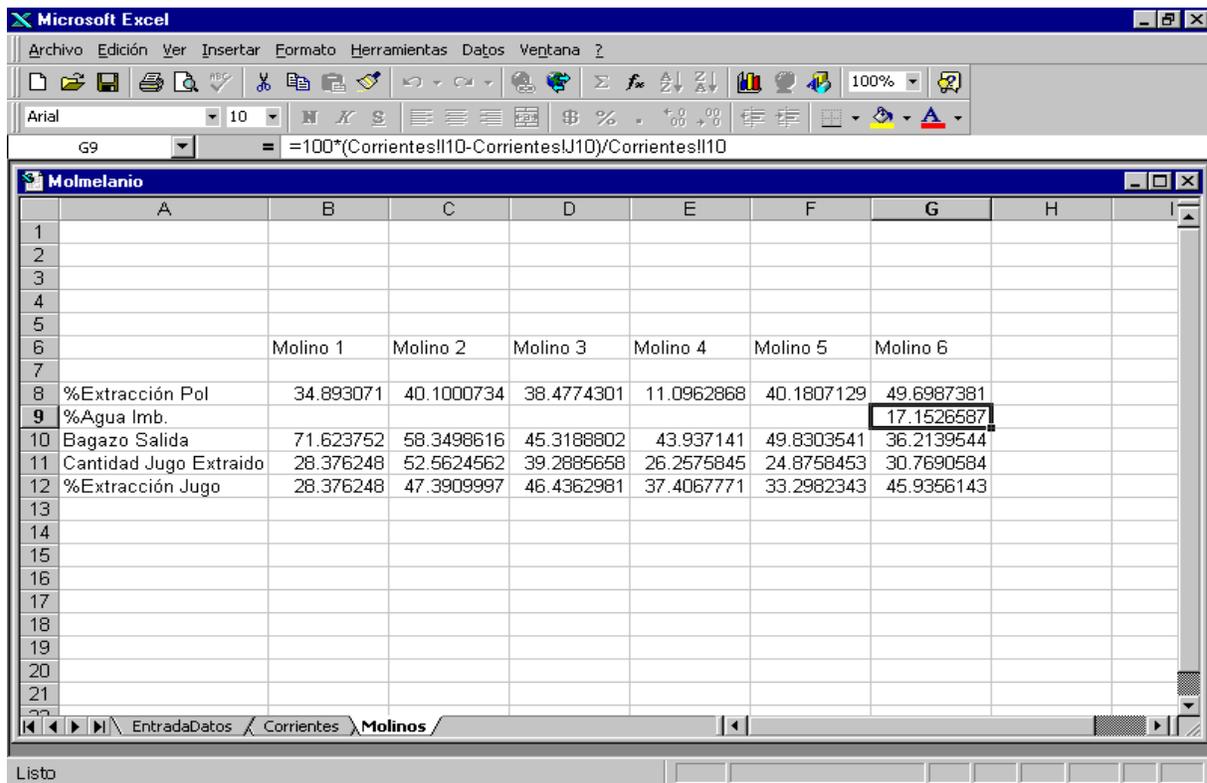
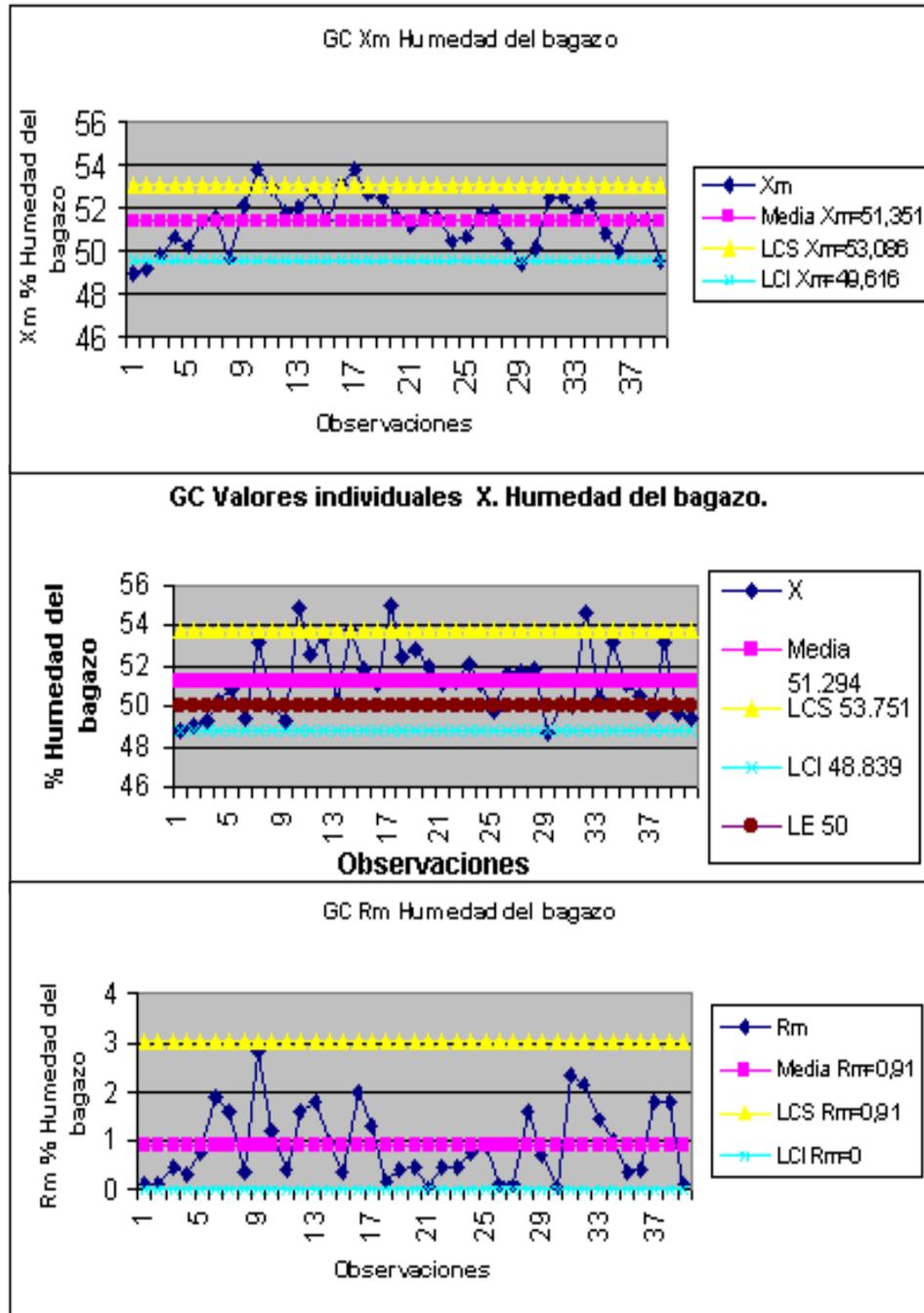


Figura 3. Hoja de cálculos perteneciente a los molinos. Fuente: Peláez García (1999).

Anexo 27. Gráficos de Control (GC) de \bar{X}_m , X y R_m , para la Humedad del bagazo ($R_m=2$).



Anexo 28. Análisis realizados en el diagnóstico para la detección de causas vinculadas con variables organizativas y tecnológicas

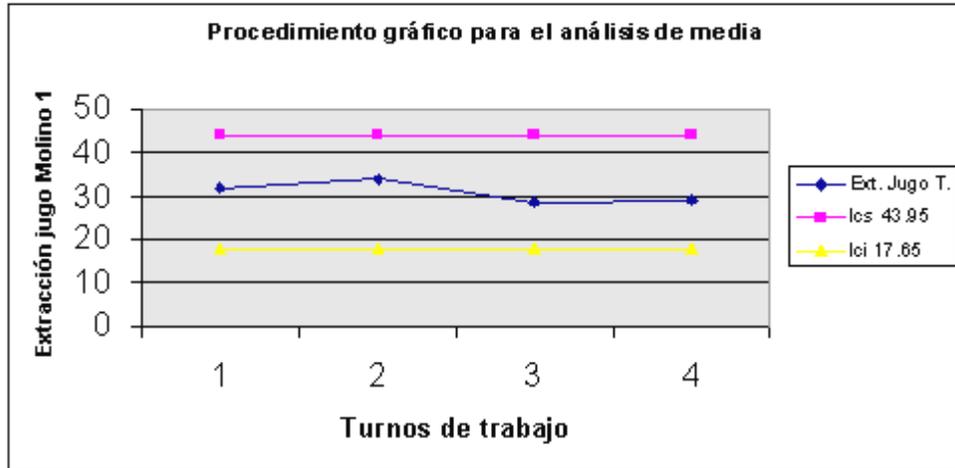


Figura 1. Análisis para detectar diferencias entre los turnos de trabajo. Extracción en la primera unidad de molida

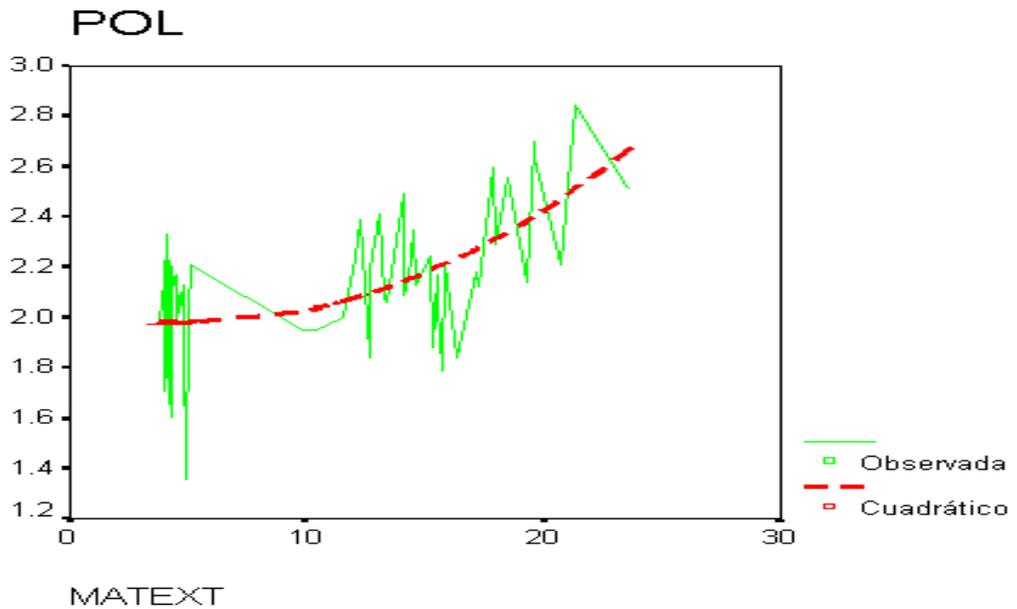


Figura 2. Relación cuadrática entre el % de materias extrañas y el contenido de Pol en bagazo

Anexo 29. Prioridad otorgada a las variables organizacionales por los expertos

Para la asignación de prioridades fueron seleccionados expertos de la industria, cuyo número fue calculado según expresión (2.1); $N= 7$ para $p = 0,01$, $K= 6,6564$, $i= 0,10$

Se representa la importancia, de mayor (menor valor) a menor.

Variables	Total
Capacitación	1 (15)
Sistema de estimulación	2 (18)
Motivación	3 (23)
Condiciones de trabajo	4 (24)
Comunicación	5 (27)
Liderazgo	6 (35)
Grupos	7 (36)
Toma decisiones	8 (40)

Anexo 30. Análisis factorial para valorar agrupación de variables

Total Variance Explained

Component	Initial Eigenvalues			Extraction Sums of Squared Loadings		
	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %
1	1,933	12,078	12,078	1,933	12,078	12,078
2	1,899	11,867	23,945	1,899	11,867	23,945
3	1,430	8,941	32,886	1,430	8,941	32,886
4	1,388	8,676	41,561	1,388	8,676	41,561
5	1,317	8,233	49,795	1,317	8,233	49,795
6	1,234	7,709	57,504	1,234	7,709	57,504
7	1,099	6,868	64,372	1,099	6,868	64,372
8	,976	6,100	70,472			
9	,829	5,182	75,654			
10	,825	5,157	80,812			
11	,732	4,577	85,389			
12	,675	4,219	89,608			
13	,593	3,709	93,318			
14	,534	3,340	96,658			
15	,320	2,003	98,661			
16	,214	1,339	100,000			
Extraction Method: Principal Component Analysis.						

Component Matrix(a)

	Component						
	1	2	3	4	5	6	7
L1				,401			
L2			,432		,459		
L3	,486			-,538			
L4						,471	
M5	,510			,565			
M6	,747						
M7	,426						
M8			,433				
R9		,652					
R10		,720					
R11			-,453				
R12	,473					,416	
P13						-,598	
P14			,444	,411			
P15					,777		
P16				,473			,512
Extraction Method: Principal Component Analysis.							
a 7 components extracted.							

Anexo 31. Análisis de correlación bivariada para la obtención de la cadena de dependencia estadísticamente significativa

Nonparametric Correlations

		L1	L2	L3	L4	M5	M6	M7	M8	R9	R10	R11	R12	P13	P14	P15	P16	
Spearman's rho	L1	Correlation Coefficient	1.000	.645	-.142	-.004	.004	-.097	-.009	.097	.288	.022	-.055	-.130	-.028	.061	.041	.120
		Sig. (2-tailed)	.	.013(*)	.154	.972	.967	.331	.929	.332	.003(**)	.828	.583	.190	.782	.539	.682	.227
		N	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103
	L2	Correlation Coefficient	.645	1.000	.622	.014	-.025	-.126	.045	.080	.057	.129	-.032	.006	.019	.045	.133	-.050
		Sig. (2-tailed)	.013(*)	.	.024(*)	.888	.806	.206	.649	.421	.571	.196	.746	.949	.846	.653	.182	.613
		N	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103
	L3	Correlation Coefficient	-.142	.622	1.000	-.005	-.062	.129	.126	.643	-.003	.052	.017	.046	.648	.059	.062	-.088
		Sig. (2-tailed)	.154	.024(*)	.	.956	.533	.193	.203	.013(*)	.977	.604	.865	.646	.011(*)	.551	.536	.379
		N	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103
	L4	Correlation Coefficient	-.004	.014	-.005	1.000	.084	.014	-.058	.054	-.044	-.043	-.054	.157	-.034	.017	-.065	-.036
		Sig. (2-tailed)	.972	.888	.956	.	.402	.886	.562	.590	.662	.664	.585	.114	.737	.861	.517	.722
		N	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103
	M5	Correlation Coefficient	.004	-.025	-.062	.084	1.000	.744	-.030	.081	-.048	-.159	.074	.110	-.004	.168	.014	.074

		Sig. (2-tailed)	.967	.806	.533	.402	.	.000(**)	.766	.415	.629	.108	.455	.270	.968	.090	.889	.458
		N	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103
	M6	Correlation Coefficient	-.097	-.126	.129	.014	.744	1.000	.681	-.027	-.079	-.042	.619	.773	.062	-.065	.029	-.061
		Sig. (2-tailed)	.331	.206	.193	.886	.000(**)	.	.004(**)	.790	.428	.677	.026(*)	.005(**)	.535	.513	.775	.544
		N	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103
	M7	Correlation Coefficient	-.009	.045	.126	-.058	-.030	.681	1.000	.616	.046	.611	.104	.021	.043	.086	-.034	.047
		Sig. (2-tailed)	.929	.649	.203	.562	.766	.004(**)	.	.028(*)	.647	.032(*)	.297	.833	.666	.389	.736	.636
		N	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103
	M8	Correlation Coefficient	.097	.080	.243	.054	.081	-.027	.616	1.000	.037	.161	-.122	.077	.042	.157	.630	.107
		Sig. (2-tailed)	.332	.421	.013(*)	.590	.415	.790	.028(*)	.	.707	.103	.220	.439	.673	.114	.019(*)	.282
		N	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103
	R9	Correlation Coefficient	.288	.057	-.003	-.044	-.048	-.079	.046	.037	1.000	.476	-.068	-.103	.016	.077	-.222	.117
		Sig. (2-tailed)	.003(**)	.571	.977	.662	.629	.428	.647	.707	.	.000(**)	.493	.302	.871	.439	.024(*)	.241
		N	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103
	R10	Correlation Coefficient	.022	.129	.052	-.043	-.159	-.042	.611(*)	.161	.476	1.000	.725	-.024	.018	-.037	-.026	.060
		Sig. (2-tailed)	.828	.196	.604	.664	.108	.677	.032	.103	.000(**)	.	.001(**)	.810	.861	.710	.791	.549

	P16	Correlation Coefficient	.120	-.050	-.088	-.036	.074	-.061	.047	.107	.117	.060	.038	-.009	-.054	.621	-.021	1.000
Sig. (2-tailed)		.227	.613	.379	.722	.458	.544	.636	.282	.241	.549	.704	.926	.589	.025(*)	.835	.	
N		103	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103

* Correlation is significant at the .05 level (2-tailed).

** Correlation is significant at the .01 level (2-tailed).

Anexo 32. Sesión 1 para el trabajo con las variables causales, teniendo en cuenta las relaciones de dependencia entre ellas

Objetivos

- Presentar a todas las personas que participarán en las sesiones de trabajo grupal (coordinador, observador y resto de los participantes), procurando fomentar la creación de una atmósfera de trabajo adecuada y positiva.
- Presentar la propuesta de intervención y adecuar las expectativas de los participantes con respecto a los objetivos específicos de la misma, ofreciendo información acerca de sus características.
- Motivar a los participantes con respecto a los propósitos de la intervención.
- Facilitar el aprendizaje de la creación de un clima sociopsicológico positivo en el espacio grupal.
- Facilitar conocimientos prácticos sobre el liderazgo, el trabajo en equipo, el proceso comunicativo, etc., los cuales resultan necesarios para el clima socio- laboral de la organización.
- Propiciar las reflexiones de los participantes con relación a los elementos tratados en el momento de la capacitación.
- Realizar ejercicios propios de la dinámica grupal para complementar los propósitos del objetivo anterior.

Contenido

I. Presentación de los participantes y expectativas con respecto a las sesiones de trabajo grupal que se efectuarán

Objetivos

- Presentar a los participantes, al coordinador, y observador; para fomentar la creación de una atmósfera de trabajo positiva y de interacción entre los participantes de las sesiones de trabajo grupal.
- Adecuar las expectativas de los participantes con respecto a los objetivos específicos de la capacitación ofreciendo información acerca de las características de la intervención.

Procedimiento

Para la presentación de los participantes, se procederá al inicio del encuentro a la presentación de cada participante, es decir, cada uno dice su nombre completo, ocupación, cargo que ocupa, años de experiencia.

