

SIMULACIÓN DE SISTEMAS PRODUCTIVOS DE CAÑA DE AZÚCAR, CON EL SIMULADOR ESTOCÁSTICO ARENA® VERSIÓN 14

Bolívar Enrique Loján Fierro

Profesor titular principal jubilado de la Universidad de Oriente y Central de Venezuela (ambas en Venezuela) en Matemáticas, Sistemas y Simulación. Dirección: Loja-Ecuador, calle Machala con avenida Nueva Loja (edificio Casa Fácil). Teléfonos: 0995663197/072585175. E-Mail: portatil@inprocesa.com, bolivar_lojan@hotmail.com

DEFINICIÓN

Un sistema cuyo proceso no es determinista, entra en la categoría de los estocásticos. El próximo estado de este sistema estará determinado por las acciones predecibles como por los elementos aleatorios. La cosecha, de caña de azúcar, llega a su punto de corte (acción predecible) para ser cortada luego de cierto tiempo x (elemento aleatorio) y transportada en un tiempo z (elemento aleatorio).

INTRODUCCIÓN

En el Valle de Catamayo (Provincia de Loja), se presentan dos problemas: Uno el retraso en la zafra de la caña de azúcar, y el otro la falta de capacidad de procesamiento del ingenio azucarero local, ambos en vías de solución. El agricultor, por supuesto, busca aumentar la producción y que el corte se dé en el rango de fechas planificado, mientras el Ingenio estima procesar toda la caña cosechada. Considerando la tendencia de alta producción en el Valle, se requiere de forma urgente manejar escenarios sobre todo relativos al incremento de la planta manufacturera, buscando que la ampliación esté en consonancia con la siembra, resiembra, crecimiento, cosecha, transporte y procesamiento dentro de los márgenes razonables. Desde el enfoque de la Ingeniería Industrial el peor escenario –aunque a veces única opción- es el de experimentar con el

sistema real, por lo que se recomienda simular todo el sistema productivo con un software de simulación estocástica, motivo de esta presentación, a fin de apoyar la toma de decisiones en el manejo y diseño. El computador con el software de simulación se comportará dinámicamente como el sistema en estudio durante inclusive n años.

ANTECEDENTES

Preparé un software sobre la plataforma Excel en Visual Basic para aplicaciones (VBA), para determinar la dosis, lo más cercana a la exacta, de nutrimentos y/o fertilizantes en cultivo de caña considerando: Análisis de suelos en bases a cationes solubles, requerimientos de la planta, cantidad a producir, impacto del PH, aportes de vinaza y otros. Los resultados comienzan a verse en un cantero de un agricultor de la zona, quien ya obtuvo un segundo premio por producción y este trabajo fue presentado en el Congreso de suelos celebrado en Cuenca en noviembre del 2012, cuyos detalles puede ver haciendo clic [aquí](#).

LA PARADOJA

El haber desarrollado un software y aplicarlo en la determinación de la cantidad de fertilizantes, generó el no esperado problema de la ubicación de la cosecha en el plan de corte del Ingenio local, por la alta producción en general de El Valle. Pese trabajar el Ingenio a máxima capacidad y por existir una buena cosecha debido a muchos factores: Edad de la cepa, fertilización, buena frecuencia de lluvias, fertilización, etc. se ha generado una cola de espera por corte, lo que se traduce en inconvenientes de muchos tipos. Por tanto es necesario modelar y simular estocásticamente todo el sistema desde la preparación del suelo hasta la producción del azúcar para coadyuvar en la búsqueda de soluciones con impacto en toda la comunidad de El valle de Catamayo.

MATERIALES Y MÉTODOS

La base de este trabajo es el conocimiento del sistema productivo para luego modelarlo, en base a entidades, procesos, eventos y propiedades con el Software ARENA® de Simulación estocástica versión 14, desarrollado por la compañía Rockwell Automation, utilizando la librería de componentes de la red productiva, como por ejemplo:

