



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO

VICE RECTORADO DE INVESTIGACION

NOV 2013

FACULTAD DE INGENIERIA INDUSTRIAL Y DE SISTEMAS

INFORME FINAL



PROYECTO DE INVESTIGACION

**“METODOLOGIA PARA EL MODELAMIENTO
Y SIMULACION EN PROMODEL: CASO
FABRICACION DE PULPA DE MANGO
CONGELADO”**

Mg. Ing. LUIS ALBERTO VALDIVIA SANCHEZ

(PERIODO: NOVIEMBRE 2012- OCTUBRE 2013)

(RESOLUCIÓN RECTORAL N° 998-2012-R)

INDICE

| | |
|--|----|
| RESUMEN | 3 |
| CAPITULO I INTRODUCCION | 6 |
| CAPITULO II MARCO TEORICO | 12 |
| CAPITULO III MATERIALES Y METODOS..... | 29 |
| CAPITULO IV RESULTADOS | 47 |
| CAPITULO V DISCUSIÓN..... | 49 |
| REFERENCIAS..... | 53 |



RESUMEN

Uno de los grandes problemas de los ingenieros industriales, es como lograr incrementar la productividad de las empresas, esto se logra realizando cálculos determinísticos, como por ejemplo la velocidad de producción de una estación, para después determinar el cuello de botellas del sistema de producción.; aquí se plantea dos problemas básicos, que són:

- Las velocidades de producción nunca son constantes, en la vida real, estas velocidades de producción, son probabilísticas, como por ejemplo, si nos preguntamos cuanto demoramos en ir de nuestra casa a nuestro centro laboral, lo más probable es que se diga, que una se demora 1 hora, la pregunta sería, siempre una hora y la respuesta es NO, ah y momentos en que el recorrido lo hace en 45 minutos y otros en 1 hora y 20 minutos, la pregunta sería, porque si la distancia es la misma, y la respuesta esta, que ese día puede haber más congestión vehicular, o menos, por eso, que nunca es constante el tiempo de llegada de tu casa a tu centro laboral. Por eso motivos cuando calculamos la velocidad de producción de una máquina, en forma determinística, nos acercamos al valor pero no es el real.
- Otro de los problemas los ingenieros industriales, tenemos que optimizar los proceso productivos, y para ellos tenemos que realizar mejora de procesos.- Estas mejora de proceso tienen un costo de inversión de la mejora.- Para ver si resulta la mejora del proceso productivo, tendríamos que invertir y después ver si el sistema realmente mejoro.- Claro está que los valores



determinístico, nos acerca a posibilidad de determinar las ganancias futuras del nuevo sistema mejorado, pero como hemos visto en el punto anterior, en la vida real, los valores no son determinísticos, si no probabilísticos, eso indica que existe una posibilidad de fracasar, porque no se está tomando en cuenta el modelo probabilístico..

Estos dos problemas hacen que la propuesta de mejora (determinística) tenga un alto porcentaje de riesgo. Es allí donde se plantea esta investigación, con la finalidad de comenzar a buscar una técnica, que logre tomar en cuenta, que los valores no son determinísticos, si no probabilísticos.

Esa técnica es de la simulación de procesos industriales, que es una herramienta, que simula procesos productivos y toma en cuenta los modelos probabilísticos.

Con este trabajo, se quiere poner las bases necesarias para especializarnos en simular procesos productivos, a través de la simulación, y comenzar aplicarlos a la realidad de las industrias peruanas.

En este caso la simulación, se ha hecho en el software de ProModel, obteniendo los siguientes resultados:

- Se logró establecer el procedimiento para establecer el modelamiento de ProModel, y este procedimiento es: Paso 01: Ccrear modelo; Paso 02: Construir gráficos de Background (distribución de planta); Paso 03: Construir las locaciones (Locations) donde se ejecutará el trabajo, Paso 04: Adicionar entidades, Paso 05: ARRIBOS= ARRIVALS, Paso 06: PROGRAMAR



- Se logró demostrar, que cualquier sea la característica real del modelo, se puede convertir y transformar en datos técnicos en ProModel.
- Los datos técnicos encontrados en la realidad, como se lograron transformas al ProModel es: ver cuadro 02.
- Se logró crear el modelo de simulación en ProModel y prueba de ello es el software que se alcanza con esta investigación.



