

ISSN: 2322-7672

II Encuentro de Investigación Formativa Ingeniería Industrial Medellín

Memorias

Diana Rocío Roldán Medina
Beatriz Elena Ángel Álvarez
Compiladoras



Universidad
Pontificia
Bolivariana

© Diana Rocío Roldán Medina (Compiladora)
© Beatriz Elena Ángel Álvarez (Compiladora)
© Editorial Universidad Pontificia Bolivariana

II Encuentro de Investigación Formativa - Memorias

ISSN: 2322-7672

Primera edición, 2012

Escuela de Ingenierías

Facultad de Ingeniería Industrial

Gran Canciller UPB y Arzobispo de Medellín: Mons. Ricardo Tobón Restrepo

Rector General: Mons. Luis Fernando Rodríguez Velásquez

Vicerrector Académico: Pbro. Jorge Iván Ramírez Aguirre

Editor: Juan José García Posada

Coordinación de producción: Ana Milena Gómez C.

Diagramación: Juan Esteban Casas Tejada

Corrector de estilo: César Alejandro Buriticá

Dirección editorial:

Editorial Universidad Pontificia Bolivariana, 2012

Email: editorial@upb.edu.co

www.upb.edu.co

Telefax: (57) (4) 354 4565

A.A. 56006 - Medellín - Colombia

Radicado: 1037-16-08-12

Prohibida la reproducción total o parcial, en cualquier medio o para cualquier propósito sin la autorización escrita de la Editorial Universidad Pontificia Bolivariana.

Propuesta de un modelo de simulación discreta para un proceso de poscosecha: Caso específico inversiones Coquette

Alejandro Monsalve Ceballos

Universidad Pontificia Bolivariana.

alejandro.monsalvece@alfa.upb.edu.co

Duvan Alberto Ortiz Restrepo

Universidad Pontificia Bolivariana.

duvanalberto.ortiz@alfa.upb.edu.co

Javier Dario Fernandez Ledesma

Universidad Pontificia Bolivariana.

Javier.fernandez@upb.edu.co

Resumen

Se analiza el proceso productivo en la poscosecha de la rosa estándar en una empresa del sector floricultor por medio de la aplicación de la simulación discreta. El estudio es un caso de investigación aplicada en un escenario específico. El análisis del proceso, su implementación en un entorno de simulación discreta a través del uso del software Promodel, ha permitido corregir falencias en el proceso y proponer estrategias de mejora en el mismo. Partiendo de la validación estadística de los datos suministrados en cada módulo de trabajo se ha logrado estandarizar los tiempos de operación y de ciclo, aplicables a empresas del sector floricultor, además de identificar la cantidad de unidades producidas y recursos asignados en determinado período de

producción. Así mismo, el análisis de los resultados del modelo de simulación discreta aplicada al escenario agroindustrial, permitió identificar los cuellos de botella, disminuir los tiempos muertos y monitorear el comportamiento general del proceso. Finalmente se identificaron las posibles propuestas de mejoramiento, que permitieron lograr ventajas significativas en la aplicación del modelo. El modelo propuesto de simulación discreta para el proceso de poscosecha en el sector floricultor permitió el aprovechamiento más efectivo de los recursos asignados al proceso y el mejoramiento en los tiempos asignados a las diferentes operaciones, convirtiéndose en un modelo para su implementación en este escenario agroindustrial, intensivo en mano de obra.

Palabras Claves: Modelo, Poscosecha, Simulación Discreta.

Abstract

We analyze the production process in the standard post-harvest rose in a florist company through the application of discrete simulation. The study is a case of applied research in a specific context. The analysis of the process, its implementation in a discrete simulation through the use of ProModel software has enabled correct flaws in the process and propose strategies for improving it. Based on the statistical validation of the data provided in each module of work has been made to standardize the operating time and cycle, applicable to companies in the floriculture sector, and identify the number of units produced and allocated resources in a given production period. Likewise, the analysis of the results of the simulation model applied to discrete agriculture scenario, identified bottlenecks, reduce downtime and monitor the behavior of the process. Finally, identified any proposals for improvement that would achieve significant advantages in implementing the model. The proposed model of discrete simulation for the process of post-harvest the flower industry allowed more effective use of resources allocated to the process and the improvement in the time allocated to different operations, becoming a model for implementation in this scenario agriculture labor intensive.

Key words: Methodology, Discrete Simulation, Euroautos Ltda

Introducción

El proceso de poscosecha del cultivo de flores Inversiones Coquette consta de la preparación y de los cuidados necesarios de la rosa para su óptima calidad, tiene

como punto de partida la refrigeración de las rosas, seguido por una clasificación de tamaños y calidad, posteriormente se hace un boncheo organizando el producto en paquetes estándar, luego pasa por un proceso de corte, etiquetado, enjuague, almacenamiento en cuarto frío, empaque y posteriormente distribución. En este proceso se ha desarrollado un modelo de simulación discreta aplicando un esquema metodológico que parte de la validación estadística de los tiempos de operación en cada actividad del proceso, que luego de ser estandarizados se hace uso de una herramienta de simulación discreta como el promodel para simular su comportamiento en diferentes escenarios.

En el presente trabajo se muestra la simulación del modelo actual de producción y de acuerdo a los resultados obtenidos, se muestra un modelo propuesto, el cual permite plantear mejoras que aportan a la productividad de la empresa.

Antecedentes

Antecedentes investigativos

La floricultura colombiana, específicamente en Medellín, presenta un modelo de agricultura en el cual los avances tecnológicos, los insumos y la optimización en tiempos y uso del espacio marcan los parámetros para un acelerado crecimiento en este sector.

Los estudios iniciales en el sector floricultor se encaminaron hacia los aspectos técnicos del proceso de poscosecha mismo como son los trabajos de Bolívar et al, (2005) quienes elaboraron un estudio con el fin de mejorar el comportamiento de las rosas cultivadas en invernadero, este consistió en aplicar una serie de sustancias químicas en estado de pre y poscosecha, para posteriormente evaluar características como la longevidad; en este estudio se pudo concluir que el ácido α -Naftalenacético prolonga la vida de la rosa de corte en la poscosecha.

Luego, los trabajos de Chica, y Correa (2005) desarrollaron un estudio en este mismo sector floricultor, el cual fue basado en comparar los efectos que tendrían dos esquemas de iluminación sobre dos diferentes tipos de flores, se realizó con el objeto de encontrar cómo reducir el flujo luminoso en la producción del pompón,

pues los costos de luminiscencia eran del 14 %. Se encontró que los resultados en los diferentes tratamientos no diferían, es decir, la duración en poscosecha de los tallos era aproximadamente la misma, después de haber disminuido el flujo lumínico nocturno, además de encontrar que las diferentes variedades de flores requieren de diferentes cantidades de luminiscencia, dependiendo de la clase.

