

# LA INCERTIDUMBRE EN EL ESCALADO DE DESARROLLOS TECNOLÓGICOS DE LA INDUSTRIA DE PROCESOS QUÍMICOS

(CU.3.012)

## **Autores**

**Dr.Sc. Erenio González Suárez**

erenio@uclv.edu.cu

Centro de Innovación Tecnológica, CITMA.

Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas, Villa Clara, Cuba.

**Dr. Miguel Laborde**

miguel@di.fcen.uba.ar

Dpto. Ingeniería Química, Facultad de Ingeniería

Universidad de Buenos Aires, Argentina

**Dr. Julio Pedraza Garciga**

juliop@uclv.edu.cu

Centro de Innovación Tecnológica, CITMA

Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas, Villa Clara, Cuba.

**Dra. Elena Rosa Domínguez**

erosa@uclv.edu.cu

Centro de Innovación Tecnológica, CITMA

Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas, Villa Clara, Cuba.

## **Resumen**

*En el presente trabajo se aplican los requerimientos, vías y resultados de la aplicación de los métodos de estrategias de procesos en condiciones de incertidumbre en la transferencia de tecnología de un proceso de la industria química al sector empresarial. Se resaltan las posibilidades de los Proyectos Internacionales en la minimización de la incertidumbre de los procesos que se transfieren y se refleja una experiencia a través de ejemplos específicos.*

## **Área y bloque temático**

Área 3: Transferencia tecnológica como instrumento para la innovación empresarial.

Bloque 3.3: Escalamiento industrial de desarrollos tecnológicos

**Palabras clave:** Cuba/proyectos internacionales/plantas químicas/transferencia tecnológica, Incertidumbre/procesos químicos/industria

# LA INCERTIDUMBRE EN EL ESCALADO DE DESARROLLOS TECNOLÓGICOS DE LA INDUSTRIA DE PROCESOS QUÍMICOS

## INTRODUCCIÓN

En los últimos años se incrementó el nivel de incertidumbre y complejidad de la vida social y de las transformaciones económicas, políticas, científicas y tecnológicas en un mundo cada vez más interdependiente.

Por otro lado, tradicionalmente el término tecnología ha sido usado como un concepto ambiguo, sin embargo, aunque este término se emplea con numerosas acepciones, una de las definiciones más precisas es la que lo conceptualiza como: *“el conjunto de conocimientos e información propios de una actividad que pueden ser utilizados en forma sistemática para el diseño, desarrollo, fabricación y comercialización de productos, o la presentación de servicios, incluyendo la aplicación adecuada de las técnicas asociadas a la gestión global”* (Rudd et al, 1980, pp. 269-273).

El conocimiento de estas tecnologías permite a la empresa definir prioridades en la elección entre diferentes opciones tecnológicas, por ello, en la base del progreso económico de la humanidad está la capacidad del hombre de generar nuevas ideas.

Es por ello, que *“una impronta de la época es que la tecnología incide cada vez más en las posibilidades empresariales”* (González, 1995, pp. 1-10), por lo que se requiere pasar de la perspectiva tecnológica tradicional, que no posibilitó el desarrollo, a una prospectiva tecnológica que puede interpretarse en: Búsqueda de posibilidades, Exploración de nuevos campos y Localización de recursos. Esto tendrá que descansar necesariamente en un análisis multilateral y pormenorizado de los factores y cambios tecnológicos de la empresa.

Tradicionalmente para el diseño de una instalación de la industria química se asume que los modelos y las principales variables y parámetros son exactos. Como se comprende, la suposición tácita de que para el diseño de un proceso se dispone de toda la información necesaria, no suele ser cierta. En adición, desdichadamente, desde el momento en que se concibe un proceso industrial hasta su realización y maduración transcurre un período más o menos largo de tiempo y por otro lado no siempre está disponible toda la información para el diseño de una instalación o para una parte sustancial de esta acrecentándose este grado de incertidumbre cuando se desarrollan nuevos procesos industriales, partiendo de procedimientos de laboratorio.

Coincidente con esta necesidad práctica, el Análisis Complejo de Procesos ha venido abordando con éxito la consideración de la incertidumbre en el análisis y diseño de procesos industriales.