CAPITULO I INTRODUCCION

Los ingenieros industriales, nos definimos como ingenieros de la optimización: optimizamos las materias primas, la mano de obra, los gastos indirectos de fabricación, los inventarios, la programación de la producción, la asignación de recursos, etc.

El objetivo fundamental de nuestra carrera es obtener el máximo provecho, con los escasos recursos de la empresa.

Este objetivo, se ha alcanzado, a través de diversos modelos de optimización, como por ejemplo, el método simplex, análisis de dualidad y sensibilidad, los modelos de transporte, los modelos de redes, la programación lineal avanzada, programación de metas, programación dinámica determinística, modelos de inventarios determinísticos, teoría de colas, proceso de decisión Markoviana etc¹.

Todos estos modelos desarrollan formulas determinísticas, como por ejemplo, en una fábrica de helados tenemos la demanda de helados, los costos de materias primas, la mano de obra, los inventarios y la disponibilidad de horas de las maquinas, que en conjunto forman el sistema de producción, y a través del método simplex, se obtiene ¿cuantos litros de helados de cada sabor se debe producir para obtener la máxima ganancia?

Según el Johantan² (personaje de libro la Meta) manifiesta a Alex Rogo, que una máquina, que tiene un tiempo estándar de 5 minutos por producto, nunca elabora exactamente en 5 minutos, hay momentos que

¹ Autor: Handay A Taha, Investigación de Operaciones, sexta edición 1997

² Autor: Goldratt Eliyahu, La Meta, Editorial Gramica, tercer reimpresión 2005



produce en 4.80 minutos y otros en 5.15 minutos; haciendo un promedio de producción de 5 minutos, esto origina variabilidad en el número de unidades producidas por la empresa.

Para entender esta variabilidad es muy sencillo; imaginemos que usted va de su casa a su trabajo, la pregunta sería, ¿Cuánto demora en ir de su casa a su trabajo?, la respuesta de usted es 55 minutos; la siguiente pregunta sería, siempre demora 55 minutos exactos y su respuesta será, "no" depende del tráfico, del día y de la hora que va a su trabajo.

La siguiente pregunta sería ¿Cuál es el tiempo mínimo que demora en ir a su trabajo? y su respuesta sería de 40 minutos y ¿el tiempo máximo? Usted podría responder 70 minutos.- Eso es variabilidad, usted en promedio llega a su trabajo en 55 minutos, pero varía su tiempo de llegada a su trabajo, de 40 a 70 minutos; dependiendo las condiciones del tránsito, día hora etc.

Eso mismo sucede con los tiempos estándares, se dice que una operación tiene un tiempo estándar de 5 minutos y realizamos los cálculos con esos 5 minutos, y determinamos la producción en función a ese valor.

¿Este valor es real?, ¿se aproxima a la realidad?, al analizar nos damos cuenta que "no", ya que sabemos que este tiempo estándar promedio (5 minutos) por efecto de la variabilidad, puede fluctuar entre 4 minutos y 6 minutos, indicando que la producción también fluctuara.

Además si se produce en 6 minutos en lugar de producir en 5 minutos, como está planeado, la siguiente maquina quedara



desabastecida, generando un retraso en la segunda máquina y esta a su vez generara un efecto sobre la tercera máquina, generándose un efecto domino de retraso de la producción.

Esta variabilidad de tiempos de máquina y efecto domino de retrasos de la producción; son lo que generan dudas a los diversos métodos de optimización, como por ejemplo el método simplex, análisis de dualidad y sensibilidad, los modelos de transporte, los modelos de redes, etc.

La duda nace que estos modelos no toman en cuenta la variabilidad de los tiempos y el efecto domino de los retrasos de producción.

Existe una técnica de optimización que toma en cuenta la variabilidad de los tiempos y el efecto domino de los retrasos de producción, pero muy poco se ha estudiado, la técnica se denomina "SIMULACION DE PROCESOS INDUSTRIALES".