Seguidamente se intercambia con los participantes acerca de lo que esperan les aporte las sesiones de trabajo grupal desde el punto de vista grupal y personal. Se plantean tres preguntas a los participantes para estimular la reflexión: ¿Qué espero que ocurra? ¿Qué espero que no ocurra? ¿Qué puedo aportar? o simplemente plantean sus expectativas con respecto a las sesiones grupales.

II. Presentación de la propuesta de intervención

Objetivos

- Adecuar las expectativas de los participantes con respecto a lo que se puede lograr en las sesiones de trabajo grupal.
- Propiciar la motivación de los participantes con respecto a la intervención.

Procedimiento

Sobre la base de las intervenciones de los sujetos se esclarecen los objetivos de las sesiones de trabajo grupal dejando establecido qué se puede lograr y qué no en relación con las expectativas de los participantes.

Se hace referencia a las características de este tipo de capacitación haciendo énfasis en las diferencias con un curso intensivo destacando para ello el carácter activo de la misma y la relevancia del proceso de aprendizaje de los participantes para procurar el cambio dentro de la organización.

Nota: Esta presentación se desarrolla dialogando con los participantes para evitar las intervenciones prolongadas del coordinador y de este modo ser consecuentes con los métodos que se utilizan en este tipo de actividad.

III. Elaboración conjunta de normas de trabajo en grupo

Objetivos

- Definir las normas que regirán el comportamiento del grupo durante las sesiones de trabajo grupal.
- Fomentar el sentimiento de pertenencia al grupo a través del establecimiento de las normas aceptadas por todos.

Procedimiento

Se realiza mediante un brainstorming o lluvia de ideas. Se crean primeramente las condiciones para que se formulen por los participantes las normas que regirán el trabajo del grupo, referidos a los elementos que deben observarse para ser efectivos en el trabajo del grupo, como son: hora de comienzo y terminación, recesos, permanencia, elementos de ética que regirán, sinceridad, discreción, respeto a las opiniones del otro. Es importante que las normas sean fijadas y aceptadas por todos los miembros. Así como, fomentar el sentimiento de pertenencia al grupo a través del establecimiento de las normas. Debe resumirse al final las reglas que el grupo ha establecido.

IV. Ejercicio de conocimiento

Objetivos

- Fomentar el conocimiento entre los participantes y propiciar las bases para la introducción de las variables con las que se trabajará, a partir de las vivencias que se produzcan.

Procedimiento. Se realizará la técnica siguiente:

Un mundo mejor: Cada grupo dialogará cómo debe ser la convivencia humana para lograr un mundo mejor. Esto mismo lo aplicará a su centro de trabajo. Hará un plan de acción para lograrlo en este encuentro. Se pondrá de inmediato a cumplirlo.

Cada grupo dialoga: ¿cómo debe ser la convivencia humana (mundo, nación, comunidad, centro laboral etc.) para que fuera realizadora del hombre.

Según esto: ¿cómo deberíamos vivir el presente encuentro y cómo deberíamos ser en nuestro centro laboral? El grupo marca reglas de convivencia: pocas, concretas, de actuación inmediata, aceptadas por todos.

¿Qué debe aportar cada uno para conseguir las metas que el grupo y mi organización se propone?

V. Debate (Discusión Grupal)

Objetivos

- Reflexionar acerca de la importancia del trabajo en equipo, de las adecuadas relaciones interpersonales entre las personas, así como del liderazgo, y del intercambio de información en el proceso comunicativo entre los miembros de una organización.

- Facilitar el aprendizaje de la creación de un clima sociopsicológico positivo en la organización.

Procedimiento

Primeramente el coordinador expone, a modo de capacitación, ideas o planteamientos en relación a las variables con las que se trabaja en la sesión. Esto lo hace auxiliándose de una presentación en power point o de una pizarra.

Posteriormente se hará la técnica *Phillips 6/6* para lo cual se dividirá al grupo en subgrupos de, como máximo, seis personas que durante seis minutos discutirán para analizar cómo se comportan esas variables en su accionar diario en la organización. La técnica tiene como objetivos:

- Promover rápidamente la participación de todo el grupo.
- Obtener muchas opiniones en poco tiempo.
- Resolver un problema de forma creativa y descubrir las divergencias existentes ante la problemática en cuestión.

La técnica se realiza de la forma siguiente:

Los grupos se reúnen en lugares diferentes y cada uno de los integrantes expone su opinión durante un minuto. Un secretario designado por el grupo tomará nota de las aportaciones, y en el último minuto, se realiza un resumen de opinión del subgrupo. Un portavoz de cada grupo expone en el aula común sus resultados que una vez comparados con los del resto de los subgrupos serán sintetizados por el moderador y anotados en la pizarra. Si todavía quedasen puntos por tratar se repite el proceso hasta que se hayan trabajado todos los aspectos.

Luego de la realización de la técnica anterior se brinda el espacio para si aún es necesario, promover el intercambio de criterios e ideas donde los participantes logren debatir, esclarecer y ampliar su aprendizaje en relación con el contenido presentado.

Luego del debate se realiza la técnica "**La cadena del amor**".

Objetivos

1. Disminuir las tensiones y estados displacenteros que pueden surgir a raíz de un debate
2. Positivizar y fortalecer las relaciones afectivas entre los miembros del grupo.
3. Reforzar determinados elementos positivos que posean los miembros del grupo y que nos interesen afianzar.

Procedimiento

Cada uno dentro del grupo puede enviarle un mensaje positivo a alguien que desee; puede ser a uno o a varios; relativo a lo que ha observado como destacable en esa persona y que quiere expresarle personalmente ahora que se le da la oportunidad.

VI. Cierre

Objetivos

- Fortalecer las relaciones interpersonales en el grupo en un ambiente favorable.
- Motivar a los miembros del grupo para el próximo encuentro.

Procedimiento. Se realizará la Técnica de cierre “Frasas incompletas”:

Objetivos

- Establecer una retroalimentación de la sesión.
- Conocer el impacto de la sesión en los participantes, de una forma más integradora y completa.

Se coloca frente al grupo un papelógrafo con frases incompletas para que el grupo se guíe, estas se irán completando con los sentimientos, vivencias e ideas de los participantes. Estas frases serán las siguientes:

“Hoy me he sentido...”

“Este tema...”

“Me gustaría...”

“Aprendí...”

“No me gustó mucho...”

“Este grupo me parece...”

Tiempo de duración: Aproximadamente diez minutos.

Por último se invita a los participantes a la sesión siguiente, se precisa, día, hora, lugar y temas a tratar.

Anexo 32. Sesión 2 para el trabajo con las variables intermedias, teniendo en cuenta las relaciones de dependencia entre ellas

Objetivos

- Facilitar el aprendizaje de la creación de un clima sociopsicológico positivo en el contexto de la organización.
- Facilitar conocimientos prácticos sobre la motivación, responsabilidad, realización personal, sentido de pertenencia con la organización, equidad, los cuales resultan necesarios para el mejor funcionamiento de la organización.
- Propiciar las reflexiones de los participantes con relación a los elementos tratados en el momento de la capacitación.
- Realizar ejercicios propios de la dinámica grupal para complementar los propósitos del objetivo anterior.

Contenido

I. Escala de la disposición

Objetivos

- Obtener información para conducir la dinámica grupal.
- Comunicar a los demás su propio estado de ánimo.
- Crear un clima de confianza para iniciar la sesión.

Procedimiento

Se invita a los participantes a que enuncien a todos los miembros del grupo el estado de ánimo y la disposición que los caracteriza para comenzar el trabajo del día. En dependencia del promedio grupal se aplicará o no técnicas de animación para elevar la disposición (Si yo fuera un color sería...")

II. Técnica "Quién conduce tu carro?"

Objetivos

- Facilitar la comunicación de sentimientos y experiencias.
- Propiciar que las personas reflexionen con relación a su motivación laboral.

Procedimiento

El coordinador comienza a hablar sobre un "carro" que en este caso es el puesto laboral y dice algunas preguntas que se le pueden hacer al carro. Luego invita a los miembros del grupo a hablar sobre su carro.

Preguntas:

¿Desde cuándo manejas ese carro?

¿Es ese el carro que más te gusta o quisieras tener otro?

¿Te sientes motivado con manejarlo todos los días?

¿Hacia dónde se dirige?

¿Quién lleva el timón de tu carro?

¿En tus viajes cuáles son los principales obstáculos?

De acuerdo con tu manera de conducir, ¿te sientes feliz con ese carro?

Según la experiencia que tienes en el manejo de tu carro, ¿qué tienes que corregir para ser mejor conductor?

Tiempo de duración: Depende del tamaño del grupo.

III. Debate (Discusión Grupal)

Objetivos

- Reflexionar acerca de la importancia de la motivación laboral, de la responsabilidad y del sentido de pertenencia con la organización.
- Analizar si las personas implicadas en el proceso se sienten laboralmente realizadas.
- Facilitar el aprendizaje de la creación de un clima sociopsicológico positivo en la organización.

Procedimiento

Primeramente el coordinador expone, a modo de capacitación, ideas o planteamientos con relación a las variables con las que se trabaja en la sesión. Esto lo hace auxiliándose de una presentación en power point o de una pizarra.

Posteriormente se realizará la técnica llamada Foro cuyos objetivos son:

- Hacer una deliberación sobre un tema previamente considerado.
- Adquirir el hábito de expresarse en público.
- Entrenar a los participantes en la coordinación de las actividades grupales centradas en un problema específico.

La misma se realizará teniendo en cuenta los pasos siguientes:

- Se presenta la actividad previa(capacitación) destacando su relación con la acción y el problema concreto sobre el que se esté trabajando y a causa del cual se haya montado el Foro.
- Una vez terminado ese acto, se abre un turno de palabra, explicando previamente las normas, el tiempo de que se dispone, recomendando el tono adecuado en las preguntas y la expresión, etc.

- Conclusiones y valoración de la técnica.

Luego de la realización de la técnica anterior se brinda el espacio para si aún es necesario, promover el intercambio de criterios e ideas donde los participantes logren debatir, esclarecer y ampliar su aprendizaje en relación con el contenido presentado.

IV. Luego del debate se realiza la técnica " El regalo de la alegría".

Objetivos

- Promover un clima de confianza personal, de valoración de las personas y de estímulo positivo del grupo.

- Dar y recibir un feedback positivo en ambiente grupal.

Materiales: Papel y bolígrafo, una sala según el número de los participantes y se desarrollará con un sólo grupo o varios subgrupos de seis a diez personas; dispondrán de cinco minutos de tiempo por participante.

Desarrollo

1. El animador forma los grupos y reparte el papel.
2. Luego, hace una breve presentación: "Muchas veces apreciamos más un regalo pequeño que uno grande. Otras muchas, estamos preocupados por no ser capaces de realizar cosas grandes y dejamos de lado hacer cosas pequeñas aunque tendrían quizás un gran significado. En la experiencia que sigue vamos a poder hacer un pequeño regalo de alegría a cada miembro del grupo".
3. El animador invita a los participantes a que escriban cada uno un mensaje de este tipo a cada compañero de su subgrupo. Mensaje que tienda a despertar en cada persona sentimientos positivos respecto a sí mismo.
4. El animador presenta sugerencias, procurando animar a todos los que envíen un mensaje a cada miembro de su subgrupo, incluso por aquellas personas por las que puedan no sentir gran simpatía. Respecto al mensaje, debe ser muy concreto, especificado y ajustado hacia la persona a la que va dirigido, y que no sea válido para cualquiera; que cada uno envíe mensaje a todos, aunque alguno no le conozca a fondo, en todos podrá encontrar algo positivo; procura decir a cada uno algo que hayas observado en el grupo, sus mejores momentos, sus éxitos, y haz siempre la presentación de tu mensaje de un modo personal; di al otro lo que tú encuentras en él que te hace ser más feliz.
5. Los participantes pueden si quieren firmar.

6. Escritos los mensajes, se doblan y se reúnen en una caja, dejando los nombres a quienes se dirigen hacia fuera. Se dan a cada uno sus mensajes.
7. Cuando todos hayan leído sus mensajes, se tiene una puesta en común con las reacciones de todos.

V. Cierre

Objetivos

- Fortalecer las relaciones interpersonales en el grupo en un ambiente favorable.
- Motivar a los miembros del grupo para el próximo encuentro.

Procedimiento. Se realizará la Técnica de cierre “La Palabra”:

Objetivos de la técnica

- Resumir el impacto de la sesión a través de una palabra.
- Conocer las principales vivencias y emociones que generó el encuentro en el grupo.

Para terminar la sesión se les pide a los participantes una palabra o un sentimiento en relación con la actividad que acaban de realizar. El grupo cierra con esa reflexión final.

Por último se invita a los participantes a la sesión siguiente, se precisa, día, hora, lugar y temas a tratar.

Anexo 32. Sesión 3 para el trabajo con las variables finales, teniendo en cuenta las relaciones de dependencia entre ellas

Objetivos

- Facilitar el aprendizaje de la creación de un clima sociopsicológico positivo en el contexto de la organización.
- Facilitar conocimientos prácticos sobre la participación en el contexto laboral y la importancia de la misma en la involucración para el cambio organizacional.
- Propiciar las reflexiones de los participantes con relación a los elementos tratados en el momento de la capacitación.
- Realizar ejercicios propios de la dinámica grupal para complementar los propósitos del objetivo anterior.
- Evaluar el nivel de conciencia alcanzado por los miembros del grupo con relación a las subvariables analizadas durante toda la intervención.
- Constatar las vivencias y experiencias de los participantes en todas las sesiones de trabajo grupal realizadas.

Contenido

I. Técnica de Animación:" El boom"

Objetivos

- Estimular la animación y la concentración del grupo.
- Relajar las posibles tensiones existentes en el grupo.

Procedimiento

Se le pide al grupo contar hasta el número 20 de forma consecutiva con la condición que cuando aparezca un 3, un múltiplo de 3, o un número terminado en 3, no puede decir el número, sino boom. Se para de contar cada vez que alguien pierda.

II. Técnica "Camino al Hogar"

Objetivos

- Propiciar estados de relajación en las personas.
- Lograr que los participantes vivencien el relato como parte de su vida.
- Establecer una reflexión una vez concluida la técnica acerca de la experiencia personal de los miembros del grupo.

Procedimiento. El coordinador lee despacio el relato "Camino al Hogar" con un fondo musical de ser posible. Para ello se apagan las luces del local y se le indica a las personas que cierren los ojos y que adopten una posición cómoda. Al finalizar se propicia la reflexión a partir de los siguientes puntos para el análisis:

1. ¿Cómo te sentiste?
2. ¿Qué representa el clavel para ti?
3. Compartir la experiencia con los demás.

"Camino al hogar":

Imagínate que un día sales de tu trabajo, vas por la calle, rumbo a tu casa, todo está casi normal pero notas algo muy extraño, no ves a nadie, el muchacho de la gasolinera, no está ahí, ni el que vende los periódicos. Sigues adelante, llegas a la esquina de tu calle y todavía no has visto a ninguna persona; piensas que tu gente debe estar en casa; sigues hasta llegar al portón, entras, pero notas algo extraño, tu perro no salió a saludarte como siempre lo hace, sigues caminado y llegas hasta la puerta, la abres, nadie te recibe, no están tus padres para preguntarte ¿Cómo pasaste el día, no está tu hermano, estás solo. Sigues adelante por el pasillo hasta llegar al cuarto de tus padres, llegas, abres la puerta, no hay nadie. Estás solo, miras sobre la cama de tus padres y ves aquella foto en la que estabas tu con toda tu familia y que nunca habías mirado con detenimiento. Esta foto es la única que te queda de tu familia, la tomas en tus manos y sales caminando de tu casa, al llegar a la puerta llamas a tus padres, a tus hermanos, nadie te responde.

Estás solo. Sales de tu casa, al pasar la puerta ves todo tranquilo, todo sombrío, pero algo llama tu atención, miras al piso y frente a tus pies ves un clavel blanco, lo recoges y sigues caminando.

III. Debate (Discusión Grupal)

Objetivos

- Reflexionar acerca de la importancia de la participación en el contexto laboral, teniendo en cuenta la relevancia que adquiere la misma para propiciar el cambio organizacional.
- Facilitar el aprendizaje de la creación de un clima sociopsicológico positivo en la organización.
- Evaluar el nivel de conciencia alcanzado por los miembros del grupo con relación a las subvariables analizadas durante toda la intervención.

Procedimiento

Primeramente el coordinador expone, a modo de capacitación, ideas o planteamientos con relación a las variables con las que se trabaja en la sesión. Esto lo hace auxiliándose de una presentación en power point o de una pizarra.

Posteriormente se realizará la técnica Torbellino de Ideas cuyos objetivos son:

- Crear un clima informal, permisivo al máximo, sin críticas, libre de tensiones, estimulante del libre vuelo de la imaginación.
- Desarrollar la capacidad para la elaboración de ideas originales.
- Promover la búsqueda de soluciones distintas, quizás más eficaces que las tradicionales.

La misma se realizará teniendo en cuenta los pasos siguientes:

El coordinador del grupo precisa el problema por tratarse, explica el procedimiento y las normas básicas que han de seguirse.

- Las ideas que se expongan no deben ser censuradas ni criticadas directa o indirectamente.
- Los miembros exponen sus puntos de vista sin restricciones, y el coordinador solo interviene si hay que distribuir la palabra entre varios que desean hablar a la vez, o bien si las intervenciones se apartan demasiado del tema central.
- Terminado el plazo previsto para la creación de ideas, se pasa a considerar, la viabilidad o practicidad de las propuestas más valiosas.
- El facilitador del grupo hace un resumen y junto con los miembros extrae las conclusiones.

Luego de la realización de la técnica anterior se brinda el espacio para si aún es necesario, promover el intercambio de criterios e ideas donde los participantes logren debatir, esclarecer y ampliar su aprendizaje en relación con el contenido presentado.

IV. Luego del debate se realiza la técnica "El Arca"

Objetivos

- Activar al grupo.
- Estimular la imaginación de los participantes.
- Crear un ambiente positivo que permita la realización exitosa de las demás actividades de la sesión.
- Acercar afectivamente al grupo.

Procedimiento

El coordinador pide a los participantes que se imaginen que en el centro del círculo hay un arca, que va a viajar al futuro. Cada uno de ellos podrá echar en la misma algo, cualquier cosa, que deseen que las personas vean o sientan dentro de 2000 o 3000 años ¿qué mandará cada uno?

Tiempo de duración: Aproximadamente diez minutos.

V. Cierre

Objetivos

- Fortalecer las relaciones interpersonales en el grupo en un ambiente favorable.
- Motivar a los miembros del grupo para una futura intervención. .

Procedimiento. Se realizará la Técnica de cierre "Quiero despedirme del grupo con una frase".

Objetivo de la técnica.

