

Consideración de la incertidumbre en la propuesta de nuevas oportunidades de negocio en la Empresa Azucarera Ignacio Agramonte, Camagüey

Consideration of Uncertainty in the Proposed new Business Portunities in the Company Azucarera Ignacio Agramonte, Camagüey

MSc. Glenia Rabassa-Olazába^{II}, glenia.rabassa@reduc.edu.cu; Dr. Erenio González-Suárez^{II},
MSc. Luis Eduardo-Guerra^I, Ing. Amaury Pérez-Sánchez^I,
Dr. Amaury Pérez-Martínez^{III}

^IUniversidad de Camagüey "Ignacio Agramonte Loynaz", Cuba;

^{II}Universidad Central "Martha Abreu" de Las Villas, Cuba;

^{III}Universidad Estatal Amazónica. Puyo, Ecuador

Resumen

En el presente trabajo se realiza una estimación de la incertidumbre para determinar si es factible la proyección de nuevas oportunidades de negocios en la Empresa Azucarera Ignacio Agramonte, Camagüey, a partir de las propuestas de sus empresarios; los pronósticos y análisis estadísticos se realizan a partir del empleo del paquete Statgraphics Centurion XVI, para esto se identifica un modelo de pronóstico ajustado según datos históricos de la empresa, se simulan intervalos de confianza para el pronóstico, se evalúa la incertidumbre asociada a la predicción, así como el pronóstico realizado por la empresa y se identifican los impactos para la posible reconversión y/o asimilación de una nueva producción, mediante el software SuperPro Design versión 9, determinando que las proyecciones de la empresa se acercan bastante al modelo ajustado de un escenario optimista y se aceptan los nuevos proyectos de los empresarios, entre ellos la inversión de sendas plantas para la producción de D-xilosa y xilitol como oportunidades de negocio en virtud de la incertidumbre en la disponibilidad de su materia prima.

Palabras clave: *incertidumbre, oportunidades de negocio, xilosa, xilitol.*

Abstract

With this work an estimate of uncertainty is performed to determine whether the screening of new business opportunities in the Sugar Company Ignacio Agramonte, Camagüey, from the proposals of its business is feasible, forecasts and statistical analyzes were performed from employment package Statgraphics Centurion XVI, for this a forecasting model set is identified by historical data of the company, confidence intervals for the forecast are simulated, the uncertainty associated with the prediction is evaluated, as well as assumptions made by the company and impacts for possible restructuring and / or assimilation of a new production are identified by the software SuperPro Desing version 9, determining that the projections of the company are very close to the model set an optimistic scenario and accept new projects employers, including the investment of two plants for the production of D-xylose and Xylitol.

Keywords: *uncertainty, business opportunities, xylose, xylitol.*

Introducción

La vida útil de una instalación industrial necesariamente se extiende hacia el futuro, por lo que la selección y aprobación de un proyecto u oportunidad de negocio tratará de asegurar las mejores condiciones futuras, de manera que mientras más incierto e impreciso es el pronóstico, más incierto e impreciso es la selección del proyecto, lo que refuerza la necesidad de determinar el mejor tamaño inicial en un sistema de procesos, así como las variables requeridas para su diseño y construcción, lo que se logra con un acertado sistema de pronóstico que descansa en una adecuada gestión de conocimiento en concordancia con una conducta proactiva que permita aprovechar las oportunidades que el desarrollo científico técnico pueda brindar a la competitividad de las tecnologías que se instalan, así como las fortalezas de la tecnología que mediante un análisis de concurrencia se seleccione, previendo acciones de innovación tecnológica que permitan mitigar en el tiempo las amenazas y las debilidades de la tecnología instalada. /6/

Los pronósticos de interés para el ingeniero de procesos se dividen en dos grupos principales: pronósticos de oportunidades de negocios y pronósticos técnicos y de entorno. El pronóstico de oportunidades de negocios incluye la predicción de la demanda del mercado y de los precios de los materiales, energía, materias primas y productos terminados, el costo y la mano de obra disponible, la existencia y talento de la competitividad comercial.