Esta técnica de "SIMULACION DE PROCESOS INDUSTRIALES", ha sido poco estudiada, porque había que realizar miles de cálculos matemáticos y se necesitaban grandes cantidades de recursos económicos, para llevarlos a cabo.

El avance tecnológico informático ha logrado, que esta técnica "Simulación De Procesos Industriales" esté al alcance de todos.



Ahora para poder desarrollar modelos de simulación, solo se necesita una computadora (asequible), el software de simulación y conocimiento en técnicas de simulación.

Los dos primeros son fáciles de conseguir (computadora y software), pero el tercero "conocimiento para técnicas de simulación", no se ha desarrollado y masificado, como técnica de optimización.

Esta investigación busca desarrollar este conocimiento de simulación en ProModel y aplicarlo a un proceso de fabricación de pulpa de mango congelado y de esa manera abrir las puertas a este modelo de simulación y optimización a nuestra realidad académica en las escuelas de Ingeniería Industrial e Ingeniería de Sistemas.

Esta investigación, entra en el área de aplicación de investigación de operaciones, específicamente en el área de simulación, tema que se desarrolla en la carrera profesional de Ingeniería Industrial e Ingeniería de Sistemas.

La presente investigación, se enmarca en la poca aplicación de los modelos de simulación en las escuelas profesionales de Ingeniería Industrial y de Sistemas, como herramienta de optimización de los escasos recursos de la empresa.

A través de investigaciones preliminares, se determinó, que existen pocos libros de simulación.- Estos pocos libros son muy teóricos, y cuando se buscó encontrar un ejemplo práctico de aplicación de un modelo de simulación completo, en los procesos de producción, no se encontró.

En base a esto, se plantea las siguientes interrogantes: ¿es posible generar una metodología, para realizar un modelo de simulación, en una



empresa que elabora pasta de mango congelado?, ¿se puede determinar los valores técnicos necesarios, para simular un modelo de simulación en ProModel?, ¿se podrá obtener un modelo de simulación en ProModel, en una empresa que elabora pasta de mango congelada .

El proceso de investigación, se enmarca en el sector productivo, tomando como marco universal, las empresas que exportan mango congelado.

Ante esto surge el siguiente problema general:

- ¿Cómo hacer un modelo de simulación de una empresa que elabora pulpa de mango congelado?.

Problema secundario.

- ¿Cuál es el proceso para modelar una empresa que elabora pulpa de mango congelado, en un modelo de simulación?
- ¿Cuál es el proceso para elaborar pulpa de mango congelado, en un modelo de simulación?
- ¿Cuál es el proceso para elaborar un modelo de simulación, en una empresa que elabora pulpa de mango congelado?

- OBJETIVOS

- OBJETIVO GENERAL

- Elaborar un modelo de simulación en el software ProModel; del proceso de producción de una empresa que elabora pulpa de mango congelado.



- OBJETIVO ESPECIFICO
 - Determinar el proceso para modelar una empresa que elabora pulpa de mango congelado, en un modelo de simulación.
 - Determinar los datos técnicos necesarios, en el proceso para elabora pulpa de mango congelado, en un modelo de simulación.
 - Elaborar en ProModel, un modelo de simulación de una empresa que elabora pulpa de mango congelado..

HIPOTESIS

Se genera la siguiente Hipótesis;

- HIPÓTESIS GENERAL
 - "A través del software ProModel se puede elaborar un modelo de simulación del proceso productivo de una empresa que elabora pulpa de mango congelado".
- HIPÓTESIS ESPECIFICA
 - A través de software ProModel, se puede determinar el proceso para modelar en una empresa que elabora pulpa de mango congelado, en un modelo de simulación.
 - A través de software ProModel, se puede determinar los datos técnicos necesarios, en el proceso para modelar en ProModel en una empresa que elabora pulpa de mango congelado, en un modelo de simulación.
 - A través de ProModel, se puede desarrollar, un modelo de simulación de una empresa que elabora pulpa de mango congelado.

CAPITULO II MARCO TEORICO

Al respecto cabe mencionar que se ha revisado información a través de diversas fuentes sobre investigaciones conexas, como tesis, foros de discusión páginas de Internet; así mismo se tomara como referencia las publicaciones relacionados al tema.