Así mismo, se desarrollaron estudios orientados hacia las prácticas de responsabilidad social corporativa como los trabajos de Valero, y Camacho (2005) considerando la importancia de realizar mejoras en las prácticas de responsabilidad social, pues éstas mejorarían las relaciones laborales al interior de las compañías floricultoras, aunque encontrando dificultades como el no reconocimiento al acto laboral ni diálogo social mismo en el sector.

Sin embargo, en los últimos cuatro años se han encontrado trabajos más orientados al modelamiento y la optimización de los procesos como es el caso de los trabajos de Lanzas, et al, (2007) quienes realizaron un estudio para caracterizar el sistema de costos de las heliconias en el departamento de Risaralda, el objetivo fue suministrar una herramienta al sector para desarrollar de manera competitiva su actividad.

Y los trabajos de Pérez (2008) quién desarrolló un modelo de optimización y mejoramiento de un proceso, utilizando la herramienta de estudio de tiempos aplicada en flores el trigal Ltda. El estudio se realizó en las actividades de producción de la flor *snapdragon*; se identificaron las actividades que presentan problemas y posteriormente se elaboraron propuestas de mejoramiento, las cuales lograron modernizar el método de producción y lograr ventajas en el desarrollo de las actividades. La información necesaria se recolectó mediante la observación directa y entrevistas, además de las herramientas del estudio de métodos como diagrama de recorridos.

Estos trabajos han servido como referente para proponer este estudio en el marco de construir un cuerpo analítico y conceptual para este importante sector de nuestra economía.

Caso de estudio

Lo anterior evidencia que el campo del modelamiento, la simulación y la optimización de los procesos del sector floricultor posibilita realizar un estudio de métodos

y tiempos como insumo para la construcción de un modelo de simulación aplicable a la organización inversiones Coquette, modelo el cual permite optimizar el proceso de poscosecha, pues es evidente, mediante la observación directa en sus módulos de trabajo, que se está incurriendo en costos adicionales, costos que se presentan por los reprocesos ocasionados por la alta estacionalidad de las ventas en el mercado y las pérdidas inherentes a las demoras en el proceso productivo.

Después de definir el tipo de problema, en este caso, de simulación discreta, se procedió a definir la herramienta más adecuada para su modelado con el fin de obtener aproximaciones de la realidad que permitan plantear soluciones y alcanzar los objetivos del estudio.

Una vez definido lo anterior, se procedió a la elaboración del plano de la empresa y las gráficas para las locaciones, entidades y recursos que serían utilizados posteriormente en *ProModel*®, el software de simulación escogido. El entorno gráfico y las imágenes de la biblioteca gráfica fueron elaborados con la ayuda del software *Visio*.

Las locaciones y entidades del modelo fueron guardados en una librería gráfica de *ProModel*® utilizando la herramienta *Graphic Editor*. En ella se creó una nueva librería gráfica y se guardaron todos los elementos del modelo.

Para la elaboración del plano se tomó como base un plano suministrado por la empresa y un bosquejo elaborado durante la visita al cultivo.

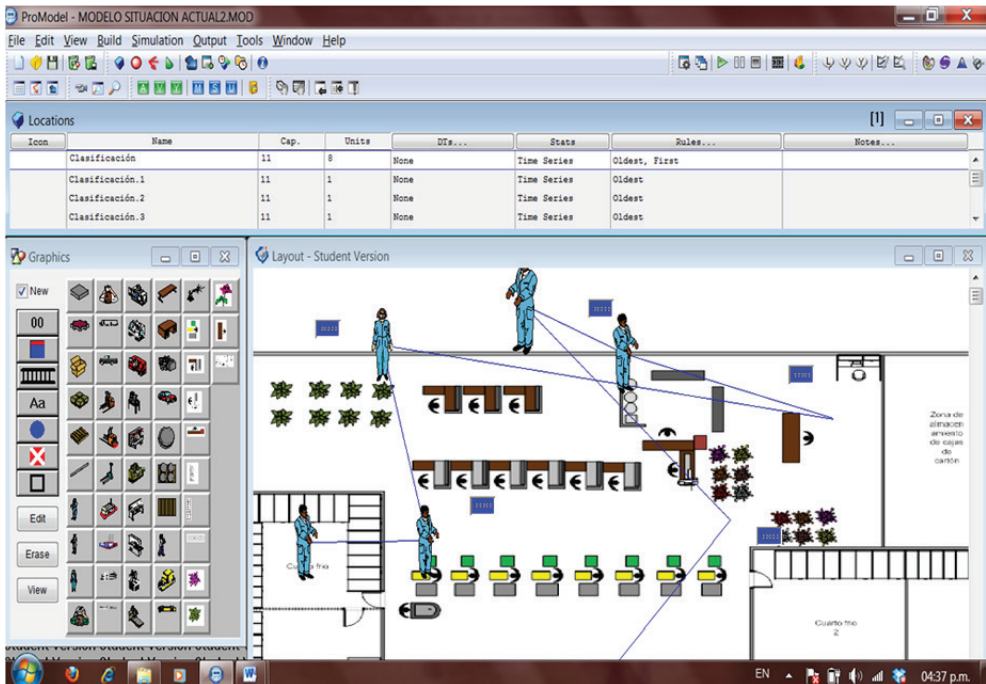
Mediante la herramienta *Statgraphics* se realizó un estudio estadístico a los tiempos tomados en cada módulo de trabajo. Se determinó aplicar este software porque facilita la realización de diversos análisis, aporta interpretaciones instantáneas a los resultados y en general es una herramienta muy completa, la cual cuenta con más de 150 procedimientos estadísticos que cubren la mayoría de las áreas de análisis estadístico.

Esta herramienta se aplicó para determinar la variabilidad en los datos, ya que existen un sin número de causantes que afectan la prueba estadística, por tal motivo los datos que más generaban variabilidad (los datos atípicos) se eliminaron, quedando así un tamaño de muestra menor.

También mediante la herramienta *Statgraphics* se determinó a qué tipo de distribución se ajustan los tiempos de cada módulo de trabajo.

Para realizar el modelo se crearon 19 locaciones (locations): Clasificación (8), Boncheo (6), Corte, Etiquetado, Enjuague, Empaque, Almacenamiento, tal como se muestra en la siguiente figura.

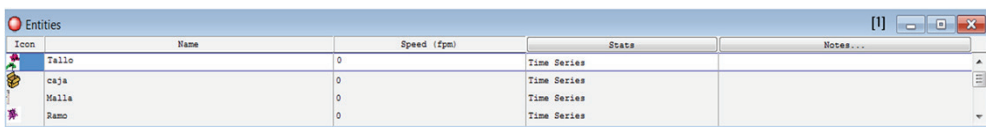
Figura 1. Construcción de locaciones en ProModel®



Fuente: Software ProModel® 7

Una vez definida la configuración de todas las locaciones, se realiza la configuración de las entidades, los cuales son los elementos que serán procesados por las locaciones, que para este caso de aplicación las entidades están representadas por mallas, tallos, paquete y caja.