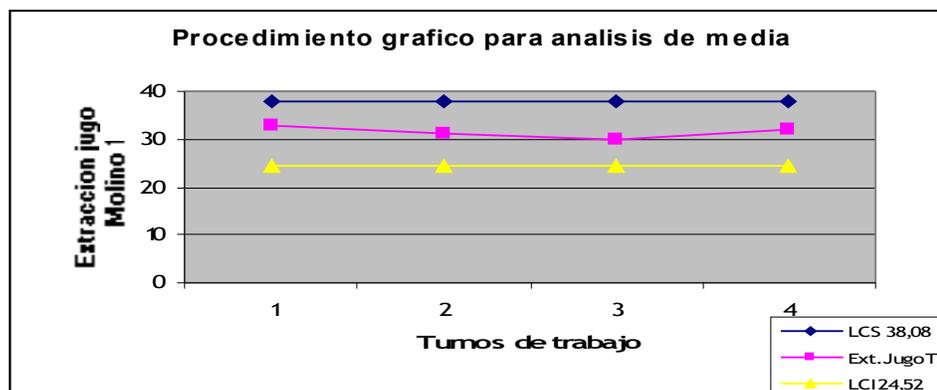
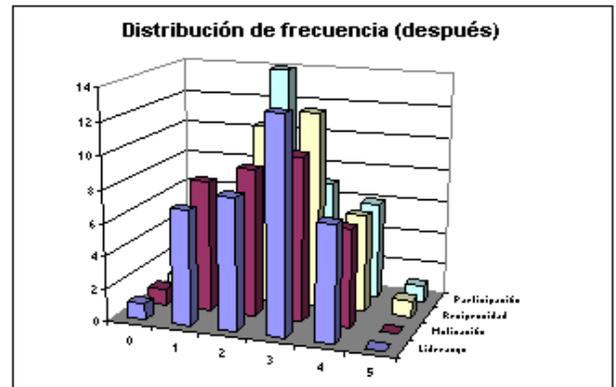
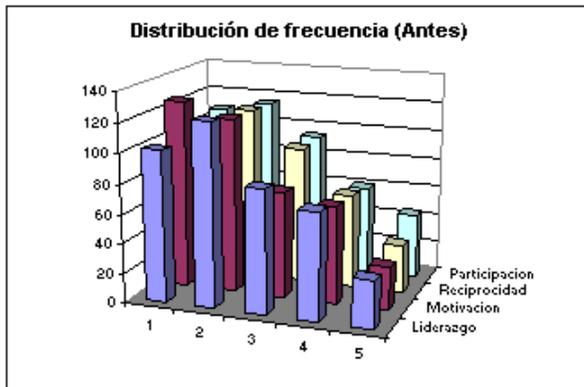
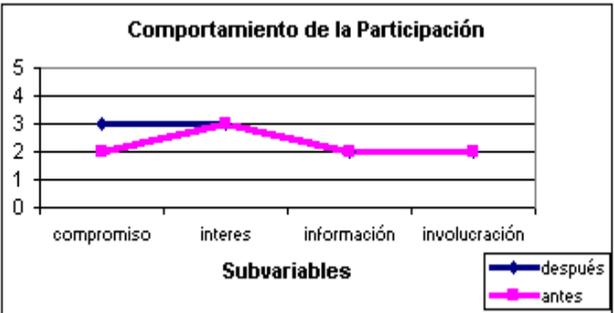
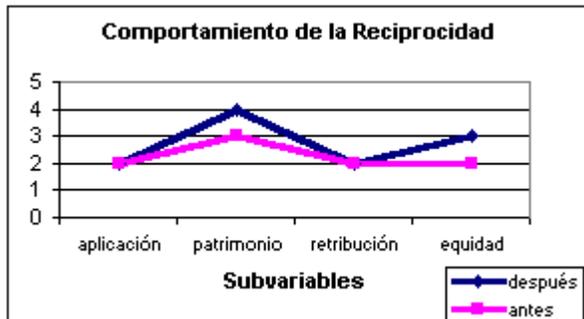
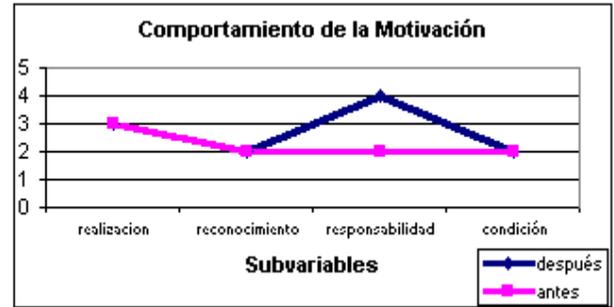
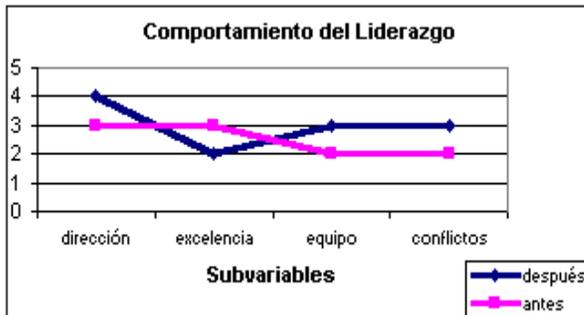
- Ofrecer al grupo una visión personal de las vivencias que cada uno ha experimentado a lo largo del trabajo.

Procedimiento

Se le brinda a cada participante la oportunidad de expresar al grupo algo que consideren importante a modo de conclusión acerca de cómo se han sentido trabajando de esta manera, o al menos una frase de despedida a los miembros que exprese su estado de opinión relativo al grupo y la dinámica del mismo. Además el coordinador grupal motiva a los miembros del grupo a participar en una futura intervención.

Se concluye el trabajo en las sesiones grupales pidiéndole al grupo que se den un aplauso por los resultados alcanzados durante las sesiones de la intervención.

Anexo 33. Valoración cuantitativa de la mejora en la percepción de las variables organizacionales



Anexo 34. Valoración cualitativa de la mejora en la percepción de las variables organizacionales

Como parte de la intervención realizada se propiciaron las reflexiones de los miembros del grupo con respecto a sus vivencias, experiencias y necesidades profesionales dentro de la organización, por lo que se lograron desde ese nuevo enfoque de la problemática actual de la industria, niveles más altos de cohesión grupal y de compromiso con la productividad.

La transcripción e interpretación cualitativa de las modificaciones obtenidas, a partir de la intervención organizacional realizada, se presentan a continuación.

"...el trabajo en equipo es muy importante para el funcionamiento de todo el central, por ejemplo, el cambio de tecnología que se hizo en la industria yo pienso que se logró por el buen trabajo en equipo que se hizo, por eso es algo que podemos perfeccionar todavía más..."

(Participante: Área de Desarrollo)

Por su parte, tal y como expresaron los miembros del grupo se evidenció que las personas implicadas identifican que los líderes ejercen una influencia positiva entre los subordinados, sin embargo el estilo de liderazgo se manifiesta según el departamento o el área en cuestión, lo que provoca que a veces las decisiones de toda la industria se tomen desde diferentes enfoques de las situaciones: ***"... los diferentes estilos de liderazgo se manifiestan según el departamento y no en la organización como un todo"...***

(Participante: Área Laboratorio). Las expresiones de los miembros del grupo que pertenecían directamente al área de extracción nos llevan a la evidencia de que específicamente en esa área actualmente existe un trabajo coordinado en equipos con la presencia de un estilo de liderazgo que favorece la toma de decisiones de los trabajadores, ***"... en el Tandem, el turno que labora es un equipo porque conjuntamente se definen las paradas y las arrancadas en el central, además para mí el liderazgo es democrático..."***

(Participante: Área: Extracción y Energética.). En dicha área los miembros se comunican abiertamente, lo que se evidenció en los encuentros grupales, las relaciones interpersonales son adecuadas, posibilitando el trabajo en equipo y la resolución de conflictos.

Las sesiones de trabajo realizadas contribuyeron a fortalecer las relaciones entre los miembros del grupo. El trabajo en equipo efectuado, como parte de algunas dinámicas grupales fue en elemento que posibilitó el compartir experiencias y la comunicación abierta

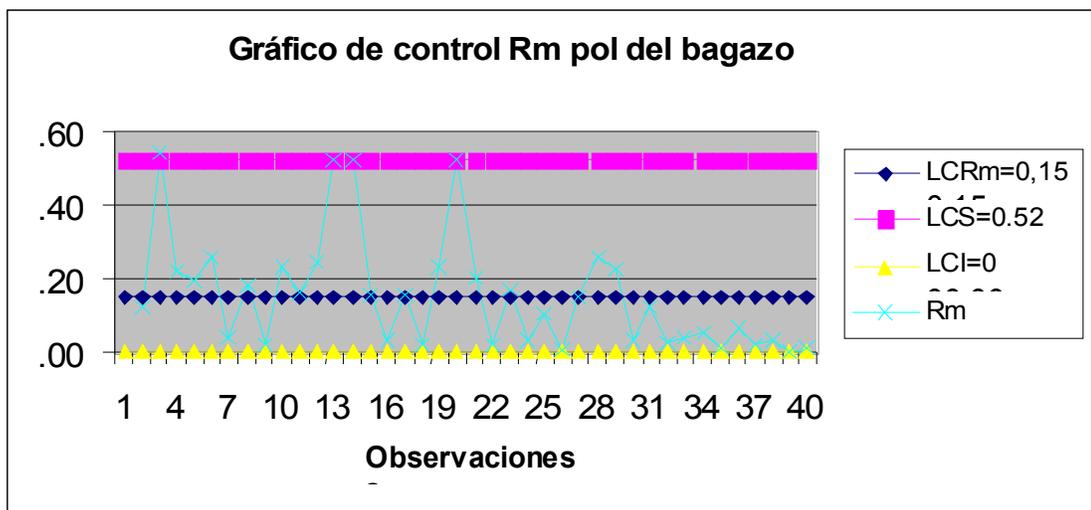
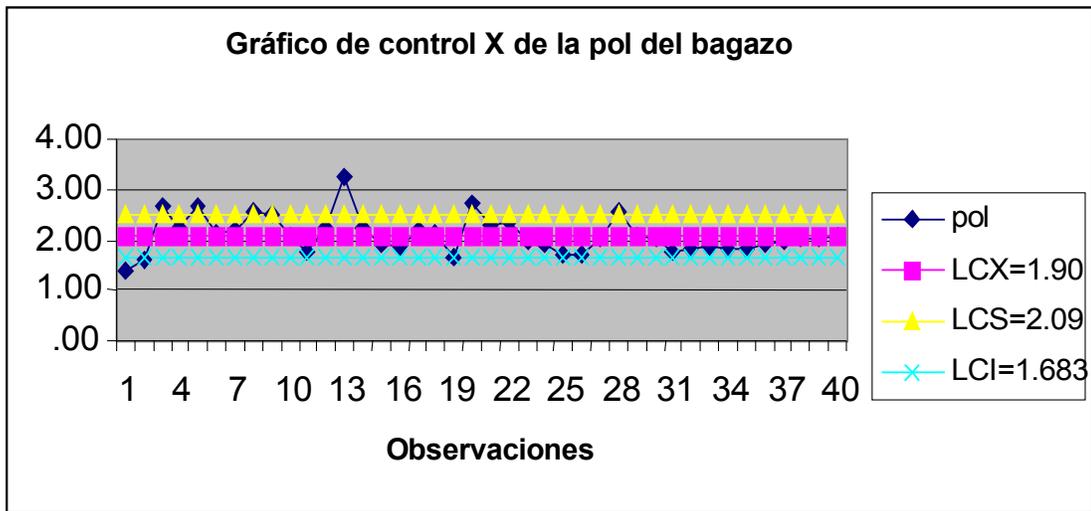
entre las personas, lo que se expresaría después en cada uno de los puestos laborales de los participantes.

Con respecto a la motivación, los miembros implicados en las sesiones manifestaron no estar totalmente motivados con la labor que realizan, (*"... no estamos lo suficientemente motivados, económicamente esta empresa tiene muchos problemas, el MINAZ está enfrentando grandes dificultades de ese tipo, de las condiciones materiales, por ejemplo, y se cruzan de brazos"*) (Participante: Área Extracción y Energética); sin embargo, evidencian un elevado índice de responsabilidad con el proceso industrial pues experimentan un alto sentido de pertenencia con su entorno, (*"... se puede ser responsable aunque no se esté motivado, y a nosotros sí nos interesa el central, ahora, la motivación sí influye en la realización personal"*) (Participante: Área Extracción y Energética). Durante las sesiones de trabajo grupal realizadas los participantes se sintieron agentes importantes para llevar a cabo las modificaciones necesarias para la industria, esto posibilitó elevar los niveles de motivación y de compromiso con la actividad laboral, siendo la asistencia a los encuentros grupales y la involucración con los temas tratados en los mismos puntos de partida para lograr tales efectos.

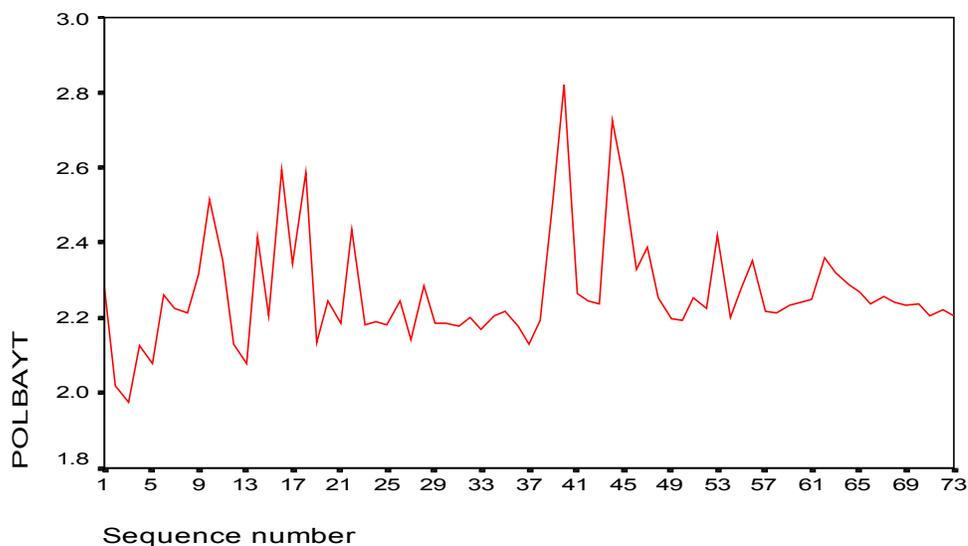
La realización personal para los participantes en la intervención depende directamente de los niveles de motivación alcanzados, (*"... nosotros tenemos poca realización personal, somos menos que cualquier trabajador de otro lugar"*) (Participante: Área Mantenimiento), por lo tanto, resulta evidente que para que los miembros de la organización se sientan realizados desde ese punto de vista, se requieren cambios que propicien el mejoramiento de las condiciones laborales en la industria.

El criterio de las personas implicadas acerca de que es necesario preparar a los recursos humanos para lograr la participación de todos los trabajadores en los cambios que proyecte la organización, o simplemente en el proceso industrial, es bastante generalizado., (*"... a veces no hay participación en la toma de decisiones, por ejemplo en los molinos, dar participación a todos los trabajadores es sumamente importante"*) (Participante: Área de Administración), resultó interesante escuchar opiniones que reconocían que es necesario adecuar los cambios a las características de la entidad pues de esta manera las personas se involucrarán más con los mismos.

Anexo 35. Gráficos de Control (X- Rm) de la variable Pol en bagazo



Anexo 36. Aplicación de la metodología de Box- Jenkins para identificar escenario, variable Pol en bagazo. Reporte SPSS v.11.



TSPLOT

MODEL: MOD_29.

ACF

MODEL: MOD_30.

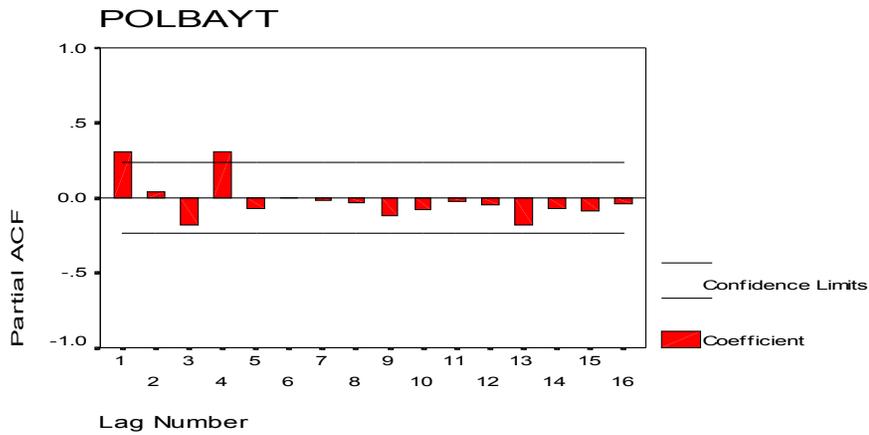
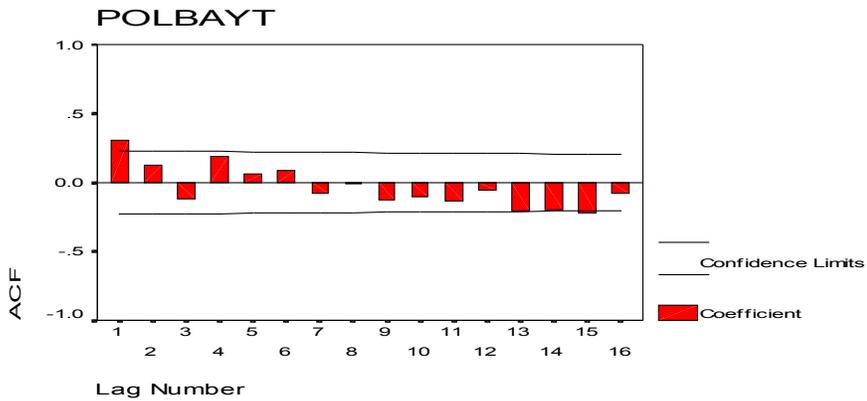
Autocorrelations: POLBAYT

Lag	Auto-Corr.	Stand. Err.	-1	-.75	-.5	-.25	0	.25	.5	.75	1	Box-Ljung	Prob.
1	,308	,115					I*****	*				7,225	,007
2	,128	,114					I***	.				8,496	,014
3	-,115	,113					**I	.				9,526	,023
4	,187	,112					I****	.				12,299	,015
5	,063	,111					I*	.				12,623	,027
6	,085	,111					I**	.				13,219	,040
7	-,075	,110					**I	.				13,688	,057
8	-,004	,109					*	.				13,690	,090
9	-,125	,108					***I	.				15,037	,090
10	-,101	,107					**I	.				15,915	,102
11	-,130	,106					***I	.				17,412	,096
12	-,058	,106					*I	.				17,709	,125
13	-,205	,105					****I	.				21,549	,063
14	-,194	,104					****I	.				25,031	,034
15	-,219	,103					****I	.				29,548	,014
16	-,078	,102					**I	.				30,133	,017

Plot Symbols: Autocorrelations * Two Standard Error Limits .
 Total cases: 73 Computable first lags: 72
 Partial Autocorrelations: POLBAYT

Lag	Pr-Aut-Corr.	Stand. Err.	-1	-0.75	-0.5	-0.25	0	0.25	0.5	0.75	1
1	,308	,117					.	I*****	.		
2	,037	,117					.	I*	.		
3	-,182	,117					.	*****I	.		
4	,305	,117					.	I*****	.		
5	-,070	,117					.	*I	.		
6	,002	,117					.	*	.		
7	-,017	,117					.	*	.		
8	-,034	,117					.	*I	.		
9	-,117	,117					.	**I	.		
10	-,077	,117					.	**I	.		
11	-,027	,117					.	*I	.		
12	-,045	,117					.	*I	.		
13	-,181	,117					.	*****I	.		
14	-,074	,117					.	*I	.		
15	-,089	,117					.	**I	.		
16	-,038	,117					.	*I	.		