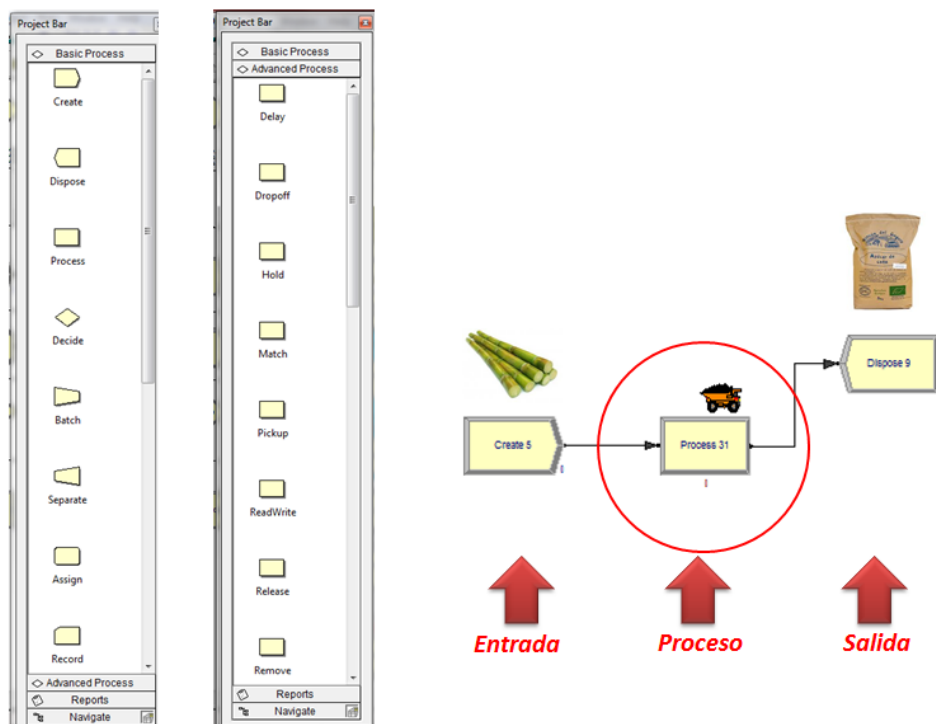


Figura 1. Elementos gráficos para simulación de un proceso estocástico

El modelo debe representar al sistema real, con todos los elementos de influencia, tal que la simulación presente datos lo más cercanos a la realidad en consonancia con la definición universitaria de Webster “*fingir, llegar a la esencia de algo, prescindiendo de la realidad*”. Para el caso del sistema productivo de azúcar de El Valle de Catamayo, se representó el sistema tomando en cuenta: zafra, carga, transporte, procesamiento de la

caña y regreso de los camiones, considerando días y horas de labor por semana, así como los días de asueto y no laborables.