Figura 2. Construcción de las entidades del modelo

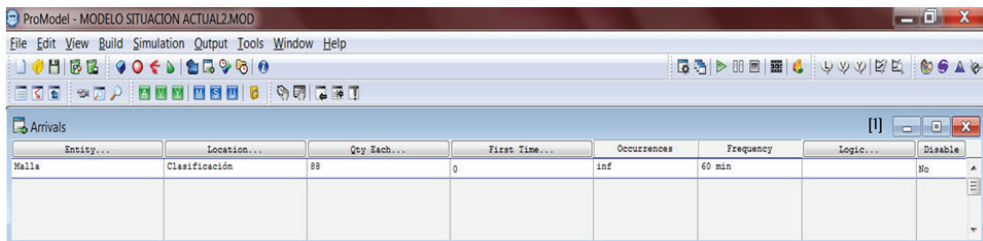


Fuente: Software Promodel® 7

Para las entidades *Tallo*, *Caja*, *Malla*, *Ramo* se asumió una velocidad cero debido a que se determinó un tiempo estándar en el recorrido de la entidad de una locación a otra por lo que la velocidad de estas entidades dentro del sistema es inherente a los recorridos en el plano.

Los arribos o llegadas son el punto de partida de un modelo pues de la entrada de éste al sistema depende que se pueda empezar a desarrollar las actividades.

Figura 3. Construcción de Arrivals



The screenshot shows the ProModel software interface with the 'Arrivals' table open. The table has the following columns: Entity..., Location..., Qty Each..., First Time..., Occurrences, Frequency, Logic..., and Disable. The data row is as follows:

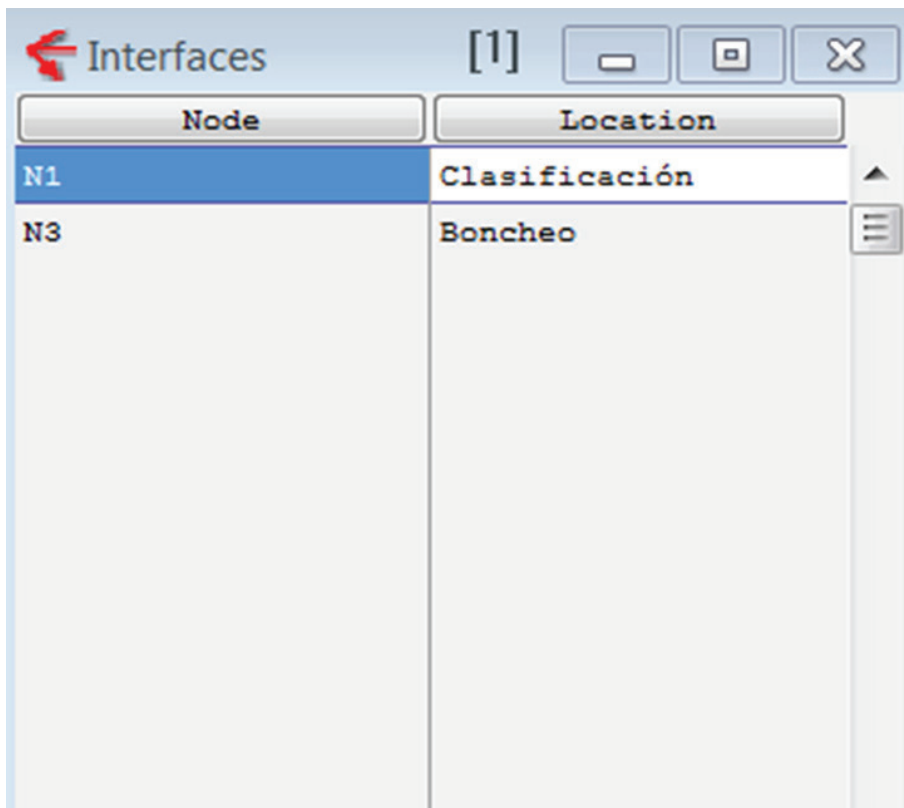
Entity...	Location...	Qty Each...	First Time...	Occurrences	Frequency	Logic...	Disable
Malla	Clasificación	88	0	inf	60 min		No

Fuente: Software Promodel® 7

Para el modelo construido las ocurrencias (*Occurrences*) son infinitas (*INF*) pues el modelo está delimitado por el tiempo de la simulación. En la columna de frecuencia (*Frequency*) está determinada en 60 min y sus parámetros para cada una de las entidades.

Luego se define el diagrama de recorrido de los recursos y entidades, también se utiliza para informar al modelo cuánto se demora la entidad de una locación a otra.

Figura 4. Ventana Interface

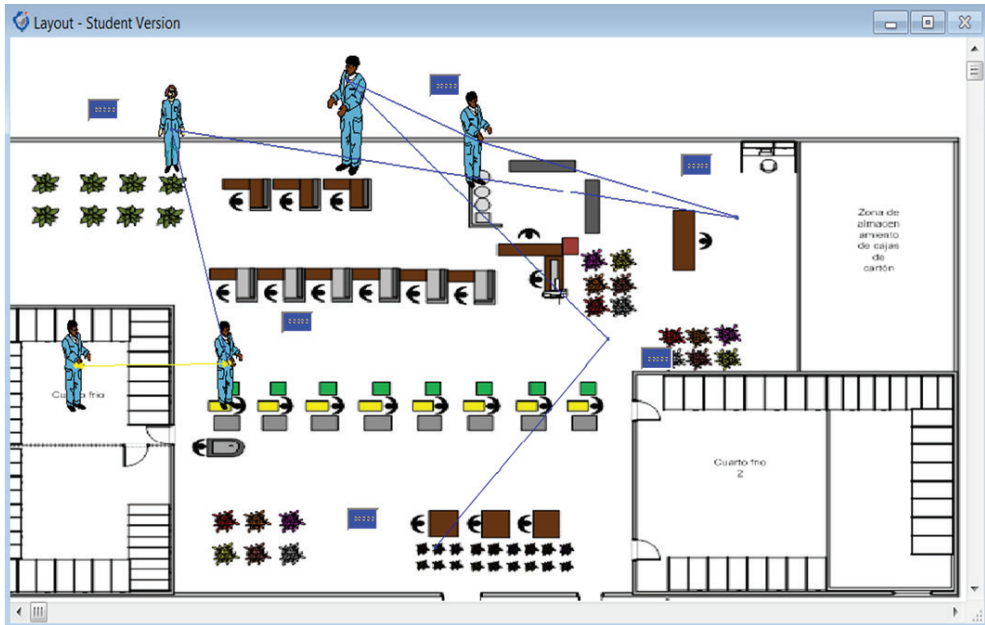


Node	Location
N1	Clasificación
N3	Boncheo

Fuente: Software ProMode® 7

Finalmente se construye la red de desplazamiento constituida por los nodos de las locaciones: Clasificación, Boncheo, Corte, Etiquetado, Enjuague, Empaque, Almacenamiento.