Plot Symbols: Autocorrelations * Two Standard Error Limits .
 Total cases: 73 Computable first lags: 72



Arima

MODEL: MOD_32

Model Description:

Variable: POLBAYT

Regressors: NONE

Non-seasonal differencing: 0

No seasonal component in model.

Parameters:

AR1 _____ < value originating from estimation >

CONSTANT _____ < value originating from estimation >

95,00 percent confidence intervals will be generated.

Split group number: 1 Series length: 73

No missing data.

Melard's algorithm will be used for estimation.

Termination criteria:

Parameter epsilon: ,001

Maximum Marquardt constant: 1,00E+09

SSQ Percentage: ,001

Maximum number of iterations: 10

Initial values:

AR1 ,30825

CONSTANT 2,26667

Marquardt constant = ,001

Adjusted sum of squares = 1,3771021

Iteration History:

Iteration	Adj. Sum of Squares	Marquardt Constant
1	1,3770852	,00100000

Conclusion of estimation phase.

Estimation terminated at iteration number 2 because:

Sum of squares decreased by less than ,001 percent.

FINAL PARAMETERS:

Number of residuals 73

Standard error ,1391749

Log likelihood 41,327739

AIC -78,655478

SBC -74,074559

Analysis of Variance:

	DF	Adj. Sum of Squares	Residual Variance
Residuals	71	1,3770852	,01936965

Variables in the Model:

	B	SEB	T-RATIO	APPROX. PROB.
AR1	,3049387	,11296155	2,699491	,00867391
CONSTANT	2,2666720	,02329603	97,298648	,00000000

Covariance Matrix:

AR1
AR1 ,01276031

Correlation Matrix:

AR1
AR1 1,0000000

Regressor Covariance Matrix:

CONSTANT
CONSTANT ,00054270

Regressor Correlation Matrix:

CONSTANT
CONSTANT 1,0000000

The following new variables are being created:

Name	Label
FIT_23	Fit for POLBAYT from ARIMA, MOD_32 CON
ERR_23	Error for POLBAYT from ARIMA, MOD_32 CON
LCL_23	95% LCL for POLBAYT from ARIMA, MOD_32 CON
UCL_23	95% UCL for POLBAYT from ARIMA, MOD_32 CON
SEP_23	SE of fit for POLBAYT from ARIMA, MOD_32 CON

ACF

MODEL: MOD_33.

Autocorrelations: ERR_23 Error for POLBAYT from ARIMA, MOD_32 CON

Lag	Auto-Corr.	Stand. Err.	-1	-0.75	-0.5	-0.25	0	0.25	0.5	0.75	1	Box-Ljung	Prob.
1	-,007	,115					.	*	.			,004	,950
2	,090	,114					.	I**	.			,633	,729
3	-,244	,113					*****I	.				5,292	,152
4	,244	,112					.	I***.*				9,998	,040
5	-,015	,111					.	*	.			10,015	,075
6	,108	,111					.	I**	.			10,963	,090
7	-,118	,110					.	**I	.			12,118	,097
8	,063	,109					.	I*	.			12,452	,132
9	-,116	,108					.	**I	.			13,602	,137
10	-,035	,107					.	*I	.			13,710	,187
11	-,104	,106					.	**I	.			14,670	,198
12	,042	,106					.	I*	.			14,830	,251
13	-,163	,105					.	***I	.			17,249	,188
14	-,091	,104					.	**I	.			18,015	,206
15	-,172	,103					.	***I	.			20,815	,143
16	-,007	,102					.	*	.			20,821	,186

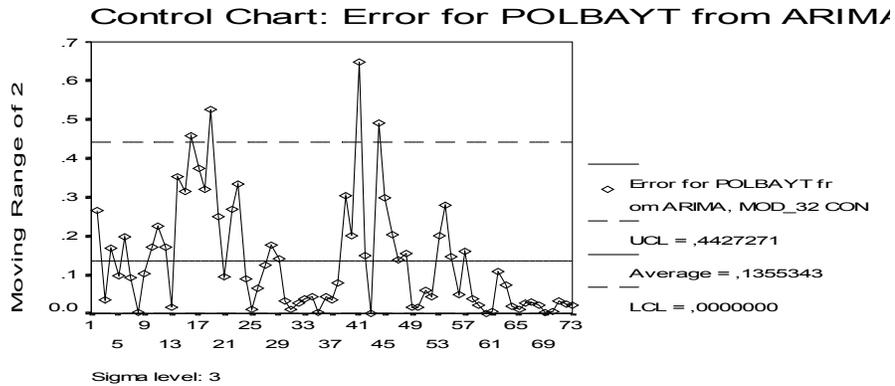
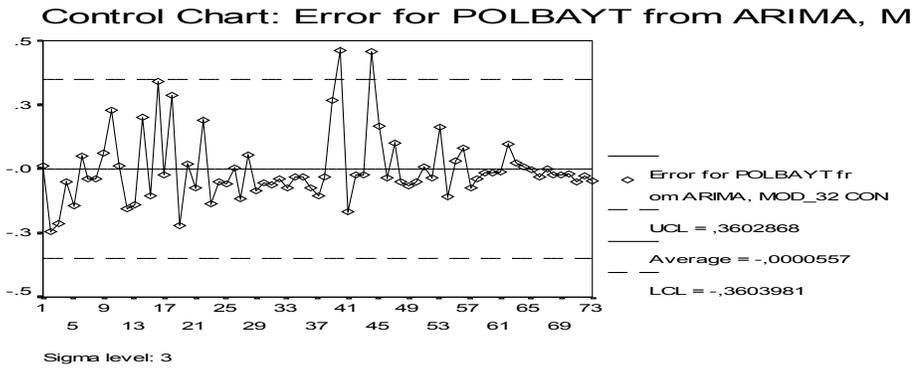
Plot Symbols: Autocorrelations * Two Standard Error Limits .

Total cases: 73 Computable first lags: 72

Partial Autocorrelations: ERR_23 Error for POLBAYT from ARIMA, MOD_32 CON

Pr-Aut- Stand.	Lag	Corr.	Err.	-1	-0.75	-0.5	-0.25	0	0.25	0.5	0.75	1
				+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+								
1	-	,007	,117					.	*			.
2		,090	,117					.	I**			.
3	-	,245	,117					*****I				.
4		,255	,117					.	I*****			.
5		,008	,117					.	*			.
6		,010	,117					.	*			.
7	-	,004	,117					.	*			.
8		,001	,117					.	*			.
9	-	,094	,117					.	**I			.
10	-	,097	,117					.	**I			.
11	-	,043	,117					.	*I			.
12	-	,004	,117					.	*			.
13	-	,160	,117					.	***I			.
14	-	,094	,117					.	**I			.
15	-	,106	,117					.	**I			.
16	-	,082	,117					.	**I			.

Plot Symbols: Autocorrelations * Two Standard Error Limits .
 Total cases: 73 Computable first lags: 72



Arima

MODEL: MOD_34
Model Description:
Variable: POLBAYT
Regressors: VAR00011
 VAR00012

Non-seasonal differencing: 0
No seasonal component in model.

Parameters:

AR1 _____ < value originating from estimation >
VAR00011 _____ < value originating from estimation >
VAR00012 _____ < value originating from estimation >
CONSTANT _____ < value originating from estimation >

95,00 percent confidence intervals will be generated.

Split group number: 1 Series length: 73

No missing data.

Melard's algorithm will be used for estimation.

Termination criteria:

Parameter epsilon: ,001
Maximum Marquardt constant: 1,00E+09
SSQ Percentage: ,001
Maximum number of iterations: 10

Initial values:

AR1 ,18244
VAR00011 ,51734
VAR00012 ,41871
CONSTANT 2,25407

Marquardt constant = ,001
Adjusted sum of squares = ,95025814

Iteration History:

Iteration	Adj. Sum of Squares	Marquardt Constant
1	,94938007	,00100000
2	,94935907	,00010000

Conclusion of estimation phase.

Estimation terminated at iteration number 3 because:
Sum of squares decreased by less than ,001 percent.

FINAL PARAMETERS:

Number of residuals 73
Standard error ,11726016
Log likelihood 54,860517
AIC -101,72103
SBC -92,559197

Analysis of Variance:

	DF	Adj. Sum of Squares	Residual Variance
Residuals	69	,94935860	,01374994

Variables in the Model:

	B	SEB	T-RATIO	APPROX. PROB.
AR1	,2145118	,11590836	1,85070	,06849329
VAR00011	,5093674	,11511826	4,42473	,00003522
VAR00012	,4098818	,11511826	3,56053	,00067552
CONSTANT	2,2542857	,01754858	128,45969	,00000000

Covariance Matrix:

	AR1
AR1	,01343475

Correlation Matrix:

	AR1
AR1	1,0000000

Regressor Covariance Matrix:

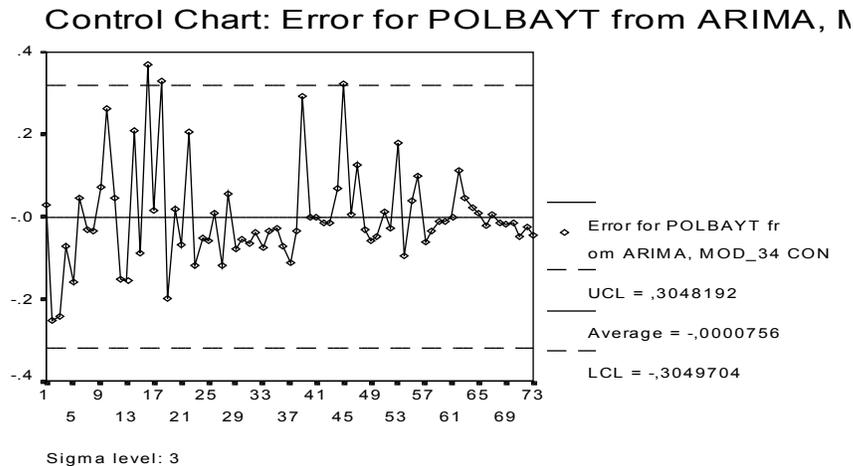
	VAR00011	VAR00012	CONSTANT
VAR00011	,01325221	,00010714	-,00018165
VAR00012	,00010714	,01325221	-,00018165
CONSTANT	-,00018165	-,00018165	,00030795

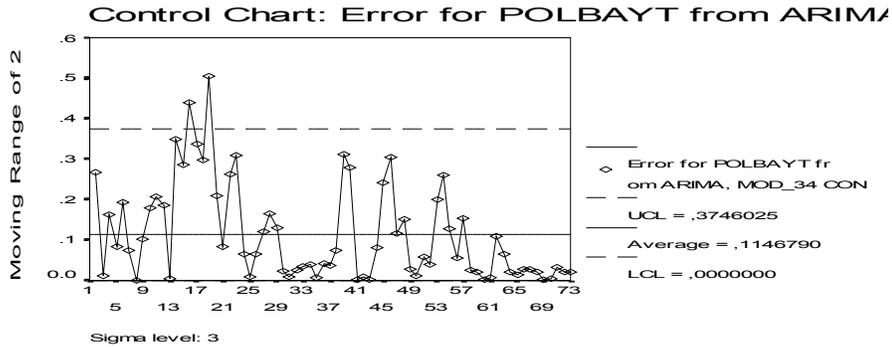
Regressor Correlation Matrix:

	VAR00011	VAR00012	CONSTANT
VAR00011	1,0000000	,0080850	-,0899164
VAR00012	,0080850	1,0000000	-,0899164
CONSTANT	-,0899164	-,0899164	1,0000000

The following new variables are being created:

Name	Label
FIT_24	Fit for POLBAYT from ARIMA, MOD_34 CON
ERR_24	Error for POLBAYT from ARIMA, MOD_34 CON
LCL_24	95% LCL for POLBAYT from ARIMA, MOD_34 CON
UCL_24	95% UCL for POLBAYT from ARIMA, MOD_34 CON
SEP_24	SE of fit for POLBAYT from ARIMA, MOD_34 CON





Arima

MODEL: MOD_35

Model Description:

Variable: POLBAYT
 Regressors: VAR00011
 VAR00012
 VAR00013
 VAR00014

Non-seasonal differencing: 0
 No seasonal component in model.

Parameters:

AR1 _____ < value originating from estimation >
 VAR00011 _____ < value originating from estimation >
 VAR00012 _____ < value originating from estimation >
 VAR00013 _____ < value originating from estimation >
 VAR00014 _____ < value originating from estimation >
 CONSTANT _____ < value originating from estimation >

95,00 percent confidence intervals will be generated.

Split group number: 1 Series length: 73

No missing data.

Melard's algorithm will be used for estimation.

Termination criteria:

Parameter epsilon: ,001
 Maximum Marquardt constant: 1,00E+09
 SSQ Percentage: ,001
 Maximum number of iterations: 10

Initial values:

AR1 ,21593
 VAR00011 ,51458
 VAR00012 ,41505
 VAR00013 ,34007
 VAR00014 ,34417
 CONSTANT 2,24484

Marquardt constant = ,001
Adjusted sum of squares = ,70816642

Iteration History:

Iteration	Adj. Sum of Squares	Marquardt Constant
1	,70591954	,00100000
2	,70581162	,00010000

Conclusion of estimation phase.
Estimation terminated at iteration number 3 because:
Sum of squares decreased by less than ,001 percent.

FINAL PARAMETERS:

Number of residuals	73
Standard error	,10258149
Log likelihood	65,609103
AIC	-119,21821
SBC	-105,47545

Analysis of Variance:

	DF	Adj. Sum of Squares	Residual Variance
Residuals	67	,70580713	,01052296

Variables in the Model:

	B	SEB	T-RATIO	APPROX. PROB.
AR1	,2765142	,11463493	2,41213	,01860496
VAR00011	,4995054	,09920539	5,03506	,00000384
VAR00012	,3984659	,09920539	4,01657	,00015181
VAR00013	,3369655	,09920539	3,39664	,00115134
VAR00014	,3445185	,09920539	3,47278	,00090703
CONSTANT	2,2452982	,01673086	134,20103	,00000000

Covariance Matrix

AR1	
AR1	,01314117

Correlation Matrix:

AR1	
AR1	1,0000000

Regressor Covariance Matrix:

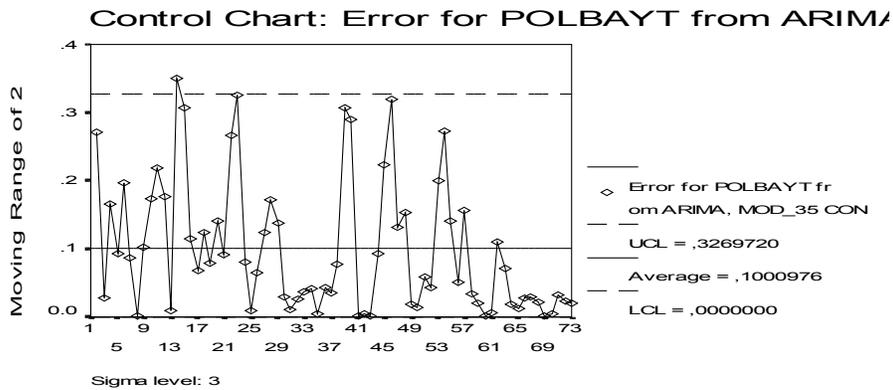
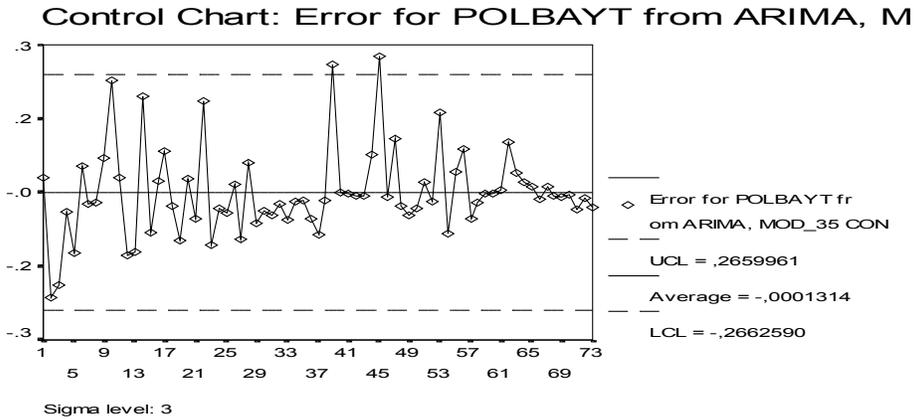
	VAR00011	VAR00012	VAR00013	VAR00014	CONSTANT
VAR00011	,00984171	,00006619	,00006619	,00006619	-,00013611
VAR00012	,00006619	,00984171	,00006619	,00006619	-,00013611
VAR00013	,00006619	,00006619	,00984171	,00006619	-,00013611
VAR00014	,00006619	,00006619	,00006619	,00984171	-,00013611
CONSTANT	-,00013611	-,00013611	-,00013611	-,00013611	,00027992

Regressor Correlation Matrix:

	VAR00011	VAR00012	VAR00013	VAR00014	CONSTANT
VAR00011	1,0000000	,0067250	,0067250	,0067250	-,0820059
VAR00012	,0067250	1,0000000	,0067250	,0067250	-,0820059
VAR00013	,0067250	,0067250	1,0000000	,0067250	-,0820059
VAR00014	,0067250	,0067250	,0067250	1,0000000	-,0820059
CONSTANT	-,0820059	-,0820059	-,0820059	-,0820059	1,0000000

The following new variables are being created:

Name	Label
FIT_25	Fit for POLBAYT from ARIMA, MOD_35 CON
ERR_25	Error for POLBAYT from ARIMA, MOD_35 CON
LCL_25	95% LCL for POLBAYT from ARIMA, MOD_35 CON
UCL_25	95% UCL for POLBAYT from ARIMA, MOD_35 CON
SEP_25	SE of fit for POLBAYT from ARIMA, MOD_35 CON



Arima

MODEL: MOD_37

Model Description:

Variable: POLBAYT

Regressors: VAR00011
 VAR00012
 VAR00013
 VAR00014
 VAR00015

Non-seasonal differencing: 0

No seasonal component in model.