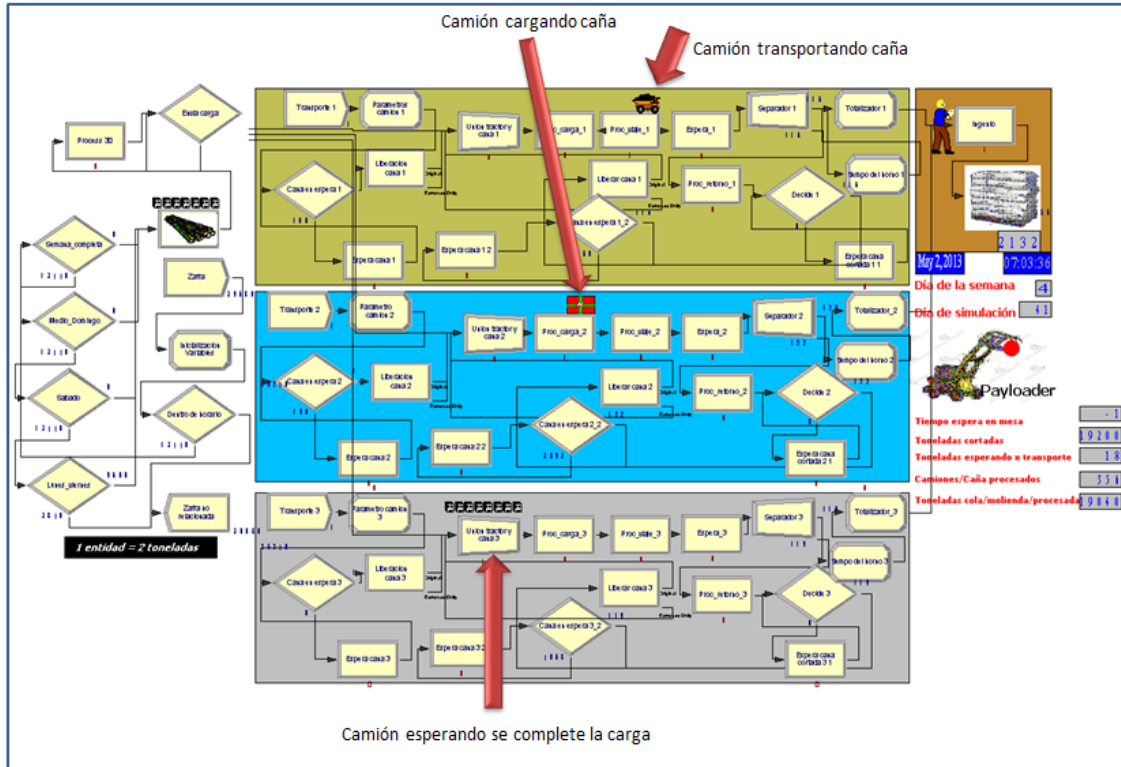


Figura N° 2. Modelo del sistema productivo completo

Como el software de simulación genera automáticamente el código fuente del modelo para hacer la corrida de simulación, no hace falta programación sino simple construcción del modelo en base a bloques de librerías. Sin embargo para rutinas especiales o requerimientos muy puntuales, ARENA® tiene embebido el lenguaje de programación Visual Basic® de Windows®.

MATERIALES PUNTUALES:

1. Software para cálculo de fertilizantes. El interesado envía el análisis de suelos en base a cationes solubles y de vuelta, siempre por e-mail, recibe los requerimientos de nutrimentos y fertilizantes.
2. [Software](#) académico (no profesional) de simulación ARENA®, que puede bajar libremente de la página productora del mismo.
3. Mis [Libros electrónicos](#) (eBOOKs) a la venta en www.amazon.com. Uno de ellos el día de hoy está como bestseller # 21 en el subsistema de libros de Ingeniería.
4. Mi [blog](#) para socializa el tema, comentarios y preguntas

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La corrida de la simulación, a la vez que permite “ver” el desempeño del sistema en la medida que pasa el tiempo, por las facilidades de animación, produce reportes de elementos, variables y atributos; mostrando, por ejemplo, porcentajes de ocupación, costos de mano de obra, estado de los recursos, toneladas de caña cortadas, toneladas producidas, hora y fecha corrientes, días de simulación, toneladas de caña a la espera de transporte, entre otros. La figura N° 2, muestra el modelo o flujograma del sistema productivo del ingenio de El Valle de Catamayo, mientras que las figuras 3 y 4, muestran los resultados.