Figura 5. Red de desplazamiento



Fuente: Software Promodel® 7

Los recursos pueden ser personas, equipos o máquinas que pueden operar las entidades ya sea transportándolas o realizando operaciones puntuales a la entidad.

Figura 6. Construcción de Recursos

Icon	Name	Units	DTa...	Stats	Specs...	Search...	Logic...	Pta...	Notes...
	operario_clasificacion	8	None	By Unit	clasificar, N1, Rtn None		0	1	
	operario_boncheo	4	None	By Unit	bonchear, N1, Rtn None		0	1	
	operario_etiquetado_enjuague	1	None	By Unit	etiquetarenjuagar, None		0	1	
	operario_corte	1	None	By Unit	cortar, N1, Rtn Rtn None		0	1	
	operario_empaquetado	2	None	By Unit	empacar, N1, Rtn Rtn None		0	1	

Fuente: Software Promodel® 7

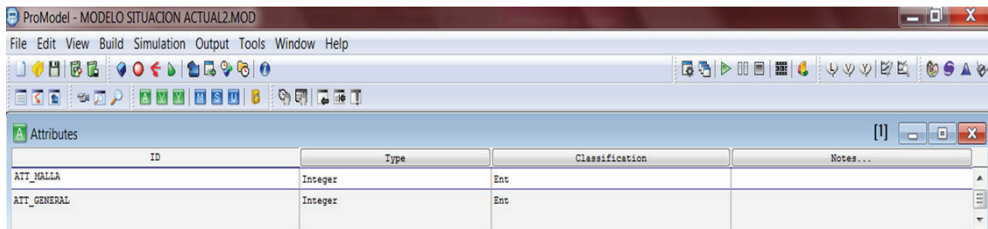
Figura 7. Construcción de Atributos del sistema

MODELO SITUACION ACTUAL2.MOD (Normal Run - Rep. 1)							
Name	Total Exits	Current Qty In System	Avg Time In System (MIN)	Avg Time In Move Logic (MIN)	Avg Time Waiting (MIN)	Avg Time In Operation (MIN)	Avg Time Blocked (MIN)
Tallo	0.00	66.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
caja	1920.00	1.00	255.96	13.42	22.81	10.52	209.21
Malla	0.00	88.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ramo	0.00	23.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Fuente: Software ProModel® 7.

Se utilizaron dos atributos, donde se guarda, en este caso, “el tiempo de llegada al sistema” de la entidad. Se usa la palabra *general* cuando la entidad *Malla* entra al sistema.

Figura 8. Construcción de Variables del sistema



ID	Type	Classification	Notes...
ATT_MALLA	Integer	Ent	
ATT_GENERAL	Integer	Ent	

Fuente: Software Promodel® 7

Se utilizaron en total seis variables para medir las cantidades procesadas de las entidades correspondientes.

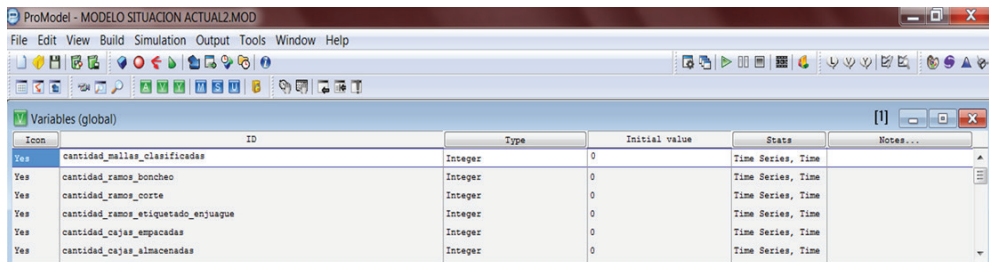
Finalmente se describen las operaciones que se dan en una locación definiendo la cantidad de tiempo que las entidades toman en ella, los recursos necesarios para completar el proceso, entre otros, además se define el siguiente destino para la entidad.

En el caso del modelo de Inversiones Coquette se trabajó en todas las locaciones con una misma entidad (malla), el estudio de tiempos para cada puesto de trabajo se realizó de acuerdo al tiempo de operación con cada entidad, por tal motivo se debe aclarar que el tiempo de operación para una malla no es el mismo tiempo de operación para un ramo. A continuación se muestran las equivalencias de operación en cada puesto de trabajo.

Clasificar 1 malla= clasificar 1 malla
 Bonchar 1 malla = Bonchar 2 ramos
 Cortar 1 malla = cortar 2 ramos
 Etiquetar 1 malla = etiquetar 2 ramos
 Enjuagar 1 malla = enjuagar 2 ramos
 Empacar 2 malla = empacar 1 caja

En la siguiente tabla se indica la descripción del proceso que se realizó para el estudio de simulación en Inversiones Coquette teniendo en cuenta las anteriores equivalencias en los tiempos de operación:

Figura 9. Construcción de Procesamientos



The screenshot shows the ProModel software interface with a window titled 'Variables (global)'. The window contains a table with the following data:

Icon	ID	Type	Initial value	Stats	Notes...
Yes	cantidad_mallas_clasificadas	Integer	0	Time Series, Time	
Yes	cantidad_ramos_boncheo	Integer	0	Time Series, Time	
Yes	cantidad_ramos_corre	Integer	0	Time Series, Time	
Yes	cantidad_ramos_etiquetado_enjuague	Integer	0	Time Series, Time	
Yes	cantidad_cajas_empacadas	Integer	0	Time Series, Time	
Yes	cantidad_cajas_almacenadas	Integer	0	Time Series, Time	

Fuente: Software Promodel® 7

Se definieron 54 horas de trabajo como tiempo de corrida (1 semana), reporte de salida estándar, pause al iniciar la simulación, precisión del reloj en minutos y número de réplicas 1.

Al finalizar la simulación, *Promodel*® brinda la posibilidad de observar los reportes estadísticos que han sido recolectadas.

Promodel® genera varios reportes numéricos de la simulación, pero nos limitaremos a analizar las fichas que presentan las estadísticas de interés para la empresa y el grupo de trabajo.

Teniendo en cuenta que el promedio diario de operación de la empresa es de 9 horas al día, 6 días en una semana, se realizó una comparación de la aproximación de los resultados arrojados por la simulación y la realidad de la empresa, para esto nos basamos en la cantidad de entidades procesadas.