El pronóstico técnico incluye predicciones de cómo la naturaleza puede responder a las acciones propias del individuo; incluyendo las predicciones de vigilancia tecnológica, en temas de interés al proceso, como por ejemplo, las predicciones de la actividad y selectividad de catalizadores, la durabilidad de materiales de construcción, las necesidades para el mantenimiento y reemplazo de equipos, y las variaciones en las condiciones ambientales, tales como la pureza del agua y la temperatura del aire.

La ingeniería económica clásica para la toma de decisiones de inversión en la empresa, se caracteriza por un enfoque táctico y operacional, más que estratégico, por considerar un solo criterio de decisión /7/. En lugar de emplear criterios múltiples en los cálculos, requiere estimados exactos para factores que tienen dificultad en estimarse, y fundamentalmente concentra los análisis en los

costos y no en los beneficios /12/. La empresa necesita realizar proyectos y los modelos básicos de ingeniería económica del Flujo de Caja, Valor Actual Neto y Tasa Interna de Retorno son los más utilizados en la evaluación económica y justificación de los mismos. La razón de retorno (TIR) y el Valor Actual Neto (VAN) para proyectos futuros nunca podrán ser previstos con carácter absoluto puesto que los datos del flujo de caja de estos proyectos están sujetos a incertidumbre/15/.

Una empresa se enfrenta a múltiples preguntas ante la posibilidad de una gran inversión, atendiendo al nivel de incertidumbre que siempre está presente en este proceso, por lo que es muy importante que actúe con economía, competencia, organización, con perspectiva y prospectiva, sobre todo cuando se evalúan proyectos que tienen impactos en el futuro /13/. Por tanto el objetivo general de este trabajo es estimar la incertidumbre en la disponibilidad de materias primas, mediante herramientas de análisis de procesos para proponer proyectos de oportunidades de negocios en la empresa azucarera Ignacio Agramonte.

Fundamentación teórica

Para la preparación de un proyecto de oportunidad de negocio será necesario efectuar una serie de estimaciones de lo que se espera sean en el futuro los beneficios y costos asociados con el proyecto, lo que precisará que previamente se tomen un sin número de decisiones respecto a casi la totalidad de las características que debiera tener el proyecto, las cuales influirán sobremanera en el resultado de la evaluación. La incertidumbre está presente en la actualidad en procesos de toma de decisiones en que interviene el elemento económico. Hirsbleifer y John al respecto de la incertidumbre y la información, brindan una fundamentación rigurosa para la toma de decisiones individuales en condiciones en que tienen gran influencia los elementos económicos y las oportunidades del mercado, la cual puede adaptarse a las condiciones de la economía cubana actual. /8/

También un elemento a considerar es la incertidumbre en el proceso inversionista, por diversos factores: en el tamaño de las plantas, las materias primas, el mercado, los intereses financieros, etcétera, el cual debe incluirse

cuando se definan los programas alternativos y se determinen los factores que van a ser evaluados/5/.

Las decisiones que se tomen deben ser estudiadas como un proceso y en términos de su contexto, incluyendo entre otros aspectos, los siguientes: comportamiento organizacional y de grupo, así como psicológico; análisis y construcción del modelo; contexto estratégico; metas, objetivos y ética; y grado de incertidumbre/5/.

Generalmente en los análisis de sensibilidad se utilizan estimaciones de los factores pertinentes: una estimación pesimista, una razonable y una optimista, lo cual permite estudiar la sensibilidad de la decisión para cada factor, involucrando una ponderación subjetiva de los factores sensibilizados.

El uso de las probabilidades en Ingeniería Económica no es muy común, sin embargo la experiencia unida al valor esperado, puede utilizarse, para evaluar la factibilidad de un proyecto/5/.

La exitosa operación de una futura planta química o de un proceso energético dependerá siempre de la etapa de diseño de la misma. En esta etapa el proceso de toma de decisiones debe estar fundamentado en un correcto conocimiento de todo lo concerniente a materias primas a emplear, tecnologías factibles de usar, precio y calidad de los productos, contaminación del medio ambiente y del dominio cabal de un conjunto de variables de diseño y económicas que inciden en la futura competitividad del proceso objeto de diseño que no se pueden obviar/13/.