Parameters:

AR1 _____ < value originating from estimation >
VAR00011 _____ < value originating from estimation >
VAR00012 _____ < value originating from estimation >
VAR00013 _____ < value originating from estimation >
VAR00014 _____ < value originating from estimation >
VAR00015 _____ < value originating from estimation >
CONSTANT _____ < value originating from estimation >

95,00 percent confidence intervals will be generated.

Split group number: 1 Series length: 73

No missing data.

Melard's algorithm will be used for estimation.

Termination criteria:

Parameter epsilon: ,001
Maximum Marquardt constant: 1,00E+09
SSQ Percentage: ,001
Maximum number of iterations: 10

Initial values:

AR1 ,15938
VAR00011 ,53225
VAR00012 ,43425
VAR00013 ,34570
VAR00014 ,34632
VAR00015 ,24679
CONSTANT 2,24088

Marquardt constant = ,001

Adjusted sum of squares = ,6525614

Iteration History:

Iteration	Adj. Sum of Squares	Marquardt Constant
1	,64998508	,00100000
2	,64969592	,00010000
3	,64966762	,00001000

Conclusion of estimation phase.

Estimation terminated at iteration number 4 because:

Sum of squares decreased by less than ,001 percent.

FINAL PARAMETERS:

Number of residuals 73
Standard error ,09917537
Log likelihood 68,584995
AIC -123,16999
SBC -107,13677

Analysis of Variance:

	DF	Adj. Sum of Squares	Residual Variance
Residuals	66	,64966496	,00983575

Variables in the Model:

	B	SEB	T-RATIO	APPROX. PROB.
AR1	,2349518	,11585603	2,02796	,04660394

VAR00011	,5115081	,09692361	5,27744	,00000157
VAR00012	,4114950	,09692361	4,24556	,00006972
VAR00013	,3408711	,09692361	3,51690	,00079519
VAR00014	,3460862	,09692361	3,57071	,00067008
VAR00015	,2337808	,09692361	2,41201	,01865323
CONSTANT	2,2417155	,01540186	145,54833	,00000000

Covariance Matrix:

AR1
AR1 ,01342262

Correlation Matrix:

AR1
AR1 1,0000000

Regressor Covariance Matrix:

	VAR00011	VAR00012	VAR00013	VAR00014	VAR00015
VAR00011	,00939419	,00007298	,00007298	,00007298	,00007298
VAR00012	,00007298	,00939419	,00007298	,00007298	,00007298
VAR00013	,00007298	,00007298	,00939419	,00007298	,00007298
VAR00014	,00007298	,00007298	,00007298	,00939419	,00007298
VAR00015	,00007298	,00007298	,00007298	,00007298	,00939419
CONSTANT	,00013158	-,00013158	-,00013158	-,00013158	-,00013158

	CONSTANT
VAR00011	-,00013158
VAR00012	-,00013158
VAR00013	-,00013158
VAR00014	-,00013158
VAR00015	-,00013158
CONSTANT	,00023722

Regressor Correlation Matrix:

	VAR00011	VAR00012	VAR00013	VAR00014	VAR00015
VAR00011	1,0000000	,0077691	,0077691	,0077691	,0077691
VAR00012	,0077691	1,0000000	,0077691	,0077691	,0077691
VAR00013	,0077691	,0077691	1,0000000	,0077691	,0077691
VAR00014	,0077691	,0077691	,0077691	1,0000000	,0077691
VAR00015	,0077691	,0077691	,0077691	,0077691	1,0000000
CONSTANT	-,0881425	-,0881425	-,0881425	-,0881425	-,0881425

	CONSTANT
VAR00011	-,0881425
VAR00012	-,0881425
VAR00013	-,0881425
VAR00014	-,0881425
VAR00015	-,0881425
CONSTANT	1,0000000

The following new variables are being created:

Name	Label
FIT_27	Fit for POLBAYT from ARIMA, MOD_37 CON
ERR_27	Error for POLBAYT from ARIMA, MOD_37 CON
LCL_27	95% LCL for POLBAYT from ARIMA, MOD_37 CON
UCL_27	95% UCL for POLBAYT from ARIMA, MOD_37 CON
SEP_27	SE of fit for POLBAYT from ARIMA, MOD_37 CON

Arima

MODEL: MOD_38

Model Description:

Variable: POLBAYT
Regressors: VAR00011
 VAR00012
 VAR00013
 VAR00014
 VAR00015
 VAR00016

Non-seasonal differencing: 0
No seasonal component in model.

Parameters:

AR1 _____ < value originating from estimation >
VAR00011 _____ < value originating from estimation >
VAR00012 _____ < value originating from estimation >
VAR00013 _____ < value originating from estimation >
VAR00014 _____ < value originating from estimation >
VAR00015 _____ < value originating from estimation >
VAR00016 _____ < value originating from estimation >
CONSTANT _____ < value originating from estimation >

95,00 percent confidence intervals will be generated.

Split group number: 1 Series length: 73

No missing data.

Melard's algorithm will be used for estimation.

Termination criteria:

Parameter epsilon: ,001

Maximum Marquardt constant: 1,00E+09

SSQ Percentage: ,001

Maximum number of iterations: 10

Initial values:

AR1 ,19529
VAR00011 ,57988
VAR00012 ,42622
VAR00013 ,34638
VAR00014 ,34924
VAR00015 ,24350
VAR00016 ,29070
CONSTANT 2,23638

Marquardt constant = ,001

Adjusted sum of squares = ,56691488

Iteration History:

Iteration	Adj. Sum of Squares	Marquardt Constant
1	,56529305	,00100000
2	,56511112	,00010000
3	,56509280	,00001000

Conclusion of estimation phase.
 Estimation terminated at iteration number 4 because:
 Sum of squares decreased by less than ,001 percent.

FINAL PARAMETERS:

Number of residuals 73
 Standard error ,09319682
 Log likelihood 73,619371
 AIC -131,23874
 SBC -112,91507

Analysis of Variance:

	DF	Adj. Sum of Squares	Residual Variance
Residuals	65	,56509102	,00868565

Variables in the Model:

	B	SEB	T-RATIO	APPROX. PROB.
AR1	,2558779	,11023711	2,32116	,02342501
VAR00011	,5789739	,09356979	6,18762	,00000004
VAR00012	,4082613	,09062134	4,50513	,00002827
VAR00013	,3423024	,09062134	3,77728	,00034629
VAR00014	,3487130	,09062134	3,84802	,00027413
VAR00015	,2330837	,09062134	2,57206	,01240395
VAR00016	,2922066	,09356979	3,12287	,00267371
CONSTANT	2,2368327	,01494381	149,68290	,00000000

Covariance Matrix:

AR1
 AR1 ,01215222

Correlation Matrix:

AR1
 AR1 1,0000000

Regressor Covariance Matrix:

	VAR00011	VAR00012	VAR00013	VAR00014	VAR00015
VAR00011	,00875531	,00007938	,00007938	,00007938	,00007938
VAR00012	,00007938	,00821223	,00006031	,00006031	,00006031
VAR00013	,00007938	,00006031	,00821223	,00006031	,00006031
VAR00014	,00007938	,00006031	,00006031	,00821223	,00006031
VAR00015	,00007938	,00006031	,00006031	,00006031	,00821223
VAR00016	,00218200	,00007938	,00007938	,00007938	,00007938
CONSTANT	-,00015274	-,00011606	-,00011606	-,00011606	-,00011606

	VAR00016	CONSTANT
VAR00011	,00218200	-,00015274
VAR00012	,00007938	-,00011606
VAR00013	,00007938	-,00011606
VAR00014	,00007938	-,00011606
VAR00015	,00007938	-,00011606
VAR00016	,00875531	-,00015274
CONSTANT	-,00015274	,00022332

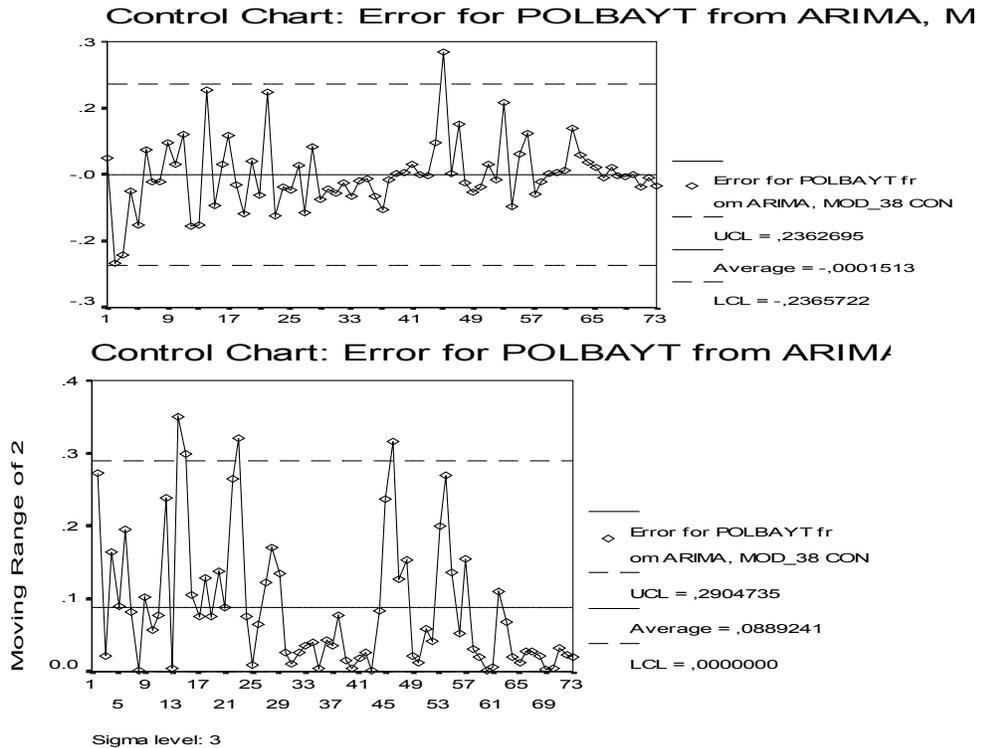
Regressor Correlation Matrix:

	VAR00011	VAR00012	VAR00013	VAR00014	VAR00015
VAR00011	1,0000000	,0093610	,0093610	,0093610	,0093610
VAR00012	,0093610	1,0000000	,0073443	,0073443	,0073443
VAR00013	,0093610	,0073443	1,0000000	,0073443	,0073443
VAR00014	,0093610	,0073443	,0073443	1,0000000	,0073443
VAR00015	,0093610	,0073443	,0073443	,0073443	1,0000000
VAR00016	,2492202	,0093610	,0093610	,0093610	,0093610
CONSTANT	-,1092310	-,0856992	-,0856992	-,0856992	-,0856992

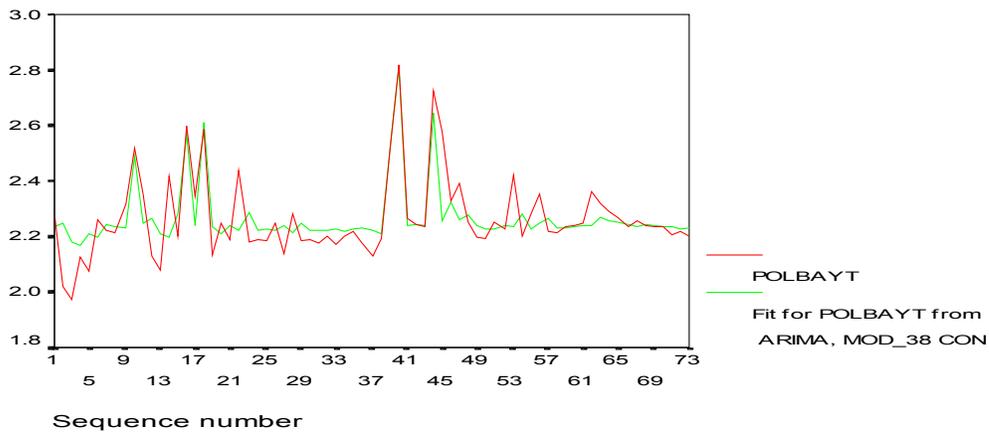
	VAR00016	CONSTANT
VAR00011	,2492202	-,1092310
VAR00012	,0093610	-,0856992
VAR00013	,0093610	-,0856992
VAR00014	,0093610	-,0856992
VAR00015	,0093610	-,0856992
VAR00016	1,0000000	-,1092310
CONSTANT	-,1092310	1,0000000

The following new variables are being created:

Name	Label
FIT_28	Fit for POLBAYT from ARIMA, MOD_38 CON
ERR_28	Error for POLBAYT from ARIMA, MOD_38 CON
LCL_28	95% LCL for POLBAYT from ARIMA, MOD_38 CON
UCL_28	95% UCL for POLBAYT from ARIMA, MOD_38 CON
SEP_28	SE of fit for POLBAYT from ARIMA, MOD_38 CON



MODEL: MOD_39.



MODEL: MOD_40.

Autocorrelations: ERR_28 Error for POLBAYT from ARIMA, MOD_38 CON

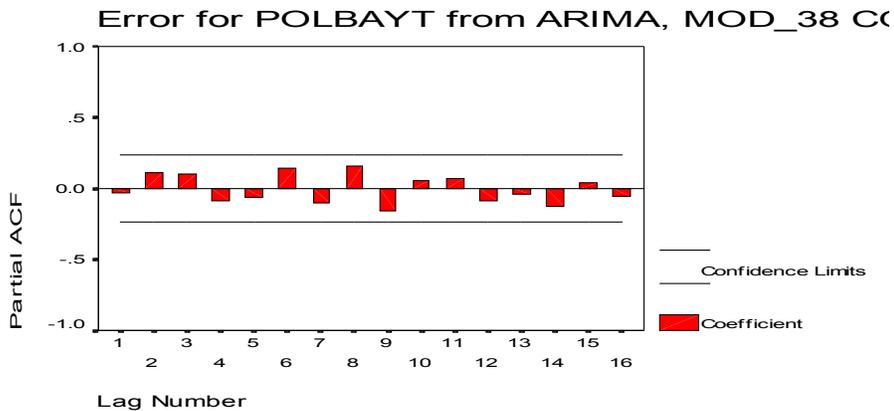
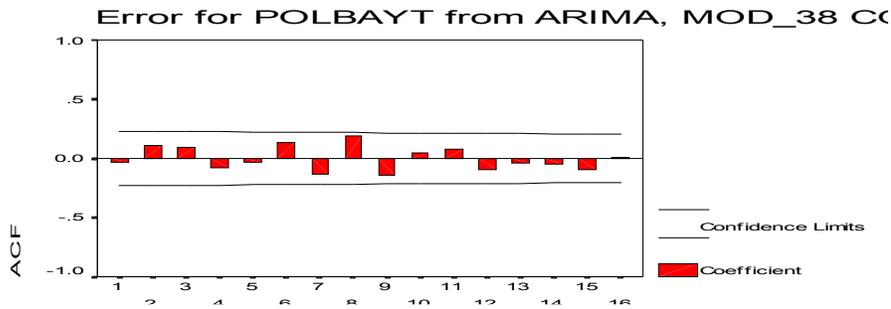
Lag	Auto-Corr.	Stand. Err.	-1	-.75	-.5	-.25	0	.25	.5	.75	1	Box-Ljung	Prob.
1	-,030	,115					*I					,068	,795
2	,111	,114					I**					1,012	,603
3	,096	,113					I**					1,738	,628
4	-,075	,112					**I					2,185	,702
5	-,034	,111					*I					2,276	,810
6	,131	,111					I***					3,667	,722
7	-,136	,110					***I					5,206	,635
8	,187	,109					I****					8,151	,419
9	-,141	,108					***I					9,854	,362
10	,045	,107					I*					10,030	,438
11	,078	,106					I**					10,562	,481
12	-,094	,106					**I					11,359	,498
13	-,038	,105					*I					11,490	,570
14	-,048	,104					*I					11,700	,630
15	-,093	,103					**I					12,522	,639
16	,005	,102					*					12,525	,707

Plot Symbols: Autocorrelations * Two Standard Error Limits .
 Total cases: 73 Computable first lags: 72

Partial Autocorrelations: ERR_28 Error for POLBAYT from ARIMA, MOD_38 CON
Pr-Aut- Stand.

Lag	Corr.	Err.	-1	-0.75	-0.5	-0.25	0	.25	.5	.75	1
1	-,030	,117					. *I				
2	,110	,117					. I**				
3	,104	,117					. I**				
4	-,083	,117					. **I				
5	-,063	,117					. *I				
6	,141	,117					. I***				
7	-,106	,117					. **I				
8	,160	,117					. I***				
9	-,154	,117					. ***I				
10	,057	,117					. I*				
11	,072	,117					. I*				
12	-,090	,117					. **I				
13	-,036	,117					. *I				
14	-,122	,117					. **I				
15	,036	,117					. I*				
16	-,058	,117					. *I				

Plot Symbols: Autocorrelations * Two Standard Error Limits .
Total cases: 73 Computable first lags: 72



FIT Error Statistics

Error Variable		ERR_28
Observed Variable		POLBAYT
N of Cases	Use	73
Deg Freedom	Use	65
Mean Error	Use	,1215
Mean Abs Error	Use	,1660
Mean Pct Error	Use	4,2502
Mean Abs Pct Err	Use	6,3377
SSE	Use	7,4230
MSE	Use	,1142
RMS	Use	,3379
Durbin-Watson	Use	,4622

Oneway

Test of Homogeneity of Variances

POLBAYT

Levene	df1	df2	Sig.
Statistic			
c			
4,700	1	128	,032

ANOVA

POLBAYT

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	165,754	1	165,754	13167,496	,000
Within Groups	1,611	128	,013		
Total	167,366	129			

Anexo 37. Matriz de diseño codificada y aleatorizada.