Debido a que se contaba con el conocimiento teórico de la cantidad de mallas entrantes al sistema por hora (88 mallas), se estimó la cantidad de cajas salientes en una semana de operación, teniendo en cuenta que una caja está contenida por 2 mallas

$$\frac{8 \text{ mallas}}{\text{hora}} * \frac{3 \text{ horas}}{\text{semana}} = \frac{4.752 \text{ mallas}}{\text{semana}} * \frac{1 \text{ caja}}{2 \text{ mallas}} = \frac{2.376 \text{ cajas}}{\text{semana}}$$

Después de realizar la simulación en *Promodel*®. Se observaron 1921 cajas empacadas y almacenadas durante la semana simulada.

Calculo del error.

$$\frac{|2.376 \text{ cajas} - 1.921 \text{ cajas}|}{2.376 \text{ cajas}} * 100 = 9.1\%$$

Como se puede observar el error es relativamente bajo, aunque es bueno tener en cuenta lo siguiente:

Al momento de finalizar la simulación del día laborado, dentro del sistema se encontraban aun entidades siendo procesadas.

Al momento de clasificar las mallas es desechado un 5% de tallos ya que estos no cumple con los requisitos de calidad.

Figura 10. Reporte Entity Activity

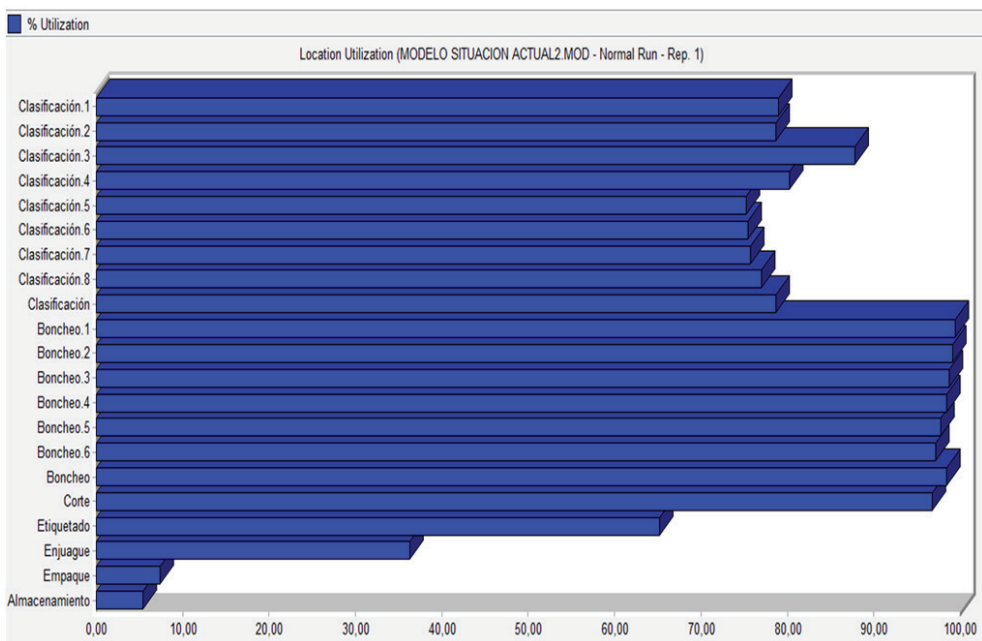
PROCESS			ROUTING				
Entity	Location	Operation	Blk	Output	Destination	Rule	Move Logic
Malla	Clasificación	get 1 operario_clasificacion wait N(4.48982, 0.173797) inc cantidad_mallas_clasificadas free operario_clasificacion	1	Tallo	Boncheo	FIRST 1	move with operario_boncheo then free
Tallo	Boncheo	get 1 operario_boncheo wait N(2.74522, .106259) inc cantidad_ramos_boncheo free operario_boncheo	1	Ramo	Corte	FIRST 1	move with operario_corte then free
Ramo	Corte	get 1 operario_corte wait N(0.37511, .0127178) inc cantidad_ramos_corte free operario_corte	1	Ramo	Etiquetado	FIRST 1	move with operario_etiquetado_enjuague then free
Ramo	Etiquetado	get 1 operario_etiquetado_enjuague wait N(0.22999, .00985814) inc cantidad_ramos_etiquetado_enjuague free operario_etiquetado_enjuague	1	Ramo	Enjuague	FIRST 1	move with operario_etiquetado_enjuague then free
Ramo	Enjuague	get 1 operario_etiquetado_enjuague wait N(0.48945, .00775171) free operario_etiquetado_enjuague	1	Ramo	Empaque	FIRST 1	move with operario_empaque then free
Ramo	Empaque	get 1 operario_empaque wait N(1.19787, .125857) inc cantidad_cajas_empacadas free operario_empaque	1	caja	Almacenamiento	FIRST 1	move with operario_empaque then free
caja	Almacenamiento	wait 1 min	1	caja	EXIT	FIRST 1	inc cantidad_cajas_almacenadas

Fuente: Promodel®

Observamos en la Figura 10 cómo las entidades estuvieron en el sistema durante 256 minutos, aproximadamente 4.2 horas, dentro de las cuales 10,5 minutos fueron empleadas para procesar dichas entidades, durante el resto del tiempo de simulación las entidades se encontraban moviéndose a través de las locaciones y esperando ser procesadas.

En la Figura 11. Se puede observar que el porcentaje de utilización de todas las locaciones es alto, en especial las de boncheo, clasificación, esto debido a las características del proceso de Poscosecha, es decir, el proceso de clasificar y bonchar son quizás los más críticos, pues son los que más tiempo de operación toman en el proceso; las mallas y ramos permanecen la mayoría del tiempo siendo clasificadas y bonchadas.

Figura 11. Reporte % Utilización locaciones.



Fuente: Promodel®

Se evidencia que los tiempos de mayor permanencia en las locaciones son en los puestos de trabajo de clasificación y boncheo, esto se puede observar con lo mencionado anteriormente en el % de utilización.

Las locaciones a las cuales entraron el mayor número de entidades fueron clasificación y boncheo, a medida que el proceso sigue su curso se observa que en las demás locaciones va disminuyendo la cantidad de entidades.