ANTECEDENTES DE BIBLIOGRAFICOS DEL PROBLEMA

Según **MARÍA CONSTANZA CABRERA RIAÑO³**

RESUMEN

La asignatura de simulación de operaciones en la carrera de ingeniería industrial ha cobrado gran importancia en el último año, tanto que indujo un cambio en el pensum de la carrera que la transformo de dos a tres créditos y duplicó su exigencia presencial de dos a cuatro horas, para que a lo largo del semestre, los alumnos cuenten con el tiempo suficiente para asimilar los conceptos prácticos y los desarrollen experimentalmente con un software de apoyo, PROMODEL en el caso de la carrera durante 18 semanas totales que componen el semestre.

No obstante, en el proceso de seguimiento realizado a la modificación se ha encontrado que el tiempo es demasiado ajustado para cumplir estos dos objetivos en el tiempo propuesto y se pueden presentar casos en que el énfasis teórico es más desarrollado que el práctico o viceversa, sin que

³ Propuesta De Manual De Prácticas De Simulación De Sistemas Discretos Con Promodel®, Para El Desarrollo De Ejercicios Aplicados En Diferentes Asignaturas De La Carrera De Ingeniería Industrial En La Pontificia Universidad Javeriana, Trabajo De Grado Para Optar Por El Título De Ingeniero Industrial

se haya logrado definir el punto de equilibrio ideal para garantizar el cubrimiento integral del programa definido.

Adicionalmente, es importante que las herramientas de apoyo que se puedan desarrollar para lograrlo, sean diseñadas en un contexto participativo que incluya la opinión de todos los involucrados en el proceso y que se encuentren elaboradas dentro de este contexto para que sean realmente efectivas para el proceso.

El presente trabajo presenta una primera aproximación a una propuesta de manual de apoyo de prácticas, desarrolladas en PROMODEL para la asignatura de simulación de operaciones que incluye dos niveles, uno esencial para entrenarse en la programación del aplicativo y un desarrollo de casos en el cual el ingeniero industrial en formación encuentra un marco experimental para poner a prueba su capacidad de análisis y solución de problemas complejos sobre sistemas productivos.

Lograr lo anterior, en el contexto académico, es un problema de gran complejidad porque incluye una gran cantidad de variables de opinión que generan un nivel muy alto de incertidumbre, costumbre que desafortunadamente sigue siendo la más utilizada hoy en día, con las consecuencias negativas que este facilismo presenta para el nivel de servicio que recibe el usuario final, en este caso el alumno de pregrado de ingeniería industrial en la Pontificia Universidad Javeriana.



Este trabajo, pretende a través de un consenso desarrollado con todos los involucrados, elaborar casos prácticos de simulación que se basen en la realidad de los sistemas productivos colombianos a nivel de manufactura, servicios y académicos de tal manera que se convierta en una herramienta eficiente tanto para docentes como alumnos involucrados en el proceso.

Para esto, se recurre a un trabajo de campo realizado con alumnos actuales de la asignatura, egresados, estudiantes de especialización, maestría, docentes y el jefe de la sección de métodos cuantitativos de tal manera que se logre poner en común los puntos de intersección de estos grupos de opinión y sobre estos, se desarrolle el manual presentado a continuación.

Este manual parte de una presentación de los componentes teóricos principales de la asignatura y casos prácticos en sistemas productivos reales sencillos y complejos, para que el ingeniero industrial comprenda la asignatura y valore su aplicación como herramienta de apoyo en su vida profesional, sin importar el énfasis de formación.

Se espera entonces contribuir a la difusión del conocimiento de la ingeniería industrial en un contexto que una la práctica y la teoría en un solo escenario, combinando las dos facetas en que el profesional debe tomar las decisiones gerenciales sobre las cuales cimentara su trabajo.

CONCLUSIONES

Partiendo de las necesidades y prioridades de la población estudiada, este manual pretende llenar las expectativas de estos aportando al lector las herramientas necesarias para la aplicación de la simulación en ámbitos donde se requiera la evaluación de alternativas y propuestas de mejoras.