La incertidumbre de medida asociada a las estimaciones de entrada, se evalúa utilizando uno de los siguientes métodos: Tipo A o Tipo B. La evaluación Tipo A de la incertidumbre típica es el método de evaluar la incertidumbre mediante el análisis estadístico de una serie de observaciones. En este caso, la incertidumbre típica es la desviación típica experimental de la medida que se deriva de un procedimiento promediado o de un análisis de regresión"/4/.

Materiales y métodos

Los pronósticos y análisis estadísticos se realizan a partir del empleo del paquete Statgraphics Centurion XVI. En la Figura 1 se puede observar la secuencia investigativa desarrollada.

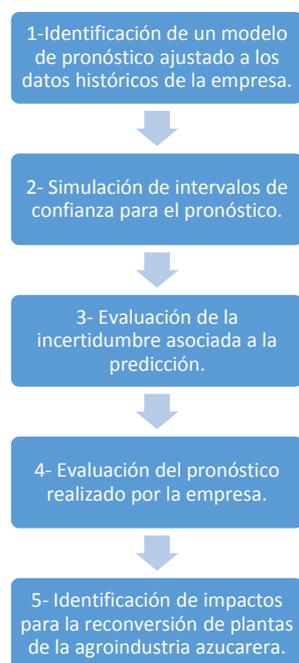


Figura 1. Secuencia de investigación desarrollada

En la etapa 1 se realiza una selección automatizada del modelo de pronóstico a partir de datos históricos tomados de la empresa, entre diferentes opciones válidas mostradas como candidatas estuvieron los modelos de camino aleatorio, lineal, media móvil ponderado de tres términos, suavizado exponencial simple y modelo lineal con suavizado exponencial de Brown. A partir del resultado obtenido se simulan los intervalos de confianza para el pronóstico modelado (etapa 2).

Se realiza una evaluación de la incertidumbre asociada a la producción pronosticada de caña para cada año al calcular la desviación estándar con respecto al valor del modelo (etapa 3). Los pronósticos realizados por la empresa se contrastan con una de las curvas asociadas a los límites de predicción a partir de la prueba de no paramétrica de Kolmogorov-Smirnov con el interés de demostrar si habían diferencias significativas entre este escenario de predicción y el pronóstico que realiza la empresa (etapa 4).

Un análisis del impacto de la incertidumbre en el rediseño de tecnologías para la agroindustria azucarera se desarrolla en la Empresa Azucarera Ignacio Agramonte, donde a partir de la proyección en la producción de biomasa cañera y la propuesta de sus empresarios se pueda formular proyectos de negocios.

Discusión de los resultados

A partir del empleo de la herramienta “Pronóstico” del *Statgraphics*, se determina que el modelo que mejor predice los datos de la fábrica es el lineal por tener los menores valores de error absoluto y relativo y por pasar satisfactoriamente los cinco test realizados: RUNS, RUNM, AUTO, MEAN y VAR. La tabla 1 muestra los valores de los coeficientes estadísticos determinados para cada uno de los modelos de pronóstico considerados.

Comparación de modelos

Variable: Producción

Número de observaciones = 5

Inicio = 1,0

Intervalo de muestreo = 1,0

Modelos

(A) Camino Aleatorio = 11 562,3

(B) Linear = 81 561,1 + 15 284,3 t

(C) Media móvil simple de 3 términos

(D) Suavizado simple exponencial con alfa = 0,9999

(E) Suavizado lineal exponencial de Brown con alfa = 0,0658

Tabla 1
Resultados de los coeficientes estadísticos
para cada modelo de pronóstico considerado

<i>Modelo</i>	<i>MAE</i>	<i>MAPE</i>	<i>RMSE</i>
(A)	18 610,3	13,797 7	22 536,9
(B)*	10 112,1	7,759 56	14 760,6
(C)*	31 827,2	20,361 4	36 271,5
(D)*	15 063,2	10,48	22 685,8
(E)	24 824,5	20,859 8	30 139,5