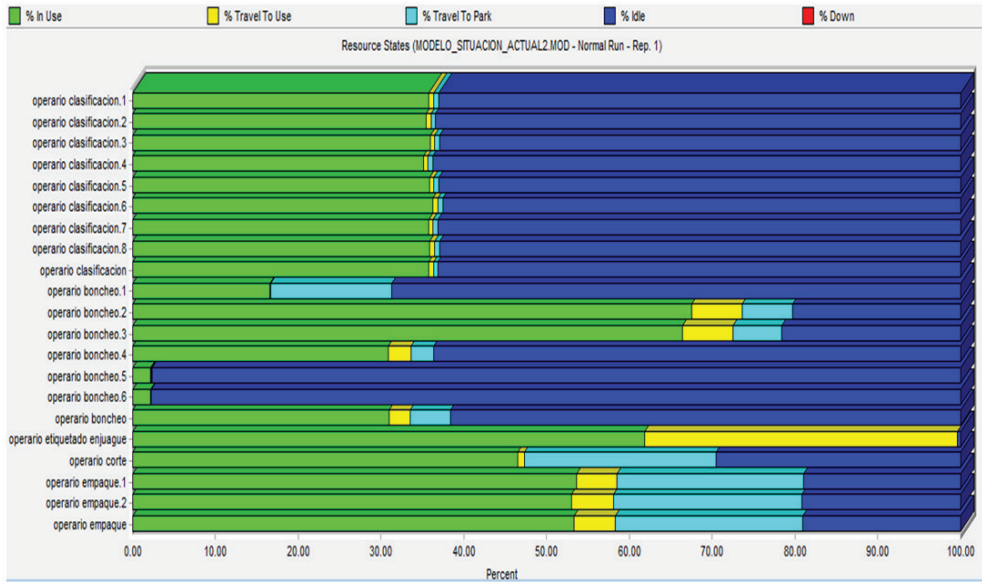
El porcentaje de utilización de los recursos en general fue bueno, con algunas diferencias entre ellos, es decir, el porcentaje de utilización del recurso dependió de la locación en que fuera utilizado, encontrando el nivel más bajo de utilización en las locaciones de clasificación y boncheo, esta última presentó un muy bajo porcentaje en dos de sus operarios.

Figura 12. Reporte de Recursos

MODELO_SITUACION_ACTUAL2.MOD (Normal Run - Rep. 1)								
Name	Units	Scheduled Time (HR)	Number Times Used	Avg Time Per Usage (MIN)	Avg Time Travel To Use (MIN)	Avg Time Travel To Park (MIN)	% Blocked In Travel	% Utilization
operario clasificacion.1	1.00	54.00	258.00	4.49	0.07	0.35	0.00	36.34
operario clasificacion.2	1.00	54.00	255.00	4.50	0.07	0.35	0.00	36.01
operario clasificacion.3	1.00	54.00	260.00	4.48	0.07	0.35	0.00	36.50
operario clasificacion.4	1.00	54.00	253.00	4.50	0.07	0.35	0.00	35.69
operario clasificacion.5	1.00	54.00	258.00	4.50	0.07	0.35	0.00	36.39
operario clasificacion.6	1.00	54.00	262.00	4.48	0.07	0.35	0.00	36.84
operario clasificacion.7	1.00	54.00	258.00	4.48	0.07	0.35	0.00	36.28
operario clasificacion.8	1.00	54.00	259.00	4.49	0.07	0.35	0.00	36.47
operario clasificacion	8.00	432.00	2063.00	4.49	0.07	0.35	0.00	36.31
operario boncheo.1	1.00	54.00	1917.00	0.28	0.00	0.25	0.00	16.68
operario boncheo.2	1.00	54.00	629.00	2.64	0.24	0.25	0.00	73.64
operario boncheo.3	1.00	54.00	809.00	2.66	0.24	0.25	0.00	72.45
operario boncheo.4	1.00	54.00	384.00	2.61	0.23	0.25	0.00	33.63
operario boncheo.5	1.00	54.00	43.00	1.57	0.09	0.25	0.00	2.20
operario boncheo.6	1.00	54.00	38.00	1.82	0.07	0.25	0.00	2.21
operario boncheo	6.00	324.00	4020.00	1.50	0.12	0.25	0.00	33.47
operario etiquetado enjuague	1.00	54.00	7713.00	0.26	0.16	0.16	0.00	99.64
operario corte	1.00	54.00	3888.00	0.39	0.01	0.40	0.00	47.27
operario empaque.1	1.00	54.00	2699.00	0.60	0.05	0.49	0.00	58.49
operario empaque.2	1.00	54.00	2866.00	0.60	0.06	0.50	0.00	58.07
operario empaque	2.00	108.00	5765.00	0.60	0.06	0.49	0.00	58.28

Fuente: Promodel®

Figura 13. Reporte % Recursos



Fuente: Promodel®.

Se observó que el tiempo promedio de viaje del recurso (Avg Time Travel To Use) más significativo fue el del operario boncheo, dicho tiempo no es muy alto pero fue el más significativo dentro de los otros recursos.

Se puede ver que el porcentaje de ocio para los recursos de clasificación y boncheo fue relativamente alto, esto evidencia lo mencionado anteriormente respecto al porcentaje de utilización del recurso en las mismas dos locaciones.

Observando el alto porcentaje de ocio en dos operarios de boncheo se recurre a realizar el siguiente cálculo de análisis:

Si clasificación se demora 60 minutos para procesar 88 mallas, se desea saber boncheo cuánto se demora en procesar la misma cantidad.

2.74 minutos para bonchear 6 mallas

$$\frac{2.74 \text{ min}}{X} = \frac{6 \text{ mallas}}{88 \text{ mallas}}$$

$$X = 40 \text{ min}$$

Boncheo se demora 40 minutos para clasificar 11 mallas

Figura 14. Reporte Resource States

MODELO_SITUACION_ACTUAL2.MOD (Normal Run - Rep. 1)						
Name	Scheduled Time (HR)	% In Use	% Travel To Use	% Travel To Park	% Idle	% Down
operario clasificacion.1	54.00	35.76	0.58	0.58	63.08	0.00
operario clasificacion.2	54.00	35.43	0.58	0.58	63.41	0.00
operario clasificacion.3	54.00	35.92	0.58	0.58	62.92	0.00
operario clasificacion.4	54.00	35.10	0.58	0.58	63.73	0.00
operario clasificacion.5	54.00	35.81	0.58	0.58	63.02	0.00
operario clasificacion.6	54.00	36.26	0.58	0.58	62.58	0.00
operario clasificacion.7	54.00	35.70	0.58	0.58	63.13	0.00
operario clasificacion.8	54.00	35.88	0.58	0.58	62.95	0.00
operario clasificacion	432.00	35.73	0.58	0.58	63.10	0.00
operario boncheo.1	54.00	16.59	0.09	14.57	68.75	0.00
operario boncheo.2	54.00	67.51	6.13	6.10	20.26	0.00
operario boncheo.3	54.00	66.42	6.03	5.95	21.60	0.00
operario boncheo.4	54.00	30.88	2.75	2.68	63.69	0.00
operario boncheo.5	54.00	2.09	0.12	0.10	97.69	0.00
operario boncheo.6	54.00	2.13	0.08	0.07	97.72	0.00
operario boncheo	324.00	30.94	2.53	4.91	61.62	0.00
operario etiquetado enjuague	54.00	61.81	37.83	0.01	0.35	0.00
operario corte	54.00	46.50	0.77	23.23	29.50	0.00
operario empaque.1	54.00	53.59	4.90	22.55	18.97	0.00
operario empaque.2	54.00	52.96	5.11	22.73	19.20	0.00
operario empaque	108.00	53.28	5.00	22.64	19.08	0.00

Fuente: Promodel®

Este reporte estadístico muestra cómo a medida que el proceso y la simulación transcurren, el número de entidades procesadas en cada una de las locaciones va disminuyendo.