Precisamente, los problemas de incertidumbre en la ingeniería de procesos, así como los principios metodológicos para su consideración en el diseño fueron ordenados en cuatro direcciones, a saber (Rudd y Wadson, 1980, pp. 269-273): 1) En la determinación del mejor ajuste del diseño de un proceso a los cambios futuros; 2) Los aspectos concernientes a la incertidumbre de los datos de diseño de los equipos; 3) La consideración de las fallas operacionales de los equipos componentes del proceso tecnológico o el diseño de instalaciones completas y 4) Los aspectos relacionados con el efecto de las variaciones en el entorno en el diseño y operación de instalaciones de procesos químicos.

Como antecedentes y referidos en la mencionada obra, en la literatura científica internacional aparecieron entre otros, trabajos, de los mismos autores sobre las correcciones en la incertidumbre de los proyectos, (Rudd y Watson, 1980, pp. 269-273); sobre la teoría de la fiabilidad en el diseño de procesos químicos de la industria química. Posteriormente han aparecido otros trabajos, entre los que resaltan entre otros: la detección y diagnóstico de fallas en la industria química (Himmelblau, 1970, p.3), así como los trabajos tratando los problemas de fiabilidad de un compresor centrífugo en línea (Boyce, pp.115- 127, 1978), en el diseño de instalaciones de (Gruhn et al, 1980, pp.521-525), sobre Gerencia e Incertidumbre, (Watanabe, 1986, p. 151), el impacto de la incertidumbre financiera (Huang, 1986, p.152) y la gerencia de la incertidumbre competitiva (Brestovansky, 1986, p. 153), así como sobre Gerencia e Incertidumbre (Lafferre, 1986, p. 154); los referentes a los balances de materiales y energía considerando la incertidumbre (Badea, 1984, p. 22), (Badea, 1987, p. 28); en Cuba resaltan entre otros, los esfuerzos en la inclusión de los estudios de incertidumbre en los estudios inversionistas en la industria de procesos químicos, (Gallardo, 1988, pp. 24-92), (Rosa, 1996, pp. 12-100), (Pedraza, 1997, pp. 3-99), y (Fuentes, 1997, pp. 20-67) resumidos y propuestos en la consideración de la incertidumbre en la estrategia de procesos y en particular en la diversificación de la industria de la caña de azúcar (González, 1995, pp. 2-28).

Un estudio de esas características para una instalación de la industria química, requiere de diversos enfoques y métodos de eliminación de la incertidumbre en el diseño de la nueva instalación.

## DESARROLLO.

La **incertidumbre**, en su acepción más simple, se define como "la carencia parcial o total del valor verdadero de una cantidad y puede ser debido a errores aleatorios en la medición, a errores sistemáticos, a la carencia de una base empírica y a errores humanos, entre otros factores". (Frey, H.C, 1997, pp.208-219)

La incertidumbre en los parámetros claves del funcionamiento de un proceso conducirán a incertidumbres en las características claves de salidas tales como eficiencia de la planta, costo o emisión de contaminantes. (Rudd et al, 1980, pp. 269-273), (Pedraza, 1997, pp. 3-99), (González et al, 1995, pp. 1-10)

### **Planificación y desarrollo de proyectos internacionales.**

Según (Woodward et al, 2000, pp. 1-8) "*la Planificación y ejecución de un proyecto internacional requiere de muchas consideraciones especiales no usualmente encontradas cuando se hace la Planificación dentro de tu propio país*". Existen obvias diferencias tales como en la productividad, impuestos, intereses y otros muchos factores que podrían ser obviados, introduciendo por supuesto valores inciertos en los estimados finales de costos capitales que podrían demeritar el resultado final.

Para esto se debe considerar las prácticas locales y los códigos aplicables en el proceso de diseño, así como las características y disponibilidad de las materias primas a utilizar, las posibles localizaciones de las inversiones a realizar, las características del medio ambiente, la disponibilidad de tecnologías, las fluctuaciones de los precios de las materias primas y productos, la disponibilidad y calidad de la fuerza de trabajo en los diferentes países y también como un factor importante el sistema social imperante en cada país, que puede ser un elemento favorecedor o entorpecedor en el desarrollo exitoso de los proyectos. (Woodward et al, 2000, pp. 1-8) plantean que este conjunto de factores bastaría para desanimar a cualquiera. Sin embargo en casi todos los países existe una buena infraestructura de soporte que ayuda a comenzar de forma segura el desarrollo de cualquier proyecto internacional.