Experimento	X1	X2	X3	X4	X5
1	-1	-1	-1	-1	1
16	1	1	1	1	1
17	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0
10	1	-1	-1	1	1
7	-1	1	1	-1	1
5	-1	-1	1	-1	-1
15	-1	1	1	1	-1
14	1	-1	1	1	-1
13	-1	-1	1	1	1
6	1	-1	1	-1	1
3	-1	1	-1	-1	-1
11	-1	1	-1	1	1
9	-1	-1	-1	1	-1
4	1	1	-1	-1	1
12	1	1	-1	1	-1
19	0	0	0	0	0
8	1	1	1	-1	-1
2	1	-1	-1	-1	-1
25	0	0	$\alpha +$	0	0
30	0	0	0	0	0
32	0	0	0	0	0
26	0	0	0	$\alpha -$	0
22	0	$\alpha -$	0	0	0
20	$\alpha -$	0	0	0	0
21	$\alpha +$	0	0	0	0
28	0	0	0	0	$\alpha -$
31	0	0	0	0	0
23	0	$\alpha +$	0	0	0
29	0	0	0	0	$\alpha +$
24	0	0	$\alpha -$	0	0
27	0	0	0	$\alpha +$	0

Anexo 38. Reporte del *MathCad* a partir de los supuestos de Box & Luceño (1997) para ejecutar la estrategia para ajuste y regulación.

Parámetro de proceso: Molida horaria

(1) Generación del disturbio

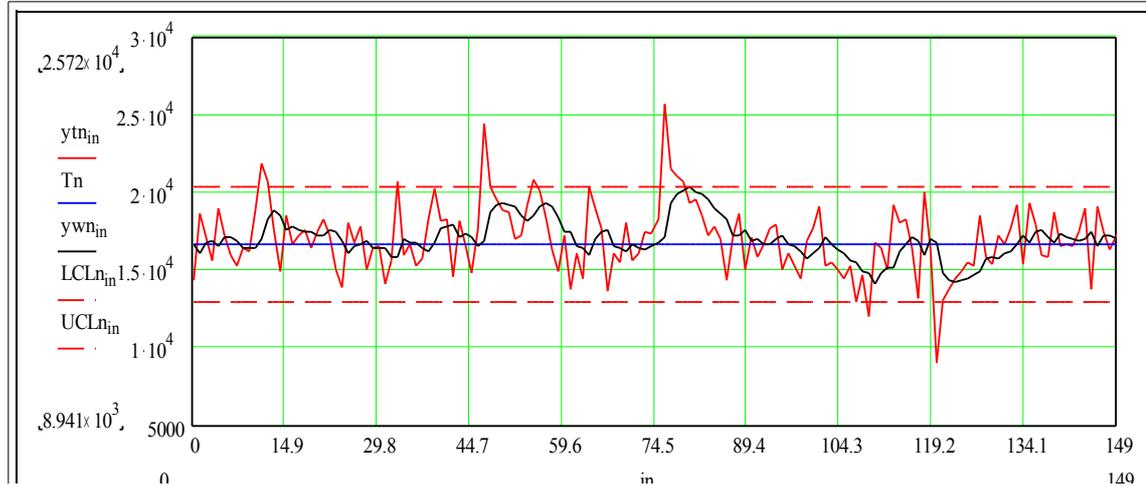


Figura 1. Generación y filtraje óptimo ejecutado por un EWMA. Obtención del signo Z_{in} : Serie de dispersión respecto al valor nominal

Y_{signo} : Signo de la serie (S_i).

(2) Aplicación de una política de regulación

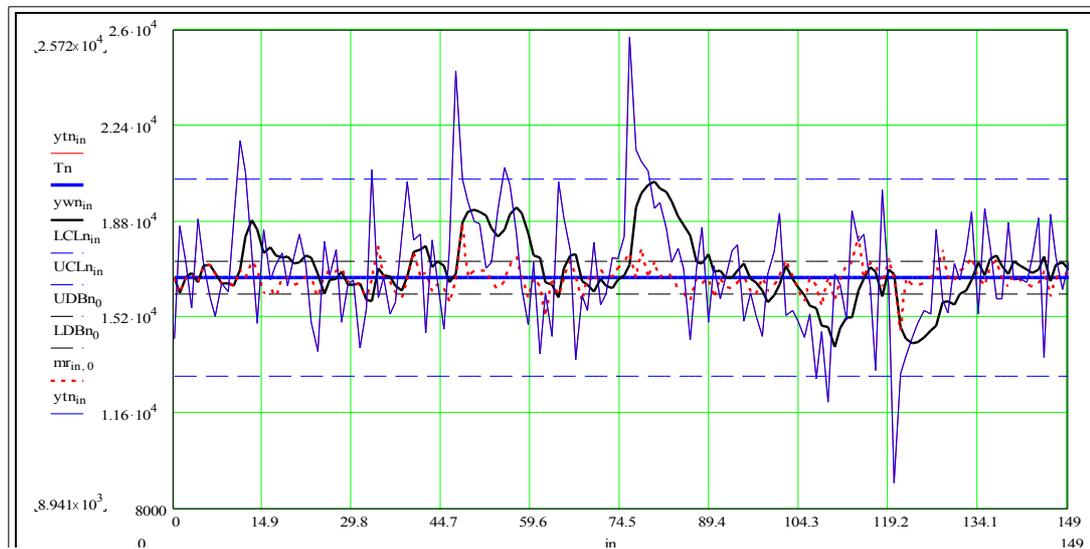


Figura 2. Política de regulación, utilizando límites de regulación definidos en Box & Luceño (1997) como a Dead Band.

T_n : valor nominal _____

Y_{in} : Serie real. _____

LCL, UCL: Límites de control - - - - -

y_{wn} : serie EWMA con valor óptimo de λ

UDB, LDB: Límites de la Dead Band; (L) 1,265

$mr_{in,0}$: Serie ajustada - - - - -

C. Características estadísticas importantes a comparar para definir la efectividad de la política de la Dead Band y aplicación simultánea del Control Estadístico y la Ingeniería de Control de Proceso.

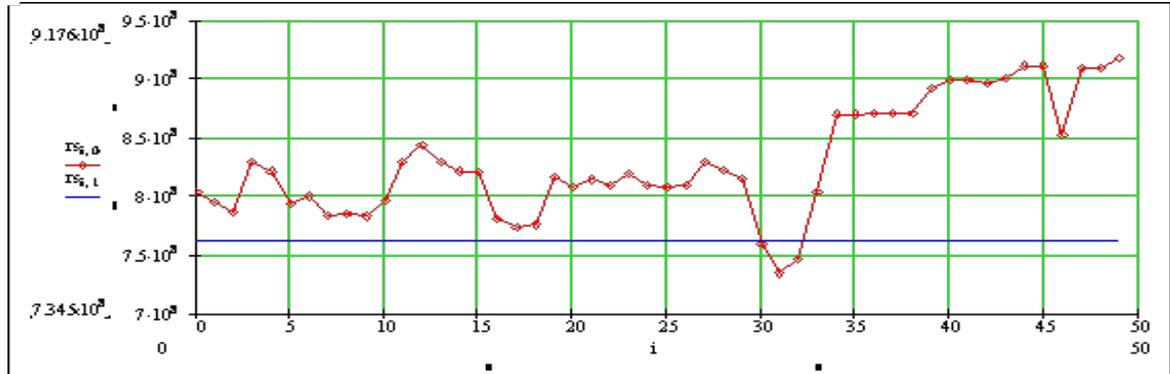


Figura 3. Varianza de salida de la serie ajustada respecto al valor nominal.

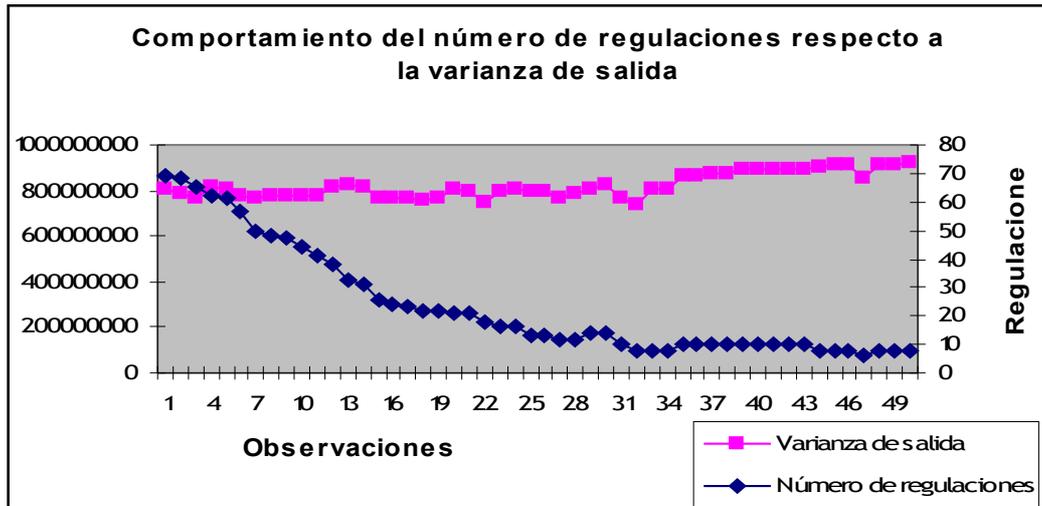


Figura 4. Comportamiento de las regulaciones respecto a la varianza de salida para la determinación del número óptimo de regulaciones (8).

Anexo 39. Reporte del *MathCad* a partir de los supuestos de Box & Luceño (1997) para ejecutar la estrategia para ajuste y regulación.

Parámetro de proceso: Presión hidráulica

(1) Generación del disturbio

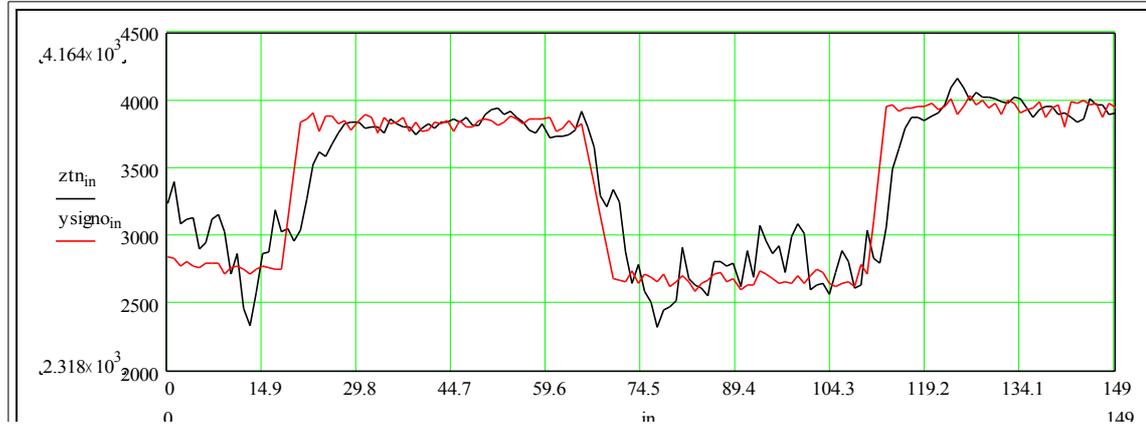


Figura 1. Generación y filtraje óptimo ejecutado por un EWMA. Obtención del signo Z_{tn} : Serie de dispersión respecto al valor nominal;
 Y_{signo} : Signo de la serie (S_t).

(2) Aplicación de una política de regulación

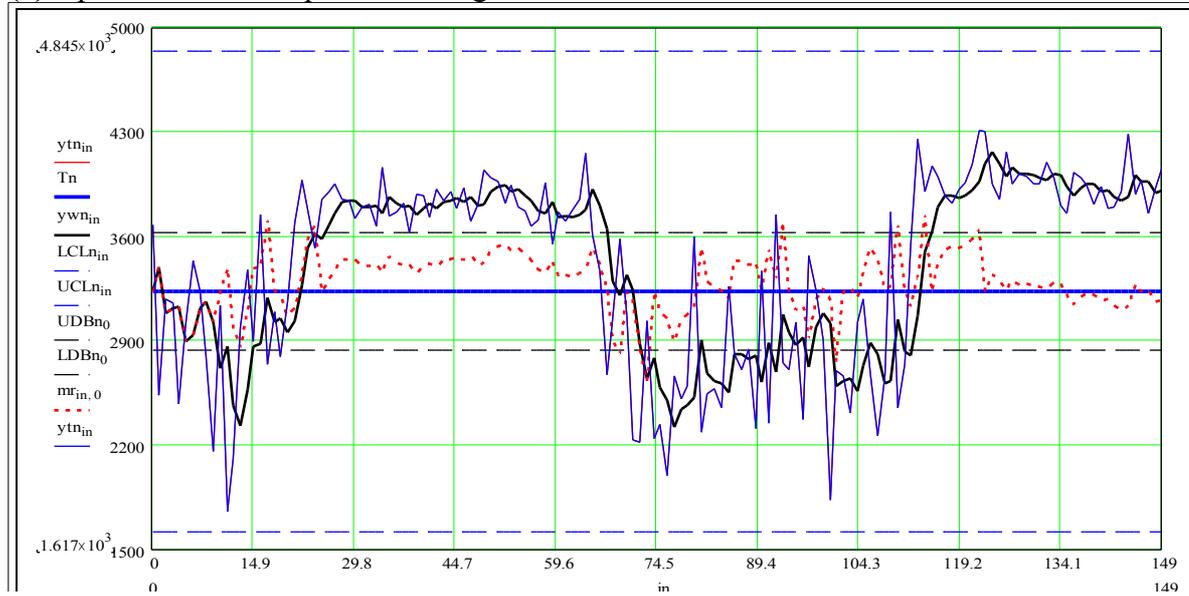


Figura 2. Política de regulación, utilizando límites de regulación definidos en Box & Luceño (1997) como a Dead Band.

T_n : valor nominal _____

Y_{tn} : Serie real. _____

LCL, UCL: Límites de control -----

y_{wn} : serie EWMA con valor óptimo de λ ;

UDB, LDB: Límites de la Dead Band; (L) 0,735

$mr_{in,0}$: Serie ajustada -----

C. Características estadísticas importantes a comparar para definir la efectividad de la política de la Dead Band y aplicación simultánea del Control Estadístico y la Ingeniería de Control de Proceso.

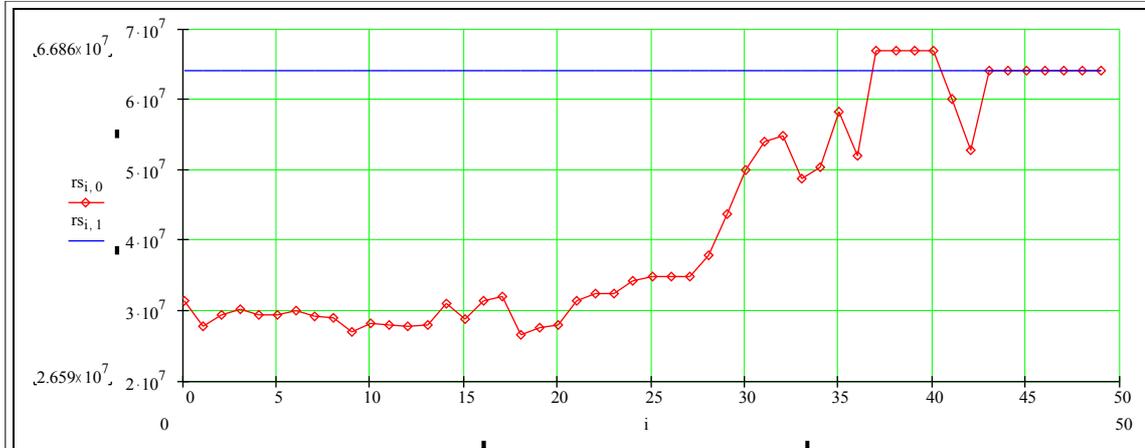


Figura 3. Varianza de salida de la serie ajustada respecto al valor nominal

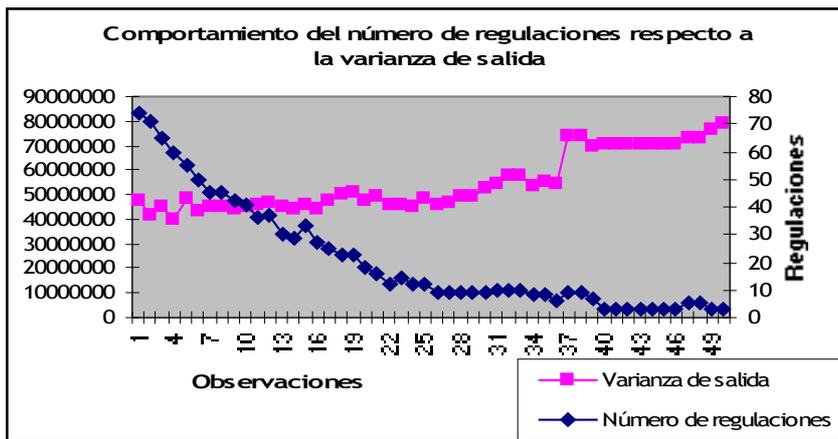


Figura 4. Comportamiento de las regulaciones respecto a la varianza de salida para la determinación del número óptimo de regulaciones (10).

Anexo 40. Ejemplo de las simulaciones realizadas

Ejemplo 1 (Parámetro de proceso: Molida Horaria)

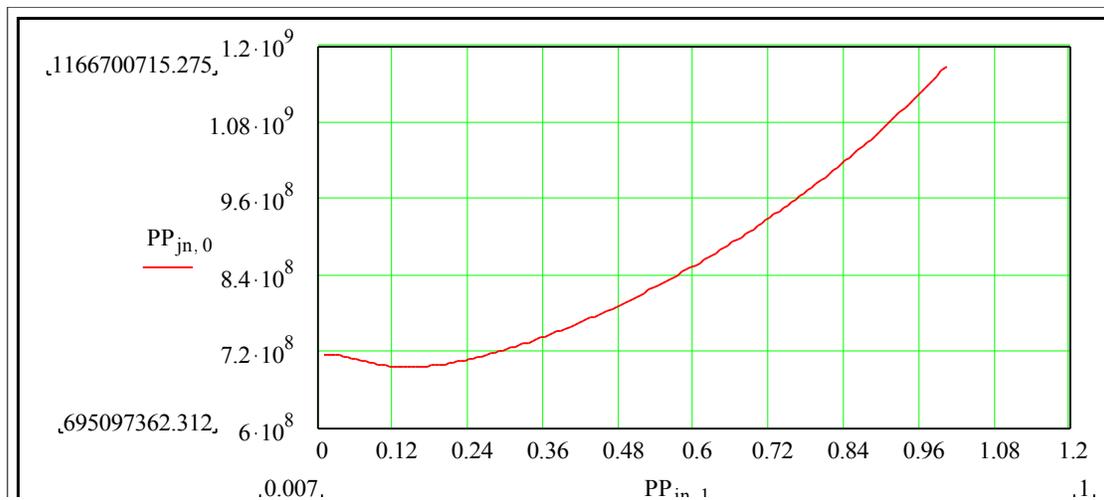


Figura 1. Grado de inestabilidad $\lambda = 0,14$.