Figura 15. Reporte Variables

MODELO_SITUACION_ACTUAL2.MOD (Normal Run - Rep. 1)						
Name	Total Changes	Avg Time Per Change (MIN)	Minimum Value	Maximum Value	Current Value	Avg Value
cantidad mallas clasificadas	2063.00	1.55	0.00	2063.00	2063.00	1105.22
cantidad ramos boncheo	2008.00	1.61	0.00	2008.00	2008.00	1043.06
cantidad ramos corte	1944.00	1.67	0.00	1944.00	1944.00	979.41
cantidad ramos etiquetado enjuague	1930.00	1.68	0.00	1930.00	1930.00	965.07
cantidad cajas empacadas	1921.00	1.69	0.00	1921.00	1921.00	956.82
cantidad cajas almacenadas	1920.00	1.69	0.00	1920.00	1920.00	955.97

Fuente: Promodel®

Teóricamente entran al sistema 2376 mallas de las cuales son clasificadas 2063, es evidente que solo hay capacidad para clasificar esta cantidad, de este punto en adelante y pasando locación por locación se observa que va disminuyendo el número de entidades procesadas por locación, dando como resultado al final de la operación 1920 cajas para ser despachadas.

Al observar los reportes estadísticos de la simulación del modelo real se notó que los recursos (operarios) están siendo mal utilizados, pues encontramos que hay mano de obra ociosa. El porcentaje de utilización de algunos recursos en algunos puestos de trabajo es bastante bajo y en algunas ocasiones se observa que más del 50 % en algunos puestos de trabajo está siendo mal utilizado.

Por esta razón se consideró pertinente la construcción del siguiente escenario.

Debido a que el porcentaje de utilización más bajo se presentó en las locaciones de clasificación y boncheo se decide asignar a dichas locaciones un menor número de operarios, es decir, reducir el número de módulos de boncheo a (4) y clasificación a (6).

A continuación se corrió el modelo.

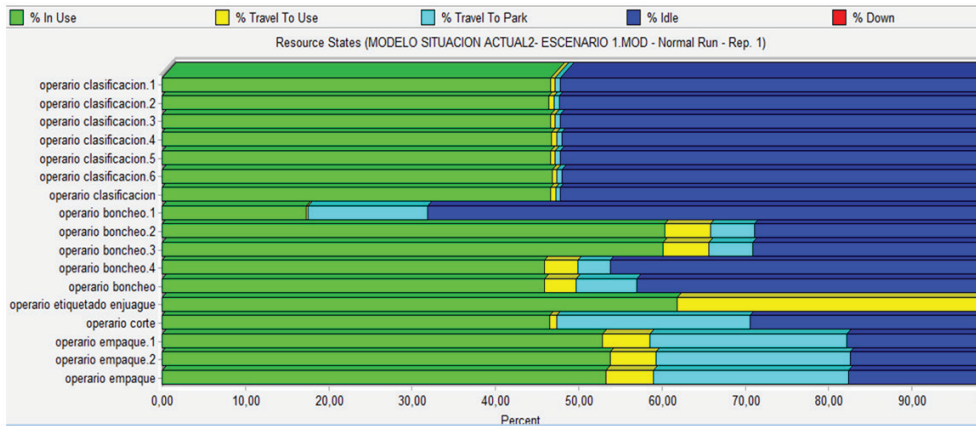
Se pudo observar que el porcentaje de utilización de los recursos de las locaciones clasificación y Boncheo aumentó, considerando que estas locaciones se les redujeron el número de módulos de trabajo.

Figura 16. Reporte Recursos escenario1

MODELO SITUACION ACTUAL2- ESCENARIO 1.MOD (Normal Run - Rep. 1)							
Name	Units	Scheduled Time (HR)	Number Times Used	Avg Time Per Usage (MIN)	Avg Time Travel To Use (MIN)	Avg Time Travel To Park (MIN)	% Utilization
operario clasificacion.1	1.00	54.00	335.00	4.51	0.06	0.35	47.18
operario clasificacion.2	1.00	54.00	336.00	4.48	0.06	0.35	47.05
operario clasificacion.3	1.00	54.00	337.00	4.48	0.06	0.35	47.19
operario clasificacion.4	1.00	54.00	337.00	4.50	0.06	0.35	47.37
operario clasificacion.5	1.00	54.00	337.00	4.48	0.06	0.35	47.18
operario clasificacion.6	1.00	54.00	337.00	4.50	0.06	0.35	47.40
operario clasificacion	6.00	324.00	2019.00	4.49	0.06	0.35	47.23
operario boncheo.1	1.00	54.00	1922.00	0.29	0.00	0.25	17.48
operario boncheo.2	1.00	54.00	746.00	2.62	0.24	0.25	65.84
operario boncheo.3	1.00	54.00	750.00	2.60	0.24	0.25	65.62
operario boncheo.4	1.00	54.00	560.00	2.65	0.23	0.25	49.90
operario boncheo	4.00	216.00	3978.00	1.50	0.12	0.25	49.71
operario etiquetado enjuego	1.00	54.00	7713.00	0.26	0.16	0.16	99.66
operario corte	1.00	54.00	3690.00	0.39	0.01	0.40	47.32
operario empaque.1	1.00	54.00	2673.00	0.60	0.07	0.49	58.60
operario empaque.2	1.00	54.00	2892.00	0.60	0.06	0.48	59.31
operario empaque	2.00	108.00	5765.00	0.60	0.06	0.48	58.96

Se evidencia el cambio en el % ocioso de los recursos, el cual es más bajo en este escenario planteado.

Figura 17. Reporte % Recursos Escenario 1



Fuente: Promodel®

Vale la pena resaltar que la cantidad de entradas al sistema no fue modificada (88 mallas / hora) y teniendo en cuenta este cambio, la cantidad de cajas almacenadas fue la misma que el modelo actual.