- La importancia del presente trabajo radica en la presentación y desarrollo de ejercicios teóricos y prácticos, poniendo de manifiesto la solución por ambos métodos, para así, confrontar al lector con la lógica existente dentro de los procesos simulados a través de cualquier tipo de Software, en este caso particular con el programa PROMODEL®.
- El valor de la aplicación de la simulación se halla en un marco de decisión significativo al momento de determinar la viabilidad de un proyecto, de una manera económica y dentro de la realidad, reduciendo riesgos y permitiendo la toma de mejores decisiones.
- La variabilidad estadísticamente demostrada bajo funciones de distribución se convierte en una medida de gran importancia para dimensionar adecuadamente una operación como la descrita en los casos desarrollados en este manual, dicha variabilidad requiere del apoyo funcional de un software complejo como PROMODEL para llevar a la práctica, los conceptos que se asimilan en la asignatura de simulación de operaciones.
- El concepto gráfico que ofrece PROMODEL permite una mejor apreciación de las interacciones que se presentan entre las



diferentes variables que componen el sistema definido, por lo que puede considerarse en este caso concreto como la mejor herramienta para el desarrollo de proceso de simulación.

- El desarrollo de experimentos sobre los casos presentados, se convierte en el sustento suficiente para dar validez a la relación que debe existir entre las variables componentes del sistema y a pesar de que la lógica tradicional puede señalar comportamientos específicos, en el caso concreto de este trabajo, se demostró que no en todos los casos las variables tienen una relación directamente proporcional y que la mejor combinación de recursos no es aquella que incluye la utilización máxima de los mismos como en algunos casos los puede señalar el resultado de los conceptos teóricos.
- Queda el camino abierto, para que se dé continuidad al presente manual con la generación de más casos en contextos reales que continúen en la línea de aportar en la formación de ingenieros industriales de la Pontificia Universidad Javeriana. Partiendo de las necesidades y prioridades de la población estudiada, este manual pretende llenar las expectativas de estos aportando al lector las herramientas necesarias para la aplicación de la simulación en ámbitos donde se requiera la evaluación de alternativas y propuestas de mejoras.
- La importancia del presente trabajo radica en la presentación y desarrollo de ejercicios teóricos y prácticos, poniendo de manifiesto la solución por ambos métodos, para así, confrontar al lector con la

lógica existente dentro de los procesos simulados a través de cualquier tipo de Software, en este caso particular con el programa PROMODEL®.

- El valor de la aplicación de la simulación se halla en un marco de decisión significativo al momento de determinar la viabilidad de un proyecto, de una manera económica y dentro de la realidad, reduciendo riesgos y permitiendo la toma de mejores decisiones.
- La variabilidad estadísticamente demostrada bajo funciones de distribución se convierte en una medida de gran importancia para dimensionar adecuadamente una operación como la descrita en los casos desarrollados en este manual, dicha variabilidad requiere del apoyo funcional de un software complejo como PROMODEL para llevar a la práctica, los conceptos que se asimilan en la asignatura de simulación de operaciones.
- El concepto gráfico que ofrece PROMODEL permite una mejor apreciación de las interacciones que se presentan entre las diferentes variables que componen el sistema definido, por lo que puede considerarse en este caso concreto como la mejor herramienta para el desarrollo de proceso de simulación.
- El desarrollo de experimentos sobre los casos presentados, se convierte en el sustento suficiente para dar validez a la relación que debe existir entre las variables componentes del sistema y a pesar de que la lógica tradicional puede señalar comportamientos específicos, en el caso concreto de este trabajo, se demostró que no en todos los casos las variables tienen una relación



directamente proporcional y que la mejor combinación de recursos no es aquella que incluye la utilización máxima de los mismos como en algunos casos los puede señalar el resultado de los conceptos teóricos.

- Queda el camino abierto, para que se dé continuidad al presente manual con la generación de más casos en contextos reales que continúen en la línea de aportar en la formación de ingenieros industriales de la Pontificia Universidad Javeriana.