Por otro lado, según nuestra experiencia personal, el desarrollo de proyectos internacionales entre diferentes países contribuye a minimizar la incertidumbre en la transferencia de tecnologías, dado por los siguientes factores:

- La participación de diferentes grupos multidisciplinarios formados por expertos de diferentes países conduce a que las tareas involucradas sean "tamizadas" con elevado rigor científico, obteniéndose por tanto resultados científicamente fundamentados que

permiten valorar cualquier incertidumbre presente y tenerla en cuenta en las diferentes etapas del proyecto.

- La participación de diferentes grupos multidisciplinarios permite discernir cuales son las etapas críticas del proyecto y de la tecnología a transferir contribuyendo a un estudio más intensivo de las mismas.
- El estudio y valoración de diferentes tecnologías a transferir en cada país por los diferentes grupos multidisciplinarios permite discernir cual es la tecnología que se ajusta más a las condiciones específicas de cada país.
- El estudio de las tecnologías a transferir permite proponer, sobre la base del criterio de expertos, una nueva tecnología que incluya los aspectos más novedosos de las tecnologías estudiadas y que pueda ser adecuada de forma general a la totalidad de los países que participan en el proyecto.
- La valoración de las etapas críticas de un proyecto permite mediante una mayor inversión de recursos humanos y financieros evaluarlas a escala de laboratorio, minimizando las incertidumbres presentes y no invirtiendo un capital adicional en el estudio de las etapas restantes, contribuyendo a un aprovechamiento óptimo de dichos recursos.
- El informe final del proyecto se lleva a cabo de forma colegiada, aumentando el nivel científico del mismo.

Ilustraremos todos estos criterios mediante un caso ilustrativo: Proyecto CYTED IV.9: “Producción de aditivos oxigenados para gas oil y otros combustibles a partir de bioetanol”.

#### **Ejemplo ilustrativo:**

El 1,1 dietoxietano, conocido comercialmente como acetal, ha tenido en los últimos años una nueva e interesante aplicación como aditivo oxigenado de combustibles líquidos, por las sensibles mejoras que se obtienen en las propiedades del combustible. El acetal puede ser obtenido a partir de etanol y acetaldehído (Laborde, 1995, pp. 2-19). Uno de los objetivos del proyecto está centrado en el desarrollo de catalizadores sólidos que sustituyan los tradicionales ácidos líquidos utilizados, empleando minerales de la región, de bajo costo (Laborde et al, 1997, pp.151-157).

La calidad, precio, disponibilidad y destinos de mejor uso de las materias primas fundamentales y el negativo impacto ambiental de los residuales de la producción de bioetanol son factores históricos que limitan el incremento de la producción de alcohol por vía fermentativa. La producción combinada de torula y alcohol, puede brindar una solución al

efecto contaminante que ya tienen muchas instalaciones industriales cubanas (González, 1994, pp. 2-28); (Hall et al, 1992, pp. 62-73).

En la mayoría de los procesos de obtención del acetal, este es obtenido utilizando como materias primas fundamentales: el etanol y el acetaldehído, aunque en algunos casos este último se sustituye por el acetato de vinilo (Laborde, 1995, pp. 2-19).

Mediante un estudio de las patentes existentes para la producción de acetal se analizaron cinco variantes que parten del uso del etanol y acetaldehído como materias primas fundamentales. Estas son: a)Proceso Porocel Corp, 1948; b)Proceso Dow Chemical, 1954; c)Proceso Distillers Co, 1950; d)Proceso Degussa, 1985; e)Proceso Bozel Malettra, 1948.

De forma general en el proceso de obtención del acetal a partir de etanol se pueden distinguir dos etapas: la etapa de reacción que requiere de un catalizador en fase homogénea o heterogénea y la etapa de separación-purificación del acetal.

El proceso catalítico heterogéneo de fabricación del 1,1 dietoxietano ofrece a su vez, aspectos interesantes ya que es factible operar a presión atmosférica y temperatura ambiente y alcanzar, en estas condiciones operativas, conversiones cercanas a las del equilibrio (60%) y no se generan reacciones laterales. También existen antecedentes de procesos llevados a cabo a temperaturas más elevadas y empleando reactores continuos de lecho fijo.