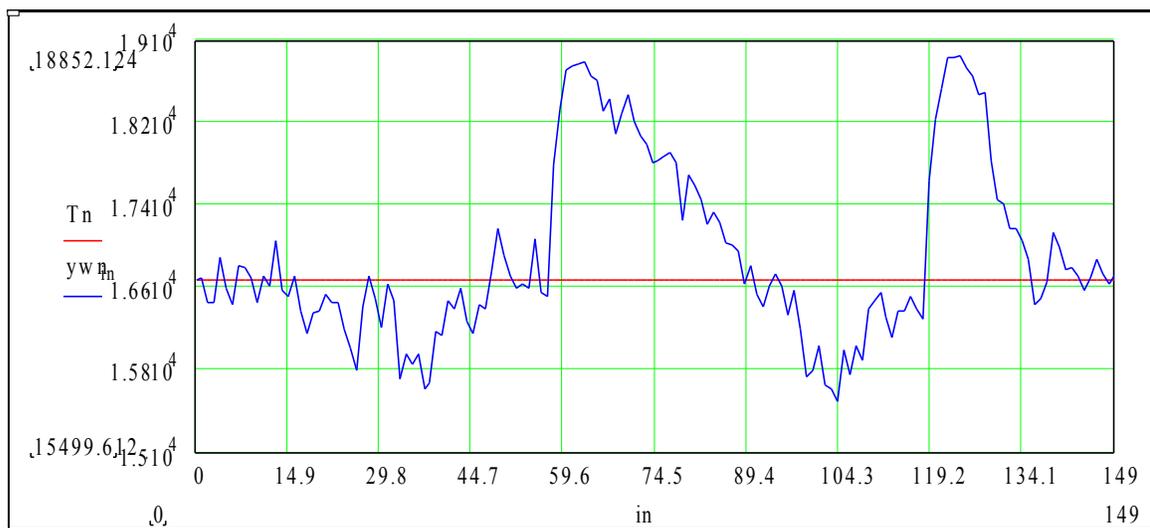


Figura 2. Patrón de comportamiento de la serie.

Ejemplo 2 (Parámetro de proceso: Molida Horaria)

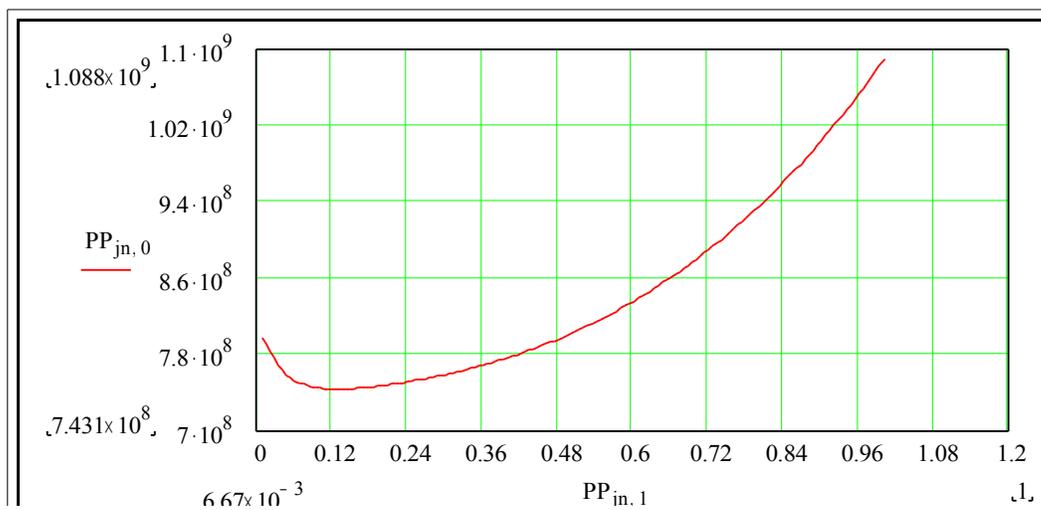


Figura 3. Grado de inestabilidad $\lambda=0,12$.

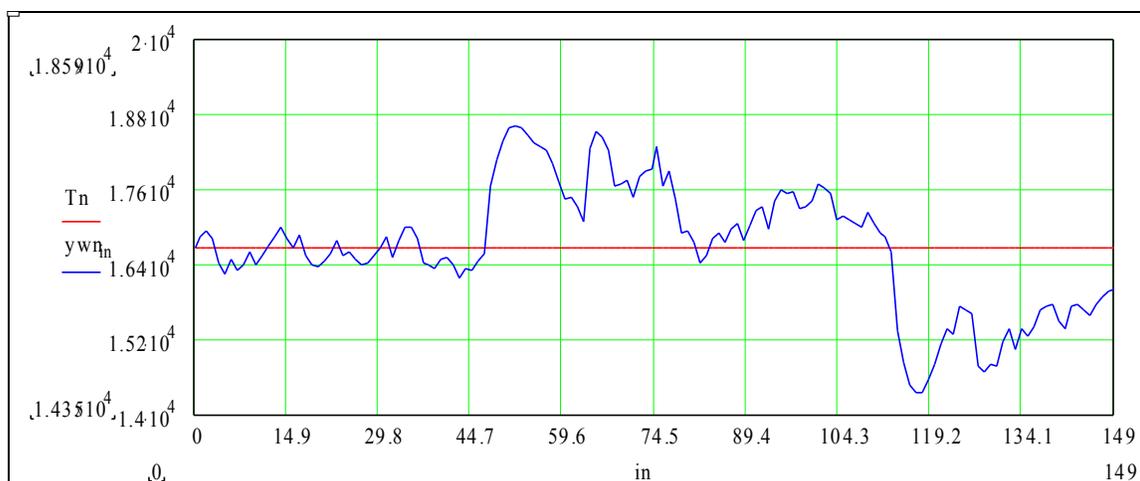


Figura 4. Patrón de comportamiento de la serie.

Ejemplo 3 (Parámetro de proceso: Presion Hidraulica)

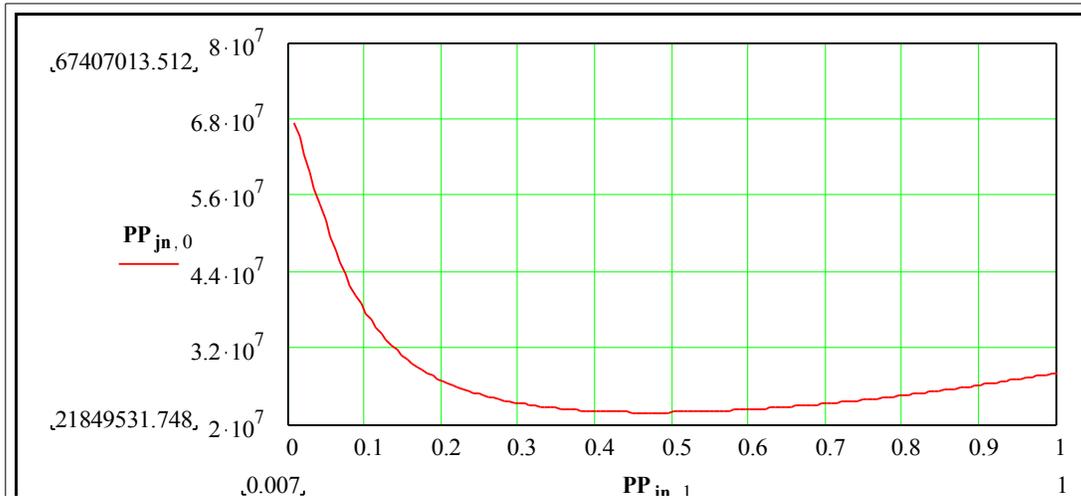


Figura 5. Grado de inestabilidad $\lambda = 0,4733$.

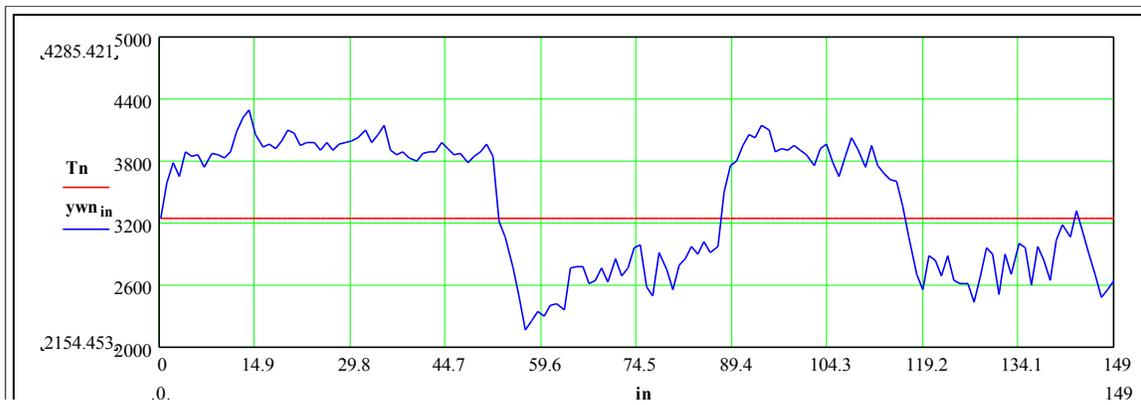


Figura 6. Patrón de comportamiento de la serie.

Ejemplo 4 (Parámetro de proceso: Presion Hidraulica)

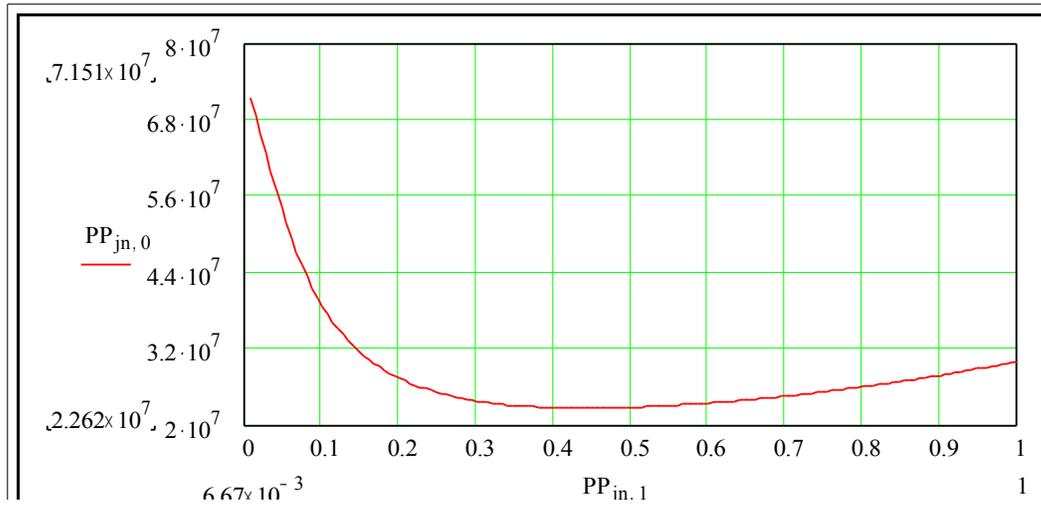


Figura 7. Grado de inestabilidad $\lambda = 0,44$.

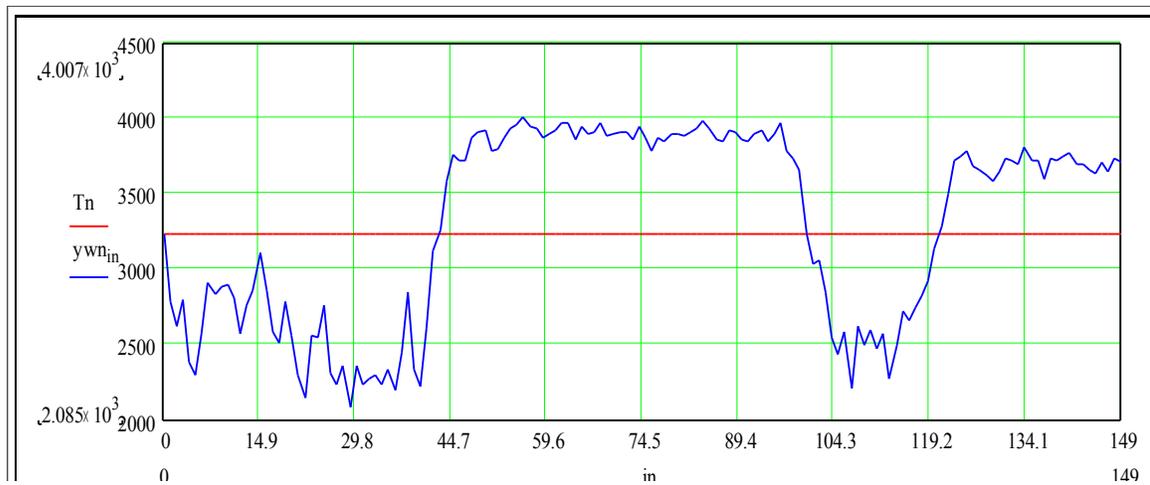


Figura 8. Patrón de comportamiento de la serie.

Anexo 41. Reporte del *MathCad* de la estrategia de ajuste y regulación realizada.
Parámetro de proceso: Molida horaria.

Se tomó σ aceptable de los cálculos realizados en el ejemplo, a partir de los datos reales (Anexo 38); se asumió un valor de λ (0,2- 04); $\lambda= 0,3$.

Se determinó L para la Dead Band por el modelo lineal (figura 3.21), $L=0,8$

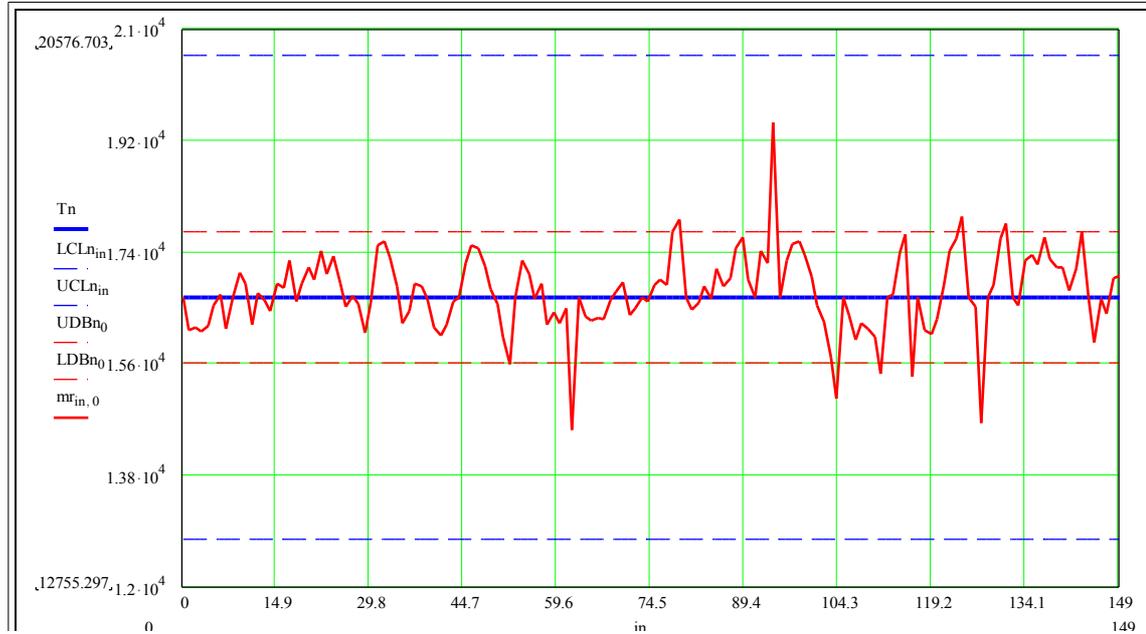


Figura 1. Aplicación de la política de regulación

T_n: valor nominal _____
LCL, UCL: Límites de control -----
UDB, LDB: Límites de la Dead Band; (L) 0,8
mr_{in,0}: Serie ajustada _____

Características estadísticas importantes que definen la efectividad de la política de la regulación

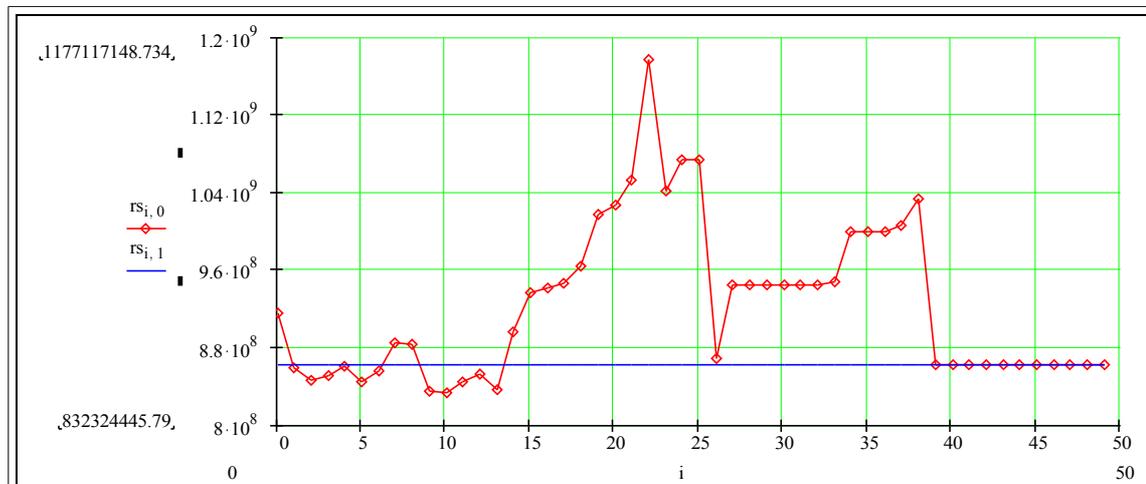


Figura 2. Varianza de salida de la serie respecto al valor nominal

✓ Se obtiene $L=0,816$

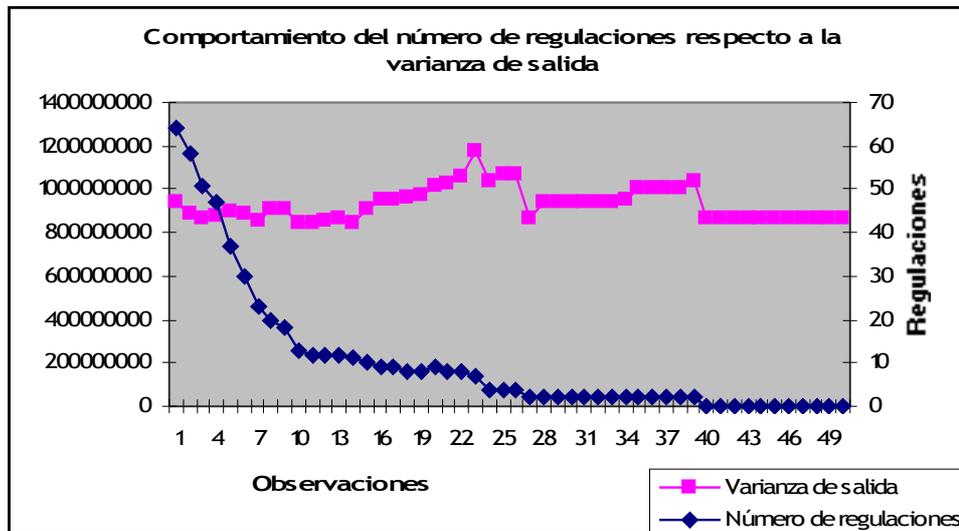


Figura 3. Comportamiento de las regulaciones respecto a la varianza de salida para la determinación del número óptimo de regulaciones (12).