Según David Andrés Muñoz Soto⁴

RESUMEN

La generación de modelos ha ayudado al ser humano a mejorar el proceso de toma de decisiones al que se encuentra expuesto día a día.

Durante la Segunda Guerra Mundial se desarrollaron una serie de modelos que a la larga contribuirían no sólo en el ámbito militar, sino que además en la actualidad son ampliamente aplicados y estudiados en la sociedad civil. Una de las herramientas que sirvió como método de optimización y que posteriormente influyó sobre el desenlace final de la Segunda Guerra Mundial, fue la Investigación Operativa. Desde ese momento, se han desarrollado técnicas que permitan una modelación certera, en este sentido, la simulación ha sido una de las herramientas que más beneficios ha reportado, especialmente en ámbitos civiles.

⁴ "Trabajo de Titulación presentado en conformidad a los requisitos para obtener el título de Ingeniero Civil Industrial", "Aplicación De Simulación Discreta Para Un Sistema De Logística Militar Basado En Casos Históricos De La Segunda Guerra Mundial"



Dentro de las principales ventajas que presenta la simulación, es que permite analizar el sistema real bajo distintos escenarios y ver cómo sería el comportamiento de los indicadores de desempeño, expuesto a distintas condiciones propuestas. La simulación aun no siendo una herramienta optimizante, permite proponer mejoras que puedan estar cada vez más cercanas al óptimo.

En este trabajo de investigación, se utiliza la simulación discreta para la propuesta de modelos computacionales, que permitan dar soporte a distintos sistemas de logística militar bajo una serie de escenarios. La simulación discreta, permitirá reducir la alta incertidumbre existente ante diversos ambientes complejos que puedan presentarse en ámbitos castrenses, ya sean de desastre, catástrofe, ayuda humanitaria o misiones de paz. Ya desde la época de Napoleón se consideraba a la logística militar como el tercer pilar fundamental del arte de la guerra, complementada con la estrategia y la táctica.

Según expertos, el desenlace final de la batalla podría explicarse en un setenta por ciento por el rendimiento de los sistemas logísticos.

Dentro de los principales objetivos de este trabajo, se encuentra la propuesta del desarrollo de modelos de combate, estudiadas desde un enfoque v discreto. Para dichos efectos, se utilizan las ecuaciones diferenciales propuestas por Lanchester (1916).



La información utilizada, se basa principalmente en datos recopilados desde textos referentes a la 2GM. En esta investigación se hace el análisis de la Segunda Batalla de El Alamein, ocurrida en el Norte de África, utilizando las ecuaciones de Lanchester, con las que se busca mostrar cuál hubiera sido el tamaño de las fuerzas bajo ciertos escenarios.

Para finalizar esta investigación, se proponen tres modelos de logística militar, los que abarcan las áreas de abastecimiento de combustible, logística médica y logística de mantenimiento y recuperación. De este trabajo se concluye que la simulación discreta puede ser de gran ayuda al momento de evaluar el rendimiento de un determinado sistema de logística militar, sujeto a ciertas circunstancias y políticas adoptadas. Con motivos de realizar la simulación, para la modelación y posterior análisis de resultados.

CONCLUSIONES.

La generación de modelos que permitan representar sistemas, ha sido una de las principales áreas de investigación de las instituciones, tanto civiles como militares. La finalidad de éstos es dar apoyo a la toma de decisiones, es por este motivo que para los Ejércitos es tan importante la creación de modelos que permitan eliminar el alto grado de incertidumbre ante situaciones de desastre.



Se puede afirmar que la cuna de la creación de modelos, nace a partir de la Segunda Guerra Mundial, en donde queda demostrada la importancia de la modelación para abordar un determinado sistema. Fue en ese entonces que nació la llamada Investigación de Operaciones, la que permitió que tras investigaciones conjuntas entre el Ejército Británico y de Estados Unidos, se pudieran generar modelos que a la larga serían decisivos para el desenlace final de la guerra. Sólo tras estas investigaciones, los Aliados fueron capaces de frenar el imparable poderío táctico alemán.