La evaluación económica se orientará al proceso Porocel, con algunas modificaciones. A partir del análisis global, este resultará el más ventajoso de acuerdo a las características de Cuba. Atendiendo al nivel de información con que se cuenta, el acceso a datos de equilibrio químico, cinéticos, así como a otras propiedades del sistema, es limitado en la bibliografía consultada; trayendo consigo un alto grado de incertidumbre para realizar el diseño preliminar de la planta. Sin embargo, cabe señalar que una alternativa a tener en cuenta, para estudios posteriores, sería la combinación del proceso Porocel en la etapa de reacción y el proceso Bozel Malettra en la etapa de separación-purificación.

En el caso de la etapa de reacción química, después de un riguroso análisis de patentes, se concluyó que lo más recomendable en las condiciones de Cuba, es emplear la patente que utiliza el catalizador de cromo-cobre debido a criterios económicos y al acceso a información sobre el sistema.

Por otra parte la determinación de la incertidumbre en la estrategia para el desarrollo de la producción de acetal en Cuba (Fuentes, 1997, pp. 20-67) y la evaluación económica del riesgo en una futura inversión en esta empresa (Llanes, 1998, pp. 10-100), mostraron, preliminarmente, resultados alentadores.

## RESULTADOS

Relacionando balances de materiales, totales y parciales, entre las estaciones de fermentación de ambos procesos y la unidad de destilación de alcohol, se calcula, aproximadamente, la capacidad de la planta de alcohol, cuyas vinazas puedan ser recirculadas totalmente. Como resultado de estos balances, se evalúa el proyecto sobre la base de una producción diaria de 32 t de torula y 670 hl de bioetanol, que crea una capacidad para producir 15 t de acetaldehído y 18 t de acetal. Se valora además el efecto económico de un excedente de un 5% de alcohol y de la venta de un subproducto de la producción de acetaldehído, el acetato de etilo.

Las alternativas evaluadas difieren en el mezclado de substratos en los procesos fermentativos (i) y en los precios del acetal (j), según la tabla # 1:

Tabla # 1: Alternativas para evaluar la producción de acetal a partir de bioetanol.

Alternativas i,,j	1	2
i	Producción de torula con vinaza (12 % ART) + miel y alcohol con vinaza (6.4 % ART) + miel.	Producción de torula con jugo de los filtros (18 % ART), vinaza (15 % ART) y miel.
j	Precio alto de acetal.	Precio bajo de acetal.

En las tablas # 2 y 3 se resumen los resultados del cálculo económico de los costos de inversión y de producción de cada una de las plantas del complejo. Previamente se realizó un diseño preliminar de las plantas de alcohol (tecnología tradicional discontinua), acetaldehído y acetal para las capacidades definidas anteriormente.

Tabla # 2. Costos de Inversión de las plantas de etanol (670 hl/d), acetaldehído (15 t/d) y acetal (18 t/d).

Índice/Costo Actual, \$	% Costo de Equip.	Planta de Etanol.	Planta de Acetaldehído	Planta de Acetal
<b>Costos Directos</b>				
Equipamiento	-	1 174 172	1 139 908	415 537
Instal. de equipos	35	410 960	398 968	145 437
Tuberías	1	11 741	11399	4 155
Instrument. y control	6	70 450	68 394	24 932
Instal. eléctricas	8	93 933	91 192	32 242
Costo proc. auxiliares	10	117 417	113 990	41 553
Facilid. de servicios	40	469 668	455 963	166 214
Costo edificaciones	18	211 350	205 183	74 796
Mov. de tierras	10	117 417	113 990	41 553

Terreno	6	70 450	68 394	24 932
Total		2 630 145	2 553 395	930 082
<b>Costos Indirectos</b>				
Ing. y supervisión	33	387 476	376 169	137 127
Gastos construcción	41	481 410	481 410	170 370
Total		868 887	868 887	307 127
Imprevistos	42	493 152	478 761	174 525
<b>Inversión Fija</b>	CD+CI+I	3 992 184	3 875 689	1 412 825

\* La planta de producción de torula se encuentra instalada con una capacidad nominal de 32 t/d. Su costo de inversión fija actualizado es de 14 715 920 \$.