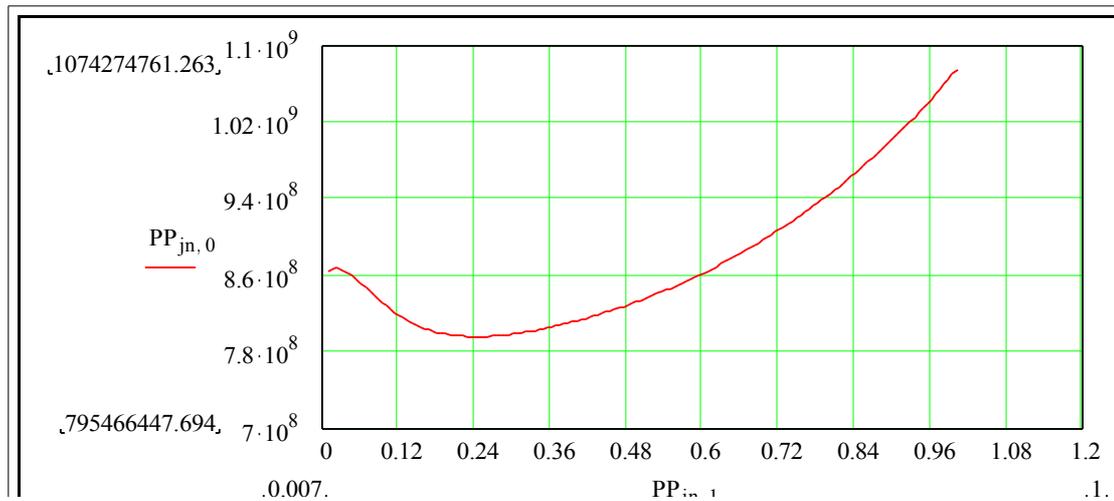


Figura 4. Cálculo del grado de inestabilidad (λ_0) que hace mínimo el MMSE, posterior a la regulación (Box & Kramer, 1992), Valor óptimo de $\lambda=0,24$

Anexo 42. Reporte del *MathCad* de la estrategia de ajuste y regulación realizada.
Parámetro de proceso: Presión hidráulica

Se tomó σ aceptable de los cálculos realizados en el ejemplo, a partir de los datos reales (Anexo 39); se asumió un valor de λ (0,2- 04); $\lambda= 0,4$.
 Se determinó L para la Dead Band por el modelo lineal (figura 3.21), $L=0,4$

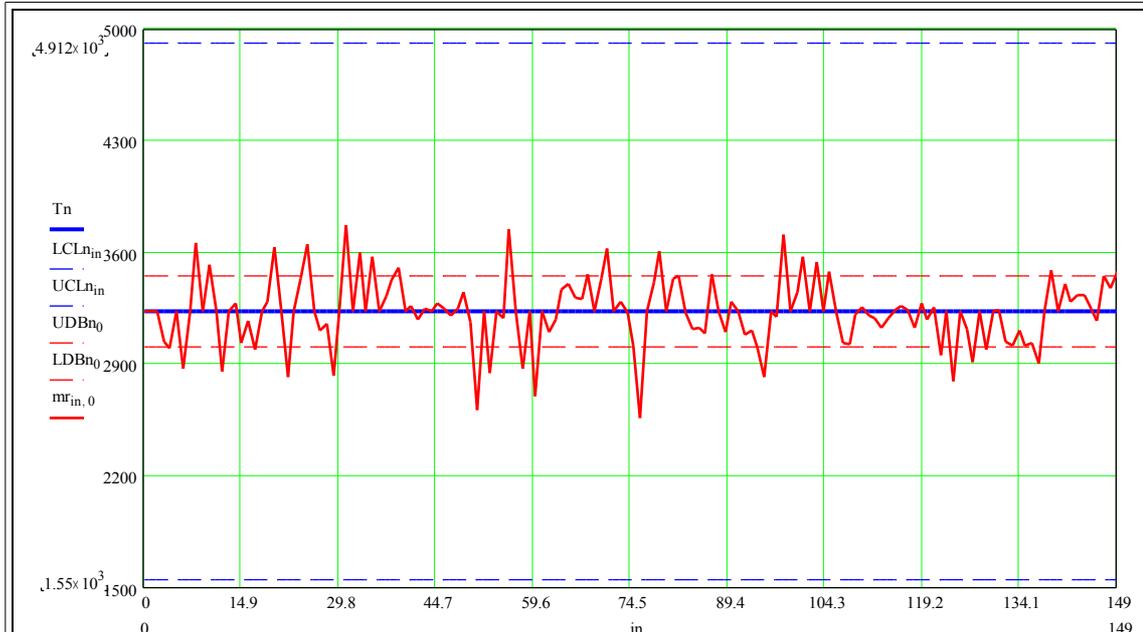


Figura 1. Aplicación de la política de regulación

T_n: valor nominal _____
LCL, UCL: Límites de control -----
UDB, LDB: Límites de la Dead Band; (L) 0,4
mr_{in,0}: Serie ajustada _____

Características estadísticas importantes que definen la efectividad de la política de regulación

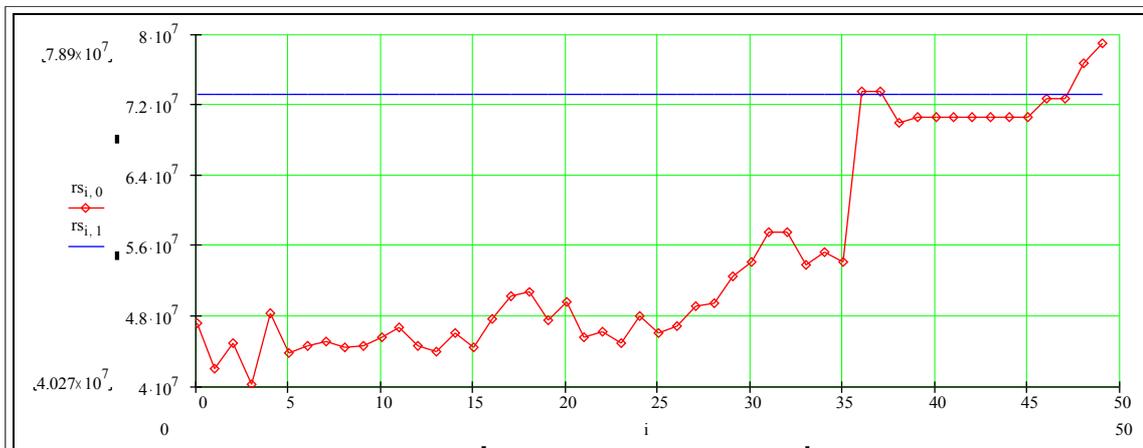


Figura 2. Varianza de salida de la serie ajustada respecto al valor nominal

✓ Se obtiene $L= 0,122$

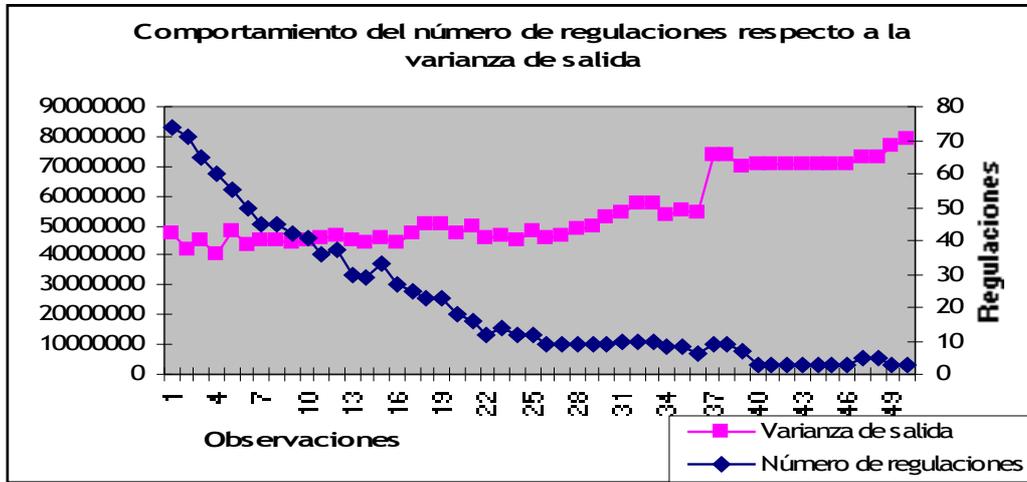


Figura 3. Comportamiento de las regulaciones respecto a la varianza de salida para la determinación del número óptimo de regulaciones (60)

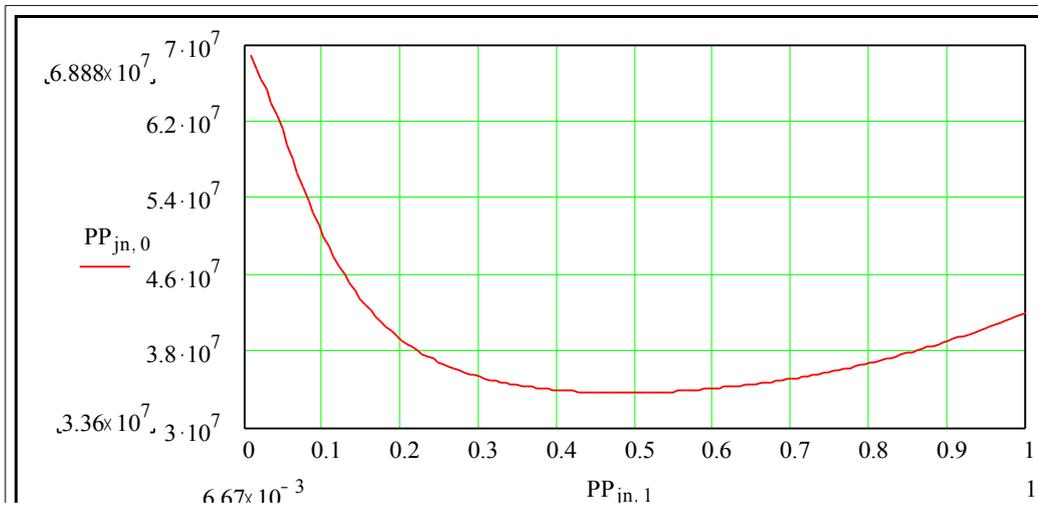


Figura 4. Cálculo del grado de inestabilidad (λ_0) que hace mínimo el MMSE, posterior a la regulación (Box & Kramer, 1992), Valor óptimo de $\lambda = 0,48$

Anexo 43. Nuevos enfoques para el trabajo departamental

Los nuevos métodos de trabajo requieren de un cambio en los procedimientos internos y herramientas de trabajo de los departamentos que constituyen la infraestructura del sistema, que pone en manos de la gerencia la información que esta requiere para la gestión del proceso tecnológico y productivo.

En la literatura que aborda el tema de la calidad, se plantea que el 85% del costo total de la producción no lo determina el puesto de trabajo directo a la producción, sino los departamentos vinculados con la planificación, el mejoramiento de la calidad administrativa y la gerencia, y es precisamente esta aseveración (que no pudo ser validada por las limitaciones de los registros contables para estos fines), la que hace necesario definir el cómo se deben enfrentar las actividades de estos departamentos en el proceso de gestión, como clave para el éxito en cuanto a calidad, costos y entrega (Abascal Fons, 2002)

En la siguiente Tabla aparece estructurada la actividad de los departamentos de: Maquinaria, Laboratorio, Sala de análisis, Programación agrícola, Contabilidad y Administración, según las funciones que ellos desarrollan dentro del proceso de gestión de calidad. Lógicamente cada una de estas funciones va asociada a un conjunto de herramientas de trabajo, no utilizadas actualmente, pero son las que determinan el cambio en los métodos de trabajo.

Tabla. Nuevos enfoques en el trabajo departamental

Departamentos	Elementos que lo identifican	Herramientas de trabajo	Resultados esperados
Maquinaria	Tecnología	Evaluación Modal de Fallos y sus Efectos (AMFE), sobre los medios.	Incremento de la disponibilidad del sistema. Disponibilidad de información para el mtto.
	Preparación de la producción:		
	Hombre	Estudios de motivación	Comprometimiento del trabajador Incremento de las posibilidades del trabajo en equipo
	Materia Prima y Materiales	Información sobre capacidad de proveedores	Reducción del tiempo perdido Mejora en los niveles de eficiencia del proceso
	Equipos	Resultados AMFE	Incremento de la eficiencia y la disponibilidad de los equipos.
	Instrumentos	Métodos estadísticos de análisis de los datos	Disponibilidad de información para el análisis de proceso.
Laboratorio	Métodos de trabajo en la inspección y el análisis de procesos.	Técnicas de muestreo y de CEP	Conocimiento de las posibilidades reales del proceso. Criterios de inspección.
Sala de análisis	Método de análisis de proceso	Evaluación AMFE (proceso)	Modos, efectos y causas de las no conformidades en el proceso.
		Análisis del estado del proceso y su capacidad (CEP)	Evaluación de los procesos y fuentes potenciales de mejora.
Programación agrícola	Relación con proveedores	Evaluación de la capacidad real del proveedor. Calidad, Costos y Entrega.	Brindar información oportuna para atenuar afectaciones al proceso.
Económico	Registros contables de los costos de calidad	Contabilidad analítica de costo	Reducción de los costos operativos.
Administrativo	Organización del uso del personal.	Sistema de estimulación	Motivación ante el trabajo.
		Programa de capacitación	Comprometimiento del trabajador.

Fuente: Elaboración propia

Anexo 44. Nueva prioridad de roles de los directivos

La no-definición de prioridades según el nivel jerárquico, en los roles o funciones de la administración de recursos, generalmente provoca que surjan conflictos y ambigüedades en las actividades que desarrollan, convirtiéndose en obstáculo en lugar de facilitadores para lograr un enfoque de proceso.

El enriquecimiento de las funciones a desarrollar por los directivos del área, partiendo de la concepción de buscar Calidad en el proceso a través de la actividad diaria (Imai, 2000), se presentan en este **Anexo** en la siguiente **Tabla**. En esta propuesta se establece la prioridad de roles de los directivos, posibilitando el desarrollo de un sistema para evaluar el desempeño de los administradores en cada nivel.

Tabla. Prioridad de roles según el nivel jerárquico.

Administrador	Prioridad de roles
Jefe de Brigada.	<ul style="list-style-type: none">• Atención a la calidad y no conformidades del proceso.• Responsabilidad por la disponibilidad del proceso de molida.
Jefe de Turno	<ul style="list-style-type: none">• Mejoramiento de la productividad.• Reducción de costos.
Jefe de maquinaria.	<ul style="list-style-type: none">• Administración de recursos humanos.• Solución de problemas relacionados con personas.
Administrador fábrica.	<ul style="list-style-type: none">• Despliegue de políticas.• Tratar problemas específicos que presentan los subordinados.• Solución de problemas relacionados con personas.• Coordinación del desarrollo de nuevos productos.

Fuente: Elaboración propia

Lógicamente la asimilación de estas funciones requiere de la participación y entrenamiento de los diferentes niveles administrativos en cursos que permitan la clarificación de los roles y la preparación para el cambio de actitud de cómo desarrollar la gestión de proceso.

Anexo 45

Cálculo del Indicador EMPI.
Etapa Extracción

$$EMPI = \sum_{z=1}^b W_z P_{jz} \quad [2.10]$$

VARIABLES de Salida(VS)	Brix Jugo Primario	Pol Jugo Primario	Pureza Jugo Primario	Brix Jugo Mezclado	Pol Jugo Mezclado	% sedimento	Caída Pureza	% goma	Pol bagazo	Humedad bagazo
W_{jz}^E	0,13	0,085	0,073	0,107	0,054	0,176	0,078	0,07586	0,115	0,105
Importancia promedio de VS_j (opinión experto)	1,786	2,31	1,667	2,071	1,5	1,31	2,048	1,67	1,119	1,524
Σ										17,01
W_{jz}^P	0,105	0,136	0,098	0,122	0,088	0,077	0,12	0,066	0,09	0,098
$W_{ij}^E * W_{jz}^P$	0,014	0,012	0,007	0,013	0,005	0,014	0,009	0,00501	0,01	0,01
Σ										0,099
W_{jz} (peso VS)	0,142	0,121	0,075	0,136	0,05	0,141	0,098	0,078	0,079	0,098

\bar{V}_{jz}	
Tipo de variable	valores reales y plan (2003)
“lo mayor es mejor”	$\bar{V}_{jz} = V_{jz} / Meta_{jz}$
“lo menor es mejor”	$\bar{V}_{jz} = Meta_{jz} / V_{jz}$

VS_j	Brix Jugo Primario	Pol Jugo Primario	Pureza Jugo Primario	% sedimento	Brix Jugo Mezclado	Pol Jugo Mezclado	Caída Pureza	% goma	Pol bagazo	Humedad bagazo	$P_{jz} = \sum_{j=1}^n W_{jz} \bar{V}_{jz}$
\bar{V}_{jz}	1,345	1,17	1,0358	0,9286	0,7857	0,9328	0,638	0,505	1,038	0,9697	
W_{jz}	0,142	0,121	0,075	0,136	0,05	0,141	0,098	0,078	0,079	0,098	
	0,191	0,142	0,0777	0,1263	0,0393	0,1315	0,063	0,039	0,082	0,095	0,9863

En la aplicación realizada se le concedió el mismo peso a cada etapa

$$W_1 = W_2 = W_3 = \dots = W_n = 0,2$$

$$\Sigma W_z = 1$$

EMPI Extracción 0,197