Clave:

MAE = Media absoluta del error

MAPE= Media del error porcentual absoluto

RMSE= Raíz cuadrada media del error

() = no significativo (p >= 0,05)

* = significación marginal ($0,01 < p \leq 0,05$)

** = significativo ($0,001 < p \leq 0,01$)

*** = muy significativo ($p \leq 0,001$)

Los resultados obtenidos para el modelo B (Linear) de menor error de estimación en términos cuadrados, absolutos y porcentuales, lo hacen considerar como el mejor modelo para pronosticar los volúmenes de materia prima para el diseño de una planta. /3/

La evaluación de la ecuación $\text{Producción} = 81\,561,1 + 15\,284,3 \cdot \text{Años}$ resulta definitivamente satisfactoria al realizársele los test ANOVA y t-Student (que valoraron como significativos el modelo, su intercepto y su pendiente) determinándose, además, que el modelo lograba explicar el 78 % de la variabilidad de la variable respuesta (coeficiente de regresión lineal)

Regresión simple - Producción vs. Años

Variable dependiente: Producción (TM)

Variable independiente: Años

Modelo lineal: $Y = a + b \cdot X$

Tabla 2
Coeficientes estadísticos

<i>Parámetros</i>	<i>Mínimos cuadrados</i> <i>Estimados</i>	<i>Error</i> <i>Standard</i>	<i>Estadístico t-</i>	<i>Valor de</i> <i>Probabilidad</i>
Intercepto	81 561,1	15 481,0	5,268 45	0,013 3
Pendiente	15 284,3	4 667,71	3,274 48	0,046 6

Tabla 3
Resultados del Análisis de Varianza

<i>Fuente</i>	<i>Suma de</i> <i>cuadrados</i>	<i>Grados de</i> <i>libertad</i>	<i>Media</i> <i>cuadrada</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Probabilidad</i>
Modelo	2,336 1E9	1	2,336 1E9	10,72	0,046 6
Residuos	6,536 25E8	3	2,178 75E8		
Total (Corr.)	2,989 72E9	4			

- Coeficiente de Correlación = 0,883 955
- Coeficiente de regresión lineal = 78,1376 %
- Coeficiente de regresión lineal

(ajustado a los grados de libertad.) = 70,8501 %

- Error standard de estimación. = 14 760,6
- Error absoluto medio = 10 112,1
- Estadístico de Durbin-Watson = 2,415 99 (P=0,403 0)

En las tablas 2 y 3 se muestran los resultados del ajuste del modelo lineal, cuya relación puede ser descrita a partir de la siguiente ecuación:

$$\text{Producción} = 81\ 561,1 + 15\ 284,3 \cdot \text{Años}$$

Teniendo en cuenta el resultado obtenido en el análisis de varianza (P= 0,046 6) puede decirse que existe relación significativa entre las variables Producción y Años con un 95 % de confianza, a partir del modelo que describe su relación. Los test realizados al intercepto y la pendiente revelan que ambos son diferentes de cero (tabla 2, “Valores de probabilidad” $\leq 0,05$). El valor de coeficiente de regresión lineal indica que el modelo ajustado explica el 78,13 % de la variabilidad de la variable respuesta. El valor del coeficiente de correlación es igual a 0,883, indicando una relación moderadamente fuerte entre las variables en estudio. El test de Durbin-Watson (DW) se realiza a los residuos determinándose que no existían autocorrelaciones seriadas en los datos con un 95 % de confianza. Los elementos descritos anteriormente hacen considerar el modelo identificado como satisfactorio, a criterio de los autores y los fines de esta investigación, para pronosticar los niveles de producción de la Empresa Azucarera Ignacio Agramonte.

Tres escenarios de predicción se pueden ofrecer luego de la modelación (Pesimista, Más probable y Optimista), los cuales se muestran en el siguiente gráfico (figura 2).