Tabla # 3. Costos de Producción de las Plantas de torula (32 t/d), etanol, acetaldehído y acetal.

Índice/Costo, \$/año	Torula	Alcohol	Acetaldehído	Acetal
<b>Costos Directos</b>				
Materia Prima * Alternativa 1	4 282 805	5 798 231	2 846 982	9 846 916
Alternativa 2	5 008 651	4 459 682	2 336 961	8 400 088
Utilidades **	1 946 541	1 173 558	1 995 589	55 907
Alternativa 1	1 893 323	1 123 044	1 842 583	55 907
Alternativa 2				
Mano de Obra ***	32 408	64 462	15 190	18 230
Mtto y Repar. (0.02 Inv)	294 318	79 843	77 513	28 256
Supervisión (0.1 M.O)	3 240	6 446	1 519	1 823
Suministros (0.1 Mtto)	29 431	7 984	7 751	2 825
Laboratorio (0.1 M.O)	3 240	6 446	1 519	1 823
<b>Costos Indirectos ****</b>	164 984	75 374	47 112	24 154
<b>Costos Fijos</b>				
Depreciación (0.1 Inv)	1 471 592	399 218	387 568	141 282
Impuestos (0.01 Inv)	147 159	39 921	38 756	14 128
Seguros (0.004 Inv)	58 863	15 968	15 502	5 651
<b>Gastos Generales</b>				
Administ. (0.15 M.O)	4 861	9 669	22 788	2 734
Int.bancario (0.007 Inv)	103 011	27 945	27 129	9 889
D.V.D. *****	638 991	579 951	383 944	712 204
Alternativa 1	689 618	475 397	337 532	611 066
Alternativa 2				
<b>Cost. Total de Producción</b>				
Alternativa 1	9 128 444	8 285 016	5 484 920	10 174 344



Alternativa 2	9 851 699	6 791 399	4 821 893	8 729 516
---------------	-----------	-----------	-----------	-----------

Para realizar el análisis económico del proyecto, se concibe el sistema alcohol-torula-procesos alcoquímicos como un todo, de modo que se consideren las entradas y salidas del sistema. Las ecuaciones 1,2 y 3 son usadas para obtener los costos de inversión y de producción totales del complejo.

$$CI_{\text{COMPLEJO}} = CI_{\text{P.ALCOH.}} + CI_{\text{P.ALDEH.}} + CI_{\text{P.ACETAL}} \quad \text{ec. 1.}$$

$$CP_{\text{COMPLEJO}} = CP_{\text{ALCOHOL-TORULA}} + CP_{\text{ALDEH.*}} + CP_{\text{ACETAL*}} \quad \text{ec. 2.}$$

$$\text{Ingresos} = I_{\text{TORULA}} + I_{5\% \text{ ALCOH.}} + I_{\text{AcE}} + I_{\text{ACETAL}} \quad \text{ec. 3.}$$

Se han considerado los siguientes precios de venta de los productos: torula 612 \$/t, alcohol 50 \$/hl, acetato de etilo 440 \$/t.

Para realizar el cálculo de los flujos de caja de cada una de las alternativas se tuvieron en cuenta los siguientes supuestos: Se consideran los flujos de caja al final de cada año y constantes; Terminado el primer año ya se han realizado las inversiones iniciales del proyecto; Al final del segundo año, el costo inicial del proyecto es de 5 568 419 \$ (60% Inv. fija) y al final del segundo, de 3 712 279 \$; En el segundo y tercer años del proyecto solo se receptorán el 50% y 80% de los ingresos totales, respectivamente; hasta que en el cuarto año se normalice la producción; Dada la magnitud de la inversión, será indispensable obtener préstamos monetarios que se reintegrarán con un 10% de interés; El préstamo equivale a 4 000 000 \$ y se convenia que la devolución del préstamo sea en un término de dos años.

Los indicadores dinámicos para evaluar la factibilidad económica del proyecto, se resumen en la tabla # 5.

Tabla # 5. Indicadores de evaluación de inversiones y de tratamiento de riesgo.