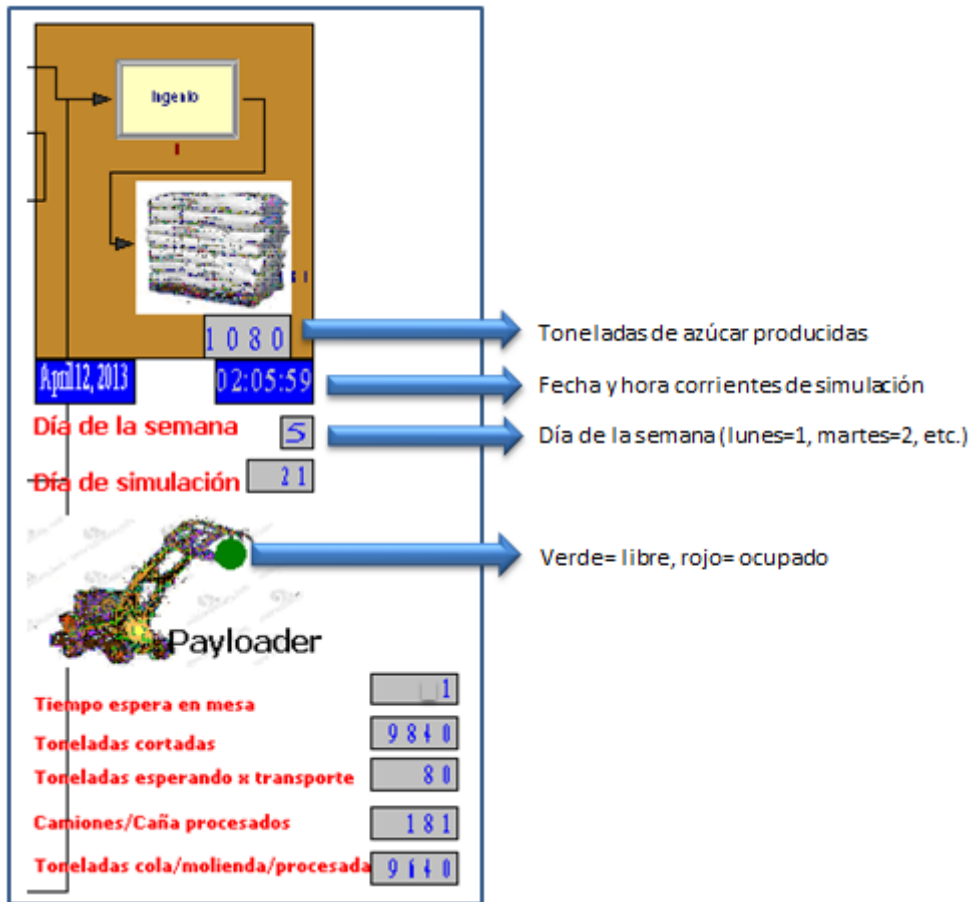


Figura N° 3. Modelo de reportes 1

Unnamed Project

Replications: 1 Time Units: Hours

Queue

Time

Waiting Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Cana cortada.Queue	0.1125 (Correlated)		0.00	1.0000
Ingenio.Queue	0.1254 (Correlated)		0.00	0.7000
Proc_carga_1.Queue	0.00009699 (Correlated)		0.00	0.1000
Proc_carga_2.Queue	0.00489914 (Correlated)		0.00	0.1000
Proc_carga_3.Queue	0.00552124 (Correlated)		0.00	0.04000000
Proc_retorno_2.Queue	0.00	0.000000000	0.00	0.00
Proc_retorno_3.Queue	0.00	0.000000000	0.00	0.00
Proc_viaje_1.Queue	0.00	0.000000000	0.00	0.00
Proc_viaje_2.Queue	0.00	0.000000000	0.00	0.00
Proc_viaje_3.Queue	0.00	0.000000000	0.00	0.00
Union tractor y cana 1.Queue	0.1215 (Correlated)		0.00	64.9000
Union tractor y cana 2.Queue	0.2537 (Correlated)		0.00	64.9000
Union tractor y cana 3.Queue	0.1341 (Correlated)		0.00	0.9400

Figura 4. Reporte clásico de salida

CONCLUSIONES

Tomando como ejemplo tres subsistemas: Inversiones, Cultivo y Procesamiento

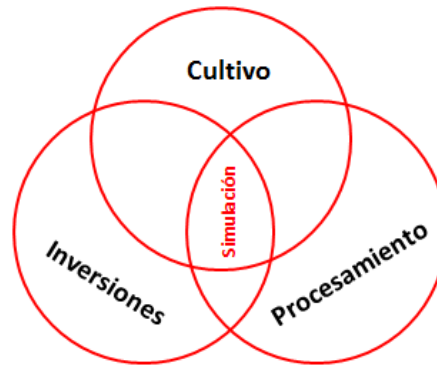


Figura 5. La simulación como enlace de sistema, bajo el enfoque de Venn

1. Un incremento en las inversiones en terrenos de cultivo, impactará tanto en el cultivo como en el procesamiento, pero –debido a muchos factores- no se simula previamente;
2. Un incremento en los cultivos, impactará en el procesamiento, pero tampoco no se simula previamente;
3. La inversión en ampliación de planta debe hacerse en función de la producción esperada y capacidad final de cosecha, con simulación previa;
4. Aunque los puntos anteriores son de vital importancia, en muchos casos se experimenta con el sistema real sin recurrir a la simulación, generando en algunos casos pérdidas significativas;
5. La fertilización óptima tiene sentido si la cosecha se efectúa en la fecha planificada;
6. La simulación, no es monopolio de ningún sistema. En este caso particular nace de un agente externo con el apoyo de un agricultor;
7. En general no hay cultura de simulación;

8. El conocimiento hay que compartirlo rápidamente para que sea tal, sobre todo cuando su impacto es social.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se ha podido realizar por la colaboración del Ing. Fabricio Córdova, agricultor de caña de azúcar y tradición familiar cañicultora de cincuenta años, al poner a mi disposición toda la data y experiencia relativa a su cantero. Cabe destacar que en el año 2012, recibió un reconocimiento por lograr la segunda mejor producción correspondiente a 218,84 t/ha en un lapso de 19,73 meses. En el cantero estamos experimentando con un software de fertilización, cuyos resultados estimados de alta producción nos llevaron a plantear este escenario de simulación y socializarlo en esta oportunidad.

BIBLIOGRAFÍA

Rockwell Automation 2012, Manual de usuario

SIMULACIÓN DE PROBLEMAS DE COLAS (ARENA), en Internet en:
<http://gio.uniovi.es/documentos/asignaturas/descargas/practicasaRENAsueltas.pdf>