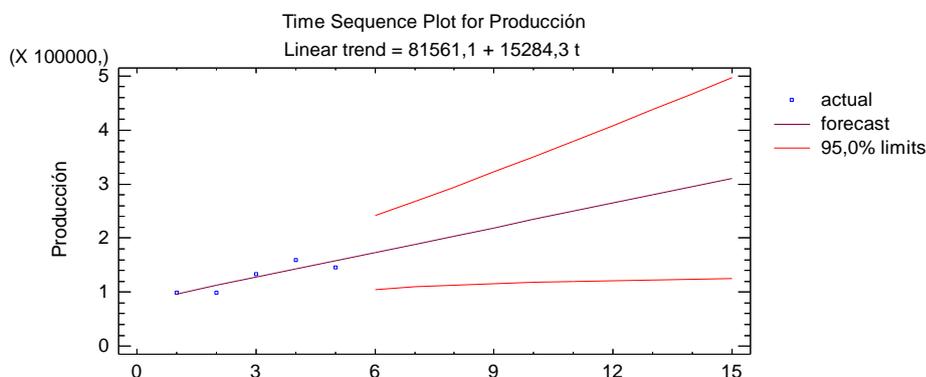


Figura 2. Escenarios de predicción

El cálculo de las implicaciones de la incertidumbre variable para posteriores análisis de desarrollo de alternativas de producción impone su determinación puntual a partir de métodos gráficos de análisis. Sus resultados se muestran en la tabla 4.

**Tabla 4
Pronóstico de siembra de caña en el tiempo**

Período (Años)	Pronóstico	Límite inferior (95%)	Límite superior (95%)
6,0	173 267,0	105 194,0	241 340,0
7,0	188 551,0	109 947,0	267 155,0
8,0	203 836,0	113 478,0	294 193,0
9,0	219 20, 0	116 203,0	322 036,0
10,0	234 404,0	118 385,0	350 423,0
11,0	249 688,0	120 188,0	379 189,0
12,0	264 973,0	121 719,0	408 227,0
13,0	280 257,0	123 049,0	437 465,0
14,0	295 541,0	124 228,0	466 855,0
15,0	310 826,0	125 290,0	496 361,0

La determinación de la incertidumbre asociada a cada período fue determinada a partir de los límites de predicción calculados, los cuales se estiman originalmente al incrementar tres veces la incertidumbre (σ) respecto al valor pronosticado lo que equivale a contener probablemente el 95 % de los datos en su interior si el error de estimación se considera una variable con comportamiento normal. La figura 3 muestra la evolución de la incertidumbre hasta el año 2024 en Toneladas Métricas (TM) mientras que la figura 4 muestra la misma evolución pero en términos relativos al valor pronosticado para cada año, lo cual permite visualizar su evolución.



Figura 3. Evolución de la incertidumbre hasta el año 2024, con respecto a la siembra de caña (en Toneladas Métricas, TM)

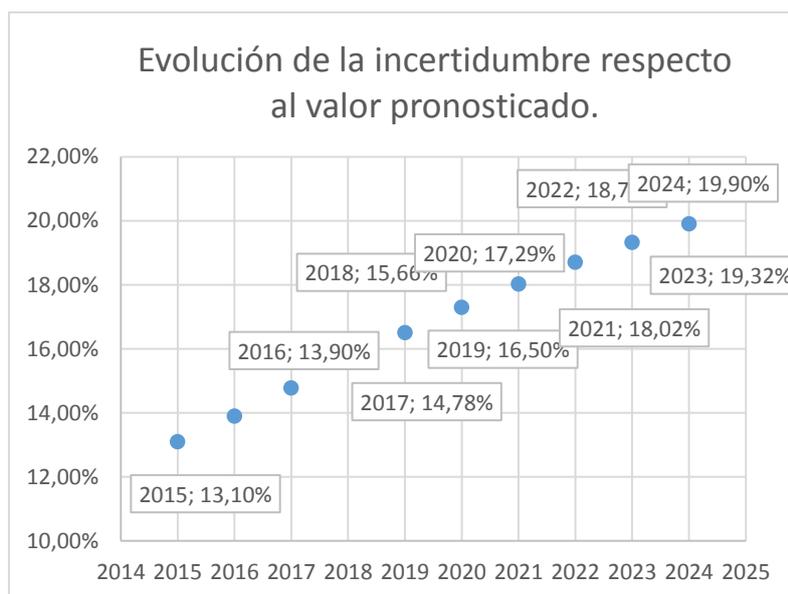


Figura 4. Evolución de la incertidumbre de la siembra de caña en el tiempo, con relación al valor pronosticado