Indicadores	Alternativas (i,j)			
	1.1	1.2	2.1	2.2
VAN	\$ 20 581 983	\$ - 2 593 206	\$ 22 605 703	\$ 1 201 138
TIR	45%	5%	49%	13%
PRD	1 año y 326 días	-	1 año y 285 días	3 años y 265 días
Esp. Matemática	11 454 831	-	19 951 546	1 346 636
Varianza	489 961 539	-	559 160 466	3 243 171
Desviación típica	699 972	-	747 770	56 949
Coef. de variación	0.06	-	0.03	0.04

La elección de la mejor alternativa depende de la actitud del inversor ante el riesgo, al seleccionar la combinación esperanza matemática-varianza; la tendencia: maximizar-minimizar.

La elección de aquellas inversiones con unas esperanzas matemáticas de valor capital (o de tasa de retorno) mayores, constituye una línea de conducta racional. El empresario no debe conformarse solamente con el conocimiento de la esperanza matemática del valor capital para la adopción de la decisión de inversión. Dos inversiones con el mismo valor capital pueden no ser indiferentes para el inversor, debido precisamente al distinto grado de riesgo. El riesgo de un proyecto viene definido por la variabilidad de sus flujos de caja y suele convenir tomar como medida del mismo la varianza del valor capital. Mientras más alto sea el coeficiente de variación (que combina el riesgo y la esperanza matemática), más riesgoso es el proyecto. La utilidad real de este coeficiente está en la comparación de proyectos que tengan valores esperados diferentes.

Para complementar los métodos anteriores de introducción y evaluación del riesgo en el proyecto, se realiza el análisis de la sensibilidad, el que se puede utilizar con éxito en cualquier modelo económico decisionista, con el objeto de determinar la variabilidad del resultado final al variar alguno de los parámetros estimados; constituyendo una forma indirecta de introducir el riesgo en el análisis de las inversiones, dado que las magnitudes fundamentales que definen una inversión ya no son consideradas como ciertas, lo que obliga a tomar los resultados obtenidos, sobre la base de ellas, con cierta cautela.

Una inversión conviene llevarla a cabo según el criterio del valor capital, cuando este es positivo. Tomando como base este criterio, a través del análisis de sensibilidad por el método tradicional, se determina el intervalo donde pueden variar cada una de las magnitudes que definen el valor capital, para que este siga siendo positivo. El cálculo de esta variabilidad, siendo: A, desembolso inicial o tamaño de la inversión;  $Q_j$  ( $j = 1, 2, \dots, n$ ), flujo neto de caja de cada año  $j$  y  $k$ , tipo de descuento o de interés calculatorio, aparecen en la tabla # 6.

Tabla # 6. Resultado del análisis de sensibilidad para cada alternativa. Método tradicional.

Variables	Intervalo de variación/Alternativa.			
	1.1	1.2	2.1	2.2
A	(0;31 706 713)	(0;8 531 524)	(0;33 730 433)	(0;12 345 868)
$Q_2$	(-19 516 924; )	(3 526 544; )	(-21 451 891; )	(-527 128; )
$Q_3$	(-17 454 980; )	(5 403 926; )	(-19 449 080; )	(1 215 383; )
$Q_4$	(-14 959 532; )	(8 985 622; )	(-17 099 089; )	(5 441 098; )

Q <sub>5</sub>	(-17 972 940; )	(9 366 431; )	(-20 408 790; )	(5 262 311; )
k	(0; 0.45)	(0;0.05)	(0;0.49)	(0;0.13)

En la tabla #7 se muestran los valores que pueden alcanzar las variables estimadas, precio de venta del acetal y su demanda anual, para que el proyecto siga siendo atractivo para el inversionista. Este método de análisis de sensibilidad unidimensional es mucho más eficiente, por cuanto busca un solo valor límite, el cual al ser conocido por el inversionista, le permite incorporar a la decisión su propia aversión al riesgo. Esto es lo mismo que buscar la cantidad que hace al VAN igual a cero.

Tabla # 7. Resultado del análisis de sensibilidad para cada alternativa. Método unidimensional.