Figura 18. Locaciones escenario 1

MODELO SITUACION ACTUAL2- ESCENARIO 1.MOD (Normal Run - Rep. 1)								
Name	Scheduled Time (HR)	Capacity	Total Entries	Avg Time Per Entry (MIN)	Avg Contents	Maximum Contents	Current Contents	% Utilization
Clasificación.1	54.00	11.00	461.00	53.90	7.67	11.00	11.00	69.72
Clasificación.2	54.00	11.00	319.00	70.08	6.90	11.00	11.00	62.73
Clasificación.3	54.00	11.00	319.00	87.31	8.60	11.00	11.00	78.15
Clasificación.4	54.00	11.00	319.00	73.40	7.23	11.00	11.00	65.70
Clasificación.5	54.00	11.00	319.00	78.95	7.77	11.00	11.00	70.67
Clasificación.6	54.00	11.00	318.00	96.03	9.43	11.00	11.00	85.68
Clasificación	324.00	66.00	2055.00	75.03	7.93	0.00	66.00	72.11
Boncheo.1	54.00	11.00	531.00	66.52	10.90	11.00	11.00	99.11
Boncheo.2	54.00	11.00	501.00	69.95	10.82	11.00	11.00	98.33
Boncheo.3	54.00	11.00	484.00	71.64	10.70	11.00	11.00	97.29
Boncheo.4	54.00	11.00	473.00	72.76	10.62	11.00	11.00	96.56
Boncheo	216.00	44.00	1989.00	70.11	10.76	44.00	44.00	97.82
Corte	54.00	11.00	1945.00	17.71	10.63	11.00	11.00	96.63
Etiquetado	54.00	11.00	1934.00	12.27	7.32	9.00	8.00	66.58
Enjuague	54.00	11.00	1926.00	6.44	3.83	5.00	4.00	34.78
Empaque	54.00	11.00	1922.00	1.39	0.82	2.00	1.00	7.48
Almacenamiento	54.00	11.00	1921.00	1.00	0.59	2.00	0.00	5.39

Fuente: Promodel®.

Se puede ver cómo el porcentaje de utilización de las locaciones se mantuvo relativamente estable, aunque en clasificación se ve una mínima disminución en dicho reporte.

Realizando una comparación del modelo de la situación actual de la empresa y el modelo del escenario 1 se pudo observar que los cambios realizados por parte del grupo de trabajo tuvieron gran significancia en los reportes estadísticos, específicamente en el aprovechamiento efectivo de los recursos, el hecho de haber disminuido dos de los módulos de trabajo tanto en clasificación como en boncheo aumentó la utilización de los operarios, es decir, disminuyó el porcentaje de mano de obra ociosa, manteniéndose constante las entradas al sistema y de igual manera las salidas, lo cual contribuye con una disminución en los costos de mano de obra para la empresa.

Actualmente en el proceso productivo de Poscosecha existe un gran tiempo de movimiento de los recursos para transportar las entidades, es decir, durante el proceso los operarios, especialmente en corte, etiquetado y enjuague, deben recorrer distancias considerables para darle continuación al flujo de las entidades, en algunas ocasiones deben ir y recolectar el material para luego volver a su puesto de trabajo y procesarlo, agregando un tiempo improductivo al proceso.

El porcentaje de utilización de los recursos en los puestos de trabajo Boncheo 5 y Boncheo 6 fueron muy bajos (2.20 y 2.21 respectivamente) observando que realizan poco trabajo, se considera que este factor se debe a que el tiempo de procesamiento de boncheo es menor que el proceso de clasificación, por lo que al procesar determinada cantidad de entidades en clasificación el tiempo es más alto que al procesar la misma cantidad en boncheo, quedando estos dos operarios mencionados anteriormente con pocas entidades para bonchear.

El tiempo promedio de operación para procesar 11 mallas en clasificación es de 5 min y estas mallas pasan luego de ser clasificadas a boncheo en donde el tiempo de operación para bonchear 11 mallas promedio es de 40 minutos, por tal motivo hay 20 minutos de tiempo no operativo lo que explica el poco porcentaje de utilización en los dos puestos de trabajo de boncheo mencionados anteriormente.

Conclusiones y recomendaciones

Entre las principales conclusiones del trabajo desarrollado se tienen las siguientes:

La utilización de una buena metodología y un buen software de simulación logran brindar a la gerencia de una empresa valiosas estadísticas de los procesos productivos. A través de la evaluación e interpretación de los reportes estadísticos y variables programadas en la simulación se logran establecer buenas bases para la formulación de estrategias de mejora y aumento de productividad al interior de una empresa.

A partir de la evaluación de los recursos en ambos modelos, tanto el real como el escenario 1, se considera pertinente un replanteamiento del transporte de las entidades, es evidente que los operarios deben recorrer muchas distancias, es decir, deben ir y recolectar las entidades para luego volver a su puesta a procesarlas. Considerar la idea de invertir en una banda transportadora entre boncheo y corte podría reducir estos tiempos de desplazamiento, sobre todo con el operario de corte; para el operario de etiquetado y empaque no es recomendable este proceso pues por la naturalidad del proceso que realiza debe desplazarse entre las dos locaciones etiquetando, recolectando y enjuagando.

Observando el número de puestos de trabajo para las locaciones de clasificación (8) y boncheo (6), consideramos que boncheo y clasificación podrían tener un menor número de puestos de trabajo, es decir, para la cantidad de producción evaluada consideramos que clasificación podría tener tan solo 6 puestos de trabajo y boncheo 4, esto con el objeto de aumentar el rendimiento de estas locaciones y evitar capacidad ociosa en el proceso.

Se le recomienda a la empresa sistematizar el proceso de etiquetado ya que éste requiere de un operario, el cual puede ser reemplazado por una máquina etiquetadora, ésta puede disminuir el tiempo de operación considerablemente en este proceso. En la etiqueta está plasmado el tipo de producto, fecha de corte, nombre del bonchador y el nombre del cliente para el cual va el producto, cuando hay cambios en los pedidos por el cliente dicho producto es reprocesado especialmente en el proceso de etiquetado, por tal motivo es de gran importancia su operación óptima, la cual la puede dar mucho mejor una máquina etiquetadora que un operario.

Referencias

1. Chávez, P. A., Castillo, A. M., & Fischer, V. J. (2005). El ácido a-Naftalenacético prolonga la vida en la poscosecha de rosa de corte. *Revista Facultad Nacional de Agronomía*.
2. Duque, A. M., Trejos, E. A., & Duque, V. E. (2007). Caracterización del sistema de costos de la cadena de flores Tropicales (Heliconias) en el departamento de Risaralda. *Scientia Et Technica*, 331-336.

3. Gómez, S. y. (2005). Efecto de la temperatura en el periodo de latencia y producción de esporangios de peronospora sparsa Berkeley en tres variedades de rosa. *Revista Facultad Nacional de Agronomía*.
4. Jurado, T. M. (2008). *Aplicación de un estudio de métodos para el mejoramiento de procesos de snap-dragon en Flores el Trigal LTDA*.
5. Toro, F. d., & Londoño, G. A. (2005). Evaluación de dos tratamientos fotoperiódicos en crisantemo (*Dendranthema grandiflorum* (Ramat.) Kitam.), bajo condiciones del intertrópico Andino alto. *Revista Facultad Nacional de Agronomía*.