La existencia de un pronóstico en la fábrica permite compararlo con las predicciones realizadas, observándose gráficamente una cercanía a los valores del escenario optimista encontrado (figura 5), en esta misma figura se muestra la estimación de la producción de caña de azúcar en TM hasta el año 2014 en el ingenio azucarero “Ignacio Agramonte”. La confirmación de no existencia de diferencias significativas entre este escenario y la proyección de la industria se logra a partir de la prueba no paramétrica de Kolmogorov-Smirnov con un 95 % de confianza ($P = 0,759\ 098$), cuya coincidencia permite tomar este como escenario de predicción para la conformación de propuestas que requieran materias primas de la Empresa Azucarera Ignacio Agramonte.

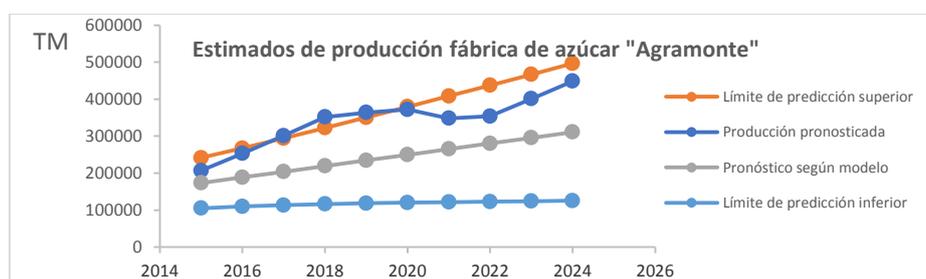


Figura 5. Estimación de la producción de caña de azúcar en el ingenio azucarero “Ignacio Agramonte”

Test de Kolmogorov-Smirnov

Estadístico general DN = 0,3

Estadístico K-S para muestras de dos colas = 0,670 82

Valor de probabilidad aproximado: $P = 0,759\ 098$

A partir de las incertidumbres identificadas es posible evaluar su impacto en el diseño de propuestas alternativas de inversión en la agroindustria azucarera cubana, en este caso de la Empresa Azucarera “Ignacio Agramonte”, donde sus empresarios proponen las siguientes alternativas de producción: D- xilosa a partir de bagazo, Xilitol a partir de D- xilosa /9, 1, 11/ propuestas que son recomendadas al aceptarse como OPTIMISTA el escenario de producción encontrado para la empresa, /2, 10, 14, 15/ como se observa en las figuras 6 y 7.