Variable	Alternativa		
	1.1	2.1	2.2
Precio de venta, \$	2 662.37 - 1 895.52	2 662.37 - 1 189	792.37 - 753.52
Cant. demandada, t/a	5 940 - 2 406	5 940 - 2 272	5 940 - 5 035

Por ejemplo: en el análisis de la alternativa 1.1, si a un precio de 2 662.37\$ el valor actual de los ingresos es de 91 578 202 \$, el precio que determina que ese valor sea ahora de 65 200 929 \$ (V.A.N. = 0) es 1 895.52 \$. Es decir, el precio podría caer a 1 895.52 \$ y todavía el inversionista obtendría el 10% exigido a la inversión.

### CONCLUSIONES.

- La factibilidad de aplicar el desarrollo de proyectos internacionales como una vía para disminuir la incertidumbre presente en las principales variables del proceso, es un tema novedoso en la transferencia y asimilación de tecnologías para los países del Tercer Mundo.
- Solo el trabajo mancomunado de los centros de investigación científica, universidades, y centros de producción aliados en un objetivo común puede conducir al desarrollo de proyectos de investigación internacionales que contribuyan a resolver los acuciantes problemas que en el orden práctico se presentan en la vida diaria de nuestros países.
- El trabajo conjunto de investigadores de diferentes países puede contribuir a que la transferencia de tecnologías se adecue a las características específicas de cada país, ilustrado lo anterior con el desarrollo del proyecto internacional CYTED IV.9: “Producción de aditivos oxigenados para gas oil y otros combustibles a partir de bioetanol”, que permitió incrementar la seguridad de enfrentar una estrategia para

desarrollar la producción de aditivos oxigenados por vía alcoquímica en Cuba, obteniéndose los siguientes resultados prácticos:

- Utilizando la proporción de 5-10% v/v de acetal en mezclas combustibles se lograría un ahorro directo de gasolina de 53 000 000 USD por año;
- Producción de catalizadores de bajo costo con procesos no contaminantes, a partir de minerales abundantes en la región; Desarrollo de una tecnología, no contaminante, de fabricación de productos de mayor valor agregado a partir de bioetanol, con una sustentación energética y de materias primas fundamentada en la Industria de la Caña de Azúcar; Incorporación de nuevos productos y nuevas tecnologías competitivas, al mercado mundial.

## BIBLIOGRAFÍA

Badea, L., et al., 1984. "Modeling of Heat Balances under Conditions of Risk and Uncertainty an Application". R6. 22, CHISA '84, Praha.

Badea, L. Et al, 1987. "Simultaneous material and Heat balances of a Process system under conditions of uncertainty ". B8. 28, CHISA '87, Praha.

Boyce, M.P, 1978. "How to achieve outline reliability on centrifugal compressor". *Chemical Engineering*. New York. 85 (13): 115- 127.

Brestovansky, D. F. Et al. 1986. "Managing the effects of competitive uncertainty: a case studies approach". Paper 1c- 153. II World Congress of Chemical Engineering, Tokyo.

Castillo, A., 1997. Posibilidades de la Integración en el desarrollo prospectivo de la Industria de la caña de azúcar/ T.D. opción del grado de Master of Science en Análisis de Procesos, Fac. Química y Farmacia, U.C.L.V. Cuba. pp.43-56

Correa, Y., 1997. Estudio de la fermentación alcohólica, utilizando diferentes substratos azucarados./ T.D. opción del grado de Master of Science en Análisis de Procesos, Fac. Química y Farmacia, U.C.L.V. Cuba. pp. 60-78

De la Cruz, R., 1997. Aplicación del Análisis de Procesos en la Intensificación de la Destilería Paraíso./ T.D. opción del grado de Master of Science en Análisis de Procesos, Fac. Química y Farmacia, U.C.L.V. Cuba. pp. 10-98

Fabelo, J., 1997. Estudio de un biorreactor para la fermentación alcohólica usando diferentes substratos azucarados. / T.D. opción del grado de Master of Science en Análisis de Procesos, Fac. Química y Farmacia, U.C.L.V. Cuba. pp. 32-88

Frey, H.C., 1997. Variability and uncertainty in highway vehicle emissions factors. In Emission Inventory: Planning for the Future. October 1997 pp.208-219.