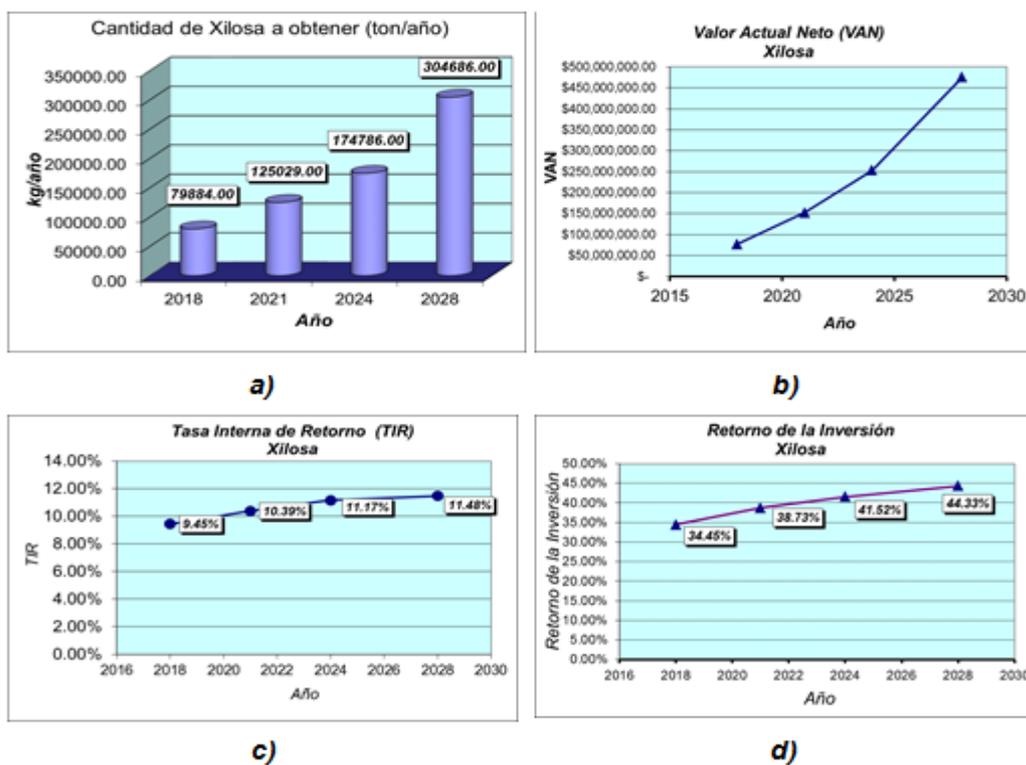


Figura 6. Parámetros más importantes para el producto xilosa

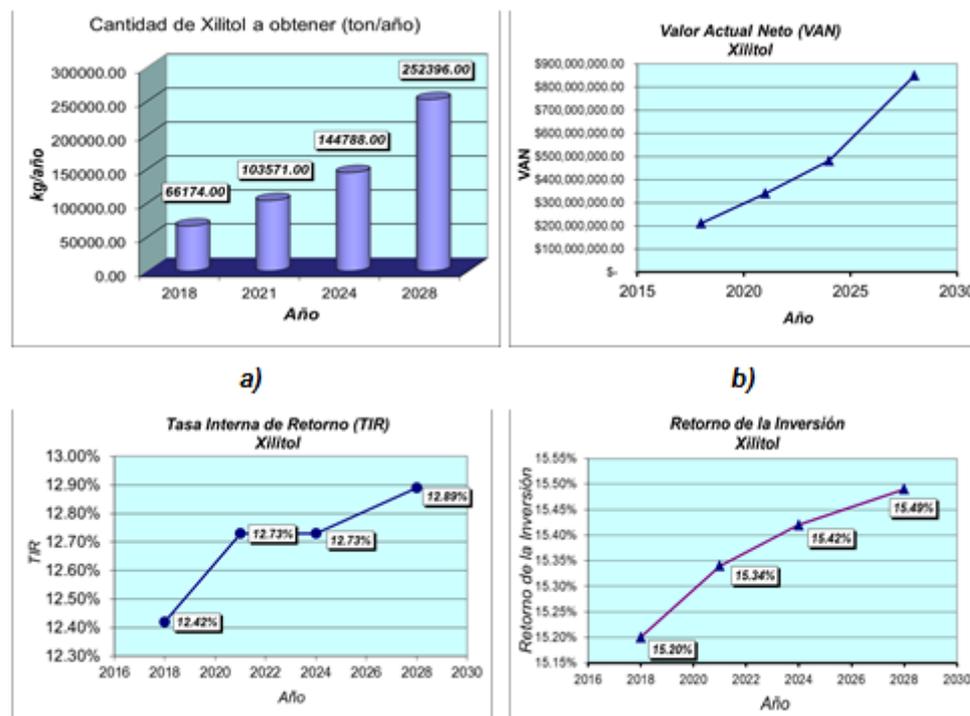


Figura 7. Parámetros más importantes para el producto xilitol

En la figura 7 se representan los siguientes aspectos:

- a) Producción anual (kg/año)
- b) Valor Actual Neto (VAN)
- c) tasa Interna de Retorno (TIR)
- d) Retorno de la Inversión

Conclusiones

1. **Se identifica como modelo para el pronóstico de las producciones de biomasa en la empresa objeto de estudio: $Pronóstico (TM) = 81\,561,1 (TM) + 15\,284,3(TM/Años) * X (Años)$**
2. **Se identifican los valores de incertidumbre asociados a las predicciones para que sean utilizados en la evaluación de alternativas de inversión, los cuales oscilan incrementalmente desde 13,3 % hasta 19,9 % respecto al valor pronosticado hasta el año 2024.**
3. **Se corroboró que la empresa tiene una visión optimista de su desarrollo a mediano plazo a partir de la coincidencia de su estimación con los límites superiores de predicción encontrados para la curva de pronóstico ajustada.**
4. **A partir de la propuesta de los empresarios se proponen los proyectos de oportunidades de negocio para la fábrica, a saber producciones de D-Xilosa y Xilitol por tener disponibilidad de materia prima e indicadores económicos viables.**

Bibliografía

1. ACOSTA, E. y col. "Producción de xilitol en fermentador de 15 litros. ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar² (Cuba), vol.39, núm. 3, p. 45-51, 2005.
2. APPLICHEM. Applichem General Catalog Price List 2013. Darmstadt: Applichem, 2013. Germany.
3. BERTSIMAS, D., TSITSIKLIS, J., "Introduction to Linear Optimization. Athena Scientific", 1997. USA.
4. Expression of the Uncertainty of Measurement in Calibration. Edition I, April 1997. Folleto desarrollado por el grupo especial de la EAL para la revisión del documento WECC 19-1990. En formato electrónico. S/A. España.

5. GONZÁLEZ, E., “Vías para el diseño de nuevas instalaciones de la industria de procesos químicos fermentativos y farmacéuticos”, La Habana, 2005. Cuba
6. GONZÁLEZ, E y col., “La transferencia de tecnología en el desarrollo diversificado de la industria de la caña de azúcar. *Revista Centro Azúcar*, núm. 4, 9-15, 2001. Cuba
7. GONZÁLEZ, E., “La incertidumbre en el desarrollo diversificado de la industria de la caña de Azúcar”, Ciclos de conferencia del Seminario Cuba –Río de Janeiro, Brasil, 2001.
8. HIRSBLEIFER, J., RILEY, J. G., “The Analytics of Uncertainty and Information”, Cambridge University Press, 1994. USA
9. ICIDCA. Manual de los Derivados de la Caña de Azúcar,. 3ra. Ed. La Habana: Imprenta MINAZ, 2000. 458 p. Cuba
10. Intelligen. SuperPro Designer® [cd-rom] Ver. 9.0. New Jersey: Intelligen Inc, 2013. Programa Informático. USA
11. NÁPOLES, A. I. *et al*; Tecnología del Proceso de Obtención de Licores de Xilosa a partir de Bagazo de Caña, para la Producción Biotecnológica de Xilitol. *Brazilian Journal of Food Technology* (Brasil). Marzo 2005: p. 57-64, 2005.
12. OQUENDO F. Consideración de la incertidumbre en la demanda y disponibilidad de las materias primas en la determinación de las nuevas capacidades de producción de derivados de la caña de azúcar. Tesis presentada para la obtención del Grado Científico de Doctor en Ciencias Técnicas, UCLV, 2002.
13. PEDRAZA G., J. Vías para la minimización de la incertidumbre en los parámetros de diseño de una instalación de la industria química. Tesis en opción al Grado Científico de Doctor en Ciencias Técnicas, UCLV 1997.
14. PERRY, R. H. “Perry's Chemical Engineer's Handbook”. 8va ed. New York: McGraw Hill, 2008. p. 9-1 – 9-56. USA.
15. PETERS, M. S.; TIMMERHAUS, K.D. “Plant Design and Economics for Chemical Engineers”. 4ta ed. Nueva York, McGraw-Hill, 1991, p. 110-220. USA.