Fuentes M.M., 1997. "Determinación de la incertidumbre en el escalado y diseño de un combinado para la producción de aditivos oxigenados", Tesis de Maestría en Análisis de Procesos". Fac. Química y Farmacia, UCLV. pp. 20-67

Gaals, Z. Et al, 1985. "The reliability of the systems of chemical technologies". *Hungarian Journal of Industrial Chemistry*, 13(3), 1985. 181- 191

Gallardo, I., 1988. "Análisis de alternativas para la ampliación y reconstrucción de fábricas en la industria del papel". Tesis para la obtención del Grado Científico de Doctor en Ciencias Técnicas (PhD), UCLV. pp. 24-92

González, E., 1994. "Alternativas de desarrollo y perfeccionamiento de la industria azucarera mediante el incremento de la producción de alcohol". Curso de Postgrado. Departamento de Ingeniería Química. Universidad de Buenos Aires. Argentina. pp. 2-28

González, E. et al, 1995. "Escalado y diseño de instalaciones de la industria química en condiciones de incertidumbre". III Taller Internacional de Escalado, Habana 95, La Habana. pp. 1-10.

Gruhn, G. Et al, 1980. "Zuverlässigkeitsanalyse der Aufbereiungsanlage eines Kaliwarter". *Chem. Techn.* 32 (9) 521-525.

Hall, D.O. et al, 1992. Biomass energy. "Lessons from case studies in developing countries"./ *Energy Policy*, 20 (1), 62-73.

Himmelblau, D.M., 1970. "*Process Analysis by Statistical Methods*". New York, John Wiley & Sons, p.3.

Huang, W., 1986. "Financial and Macroeconomic Impact on International Petrochemical prices, demand and trade. The development and implementation of IMISP System ". Paper 1c-152. II World Congress of Chemical Engineering, Tokyo.

Laborde, M, 1995. Estudio de patentes sobre la producción de acetal. Informe de Investigación./ s.n./ U.B.A., Argentina. pp. 2-19

Laborde, M. Et al, 1997. Síntesis de acetal (1-1 dietoxietano) a partir del etanol utilizando montmorillonita como catalizador. *Información Tecnológica*, 8(4), 151-157..

Lafferre, T.H., 1986. Hazardous Waste Disposal a taxing problem-Shrouded in Uncertainty". Paper 1c- 154. II World Congress of Chemical Engineering, Tokyo.

Llanes, C., 1998. Determinación de la incertidumbre en los parámetros financieros en la evaluación de la inversión de un combinado productor de aditivos oxigenados para gas oil y otros combustibles a partir de la caña de azúcar./ T.D. opción del grado de Master of Science en Análisis de Procesos, tutor: Dr. Sc. Erenio González Suárez. Fac. Química y Farmacia, U.C.L.V. Cuba. pp. 10-100

Pedraza G, J., 1997. "Estrategia para el diseño de una planta para la producción de ácido fosfórico en condiciones de incertidumbre" Tesis para la obtención del Grado Científico de Doctor en Ciencias Técnicas (PhD). pp. 3-99

Pérez, H., 1997. Posibilidades de desarrollo energético integrado de una región azucarera./ T.D. opción del grado de Master of Science en Análisis de Procesos, Fac. Química y Farmacia, U.C.L.V. Cuba. pp.56-71

Reyes, R., 1997. Impacto de la extracción del jugo de los filtros en los volúmenes de producción y calidad del azúcar del C.A.I. "Heriberto Duquesne". / T.D. opción del grado de Master of Science en Análisis de Procesos, Fac. Química y Farmacia, U.C.L.V. Cuba. pp. 13-80

Rosa D, E., 1996. "Análisis de alternativas de Inversión en la industria química considerando la fiabilidad de los equipos "Tesis para la obtención del Grado Científico de Doctor en Ciencias Técnicas (PhD). pp. 12-100

Rudd , D.F. et al., 1968. "*Strategy of Process Engineering*". E.R., La Habana, pp. 269-273.

Watanabe, T., 1986. "Management and Uncertainty". Paper 1c- 151. II World Congress of Chemical Engineering, Tokyo.

Woodward, C. P. et al, 2000. "The Planning and Execution of an International Project: A Checklist of Actions". About\_com [http--ourworld\\_compuserve\\_com-homepages-icec-korev298.htm](http://ourworld.compuserve.com/homepages/icec-korev298.htm). pp.1-8