La sociedad civil ha sabido adecuar las herramientas generadas en ámbitos militares, tanto así que luego de tres años de terminada la Segunda Guerra Mundial, el MIT comenzó a impartir el primer curso de Investigación de Operaciones, luego de que Dantzig desarrollara los primeros modelos de programación lineal.

El avance que ha tenido el ámbito civil en algunas áreas de la logística debe ser aprovechado por las instituciones militares, estas deben adaptar las herramientas civiles a planos militares para así desarrollar sistemas de logística militar más eficaces y eficientes. En este sentido, dentro de las áreas de estudio más avanzadas que presentan las organizaciones civiles es la gestión de la cadena de suministro, que tal como se vio en esta investigación, presenta marcadas similitudes con la cadena de abastecimiento que poseen las organizaciones militares.



SEGÚN Msc. Isaac Huertas Forero, Ing. Mario Ramón Verástegui, Laura Catalina Morales Parra, Lorena Castro Ariza⁵

RESUMEN

En el siguiente trabajo, se observa el proceso productivo de la mandarina y la rentabilidad que su producción, comercialización y distribución genera en la zona de Cundinamarca.

Se seleccionó la mandarina debido a su gran facilidad para el cultivo y su popularidad en el departamento de Cundinamarca.

En Colombia existen más de 20 clases de mandarina con sus respectivas derivaciones, para el estudio se escogió la variedad Clementina.

Esta investigación va encaminada al estudio de su cadena productiva, simulando la misma con un modelo dinámico, estableciendo la utilidad que representa cultivar 15 hectáreas del producto.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos demuestran que las condiciones climáticas que posee la región de Cundinamarca son favorables para la producción de cítricos y en especial la variedad de mandarina Clementina.

⁵ Modelo de dinámica de sistemas para el proceso de producción de la mandarina. 9º Encuentro Colombiano de Dinámica de Sistemas 14 al 16 de septiembre del 2011 Universidad Colegio Mayor de Nuestra Señora del Rosario



El desarrollar un modelo donde se pueden efectuar cambios a conveniencia sobre cualquiera de las variables que afecten la producción, en éste caso de la mandarina, permite visualizar a futuro las posibilidades de pérdidas o ganancias para los agricultores de la zona.

En el modelo dinámico se observa que la rentabilidad incrementa a través del tiempo, lo cual sugiere continuar con el cultivo y producción de la mandarina en esta zona en condiciones favorables de clima, suelo, terreno (hectáreas), entre otras.

Según Miriam E. Álvarez – Ricardo M. García⁶

LA SIMULACIÓN Y SU EFECTO EN LA INDUSTRIA

Para una compañía industrial, el invertir en el desarrollo e implementación de un sistema de simulación es sumamente beneficioso, ya que los efectos que se generan, permiten manejar el espacio global de la fábrica dentro de un ambiente permisible a modificaciones y cambios, y sin incurrir en gastos cuantiosos de dinero y de tiempo.

Debido a que el objeto de estudio se centra en el estudio de la Simulación con énfasis en la aplicación de técnicas de Computer Aided Engeeniering, se mencionan algunos campos de aplicación en los que este tipo de sistemas son beneficiosos:

⁶ <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/621/1/Tesis.pdf>



En el entrenamiento

Utilizando el simulador aplicado como un sistema CAE en una planta de producción y ejecutándolo en modo offline (fuera de línea), es posible utilizarlo como una herramienta de entrenamiento para el personal involucrado en la supervisión e inspección del proceso productivo.

En el diseño

Debido a la funcionalidad de una aplicación de este tipo, es factible, a partir de ensayos de información de producción, proyectar el diseño de nuevos equipos y maquinaria en una unidad operativa de proceso.

En la planificación de cambios y en la búsqueda de problemas

Mediante el análisis de información de cada unidad de proceso es posible, identificar probables problemas de diseño e inclusive planificar cambios para solucionarlos.

En el control y pronosticación de la producción

Al mantenerse un modelo que solucione el proceso de producción, es posible a partir del manejo de variables, constantes y particularidades del ciclo de producción, proyectar los volúmenes de producción y de pérdidas en un periodo establecido.



En la toma de decisiones

Con un banco de información generada a través de la experimentación y apoyada en corridas del sistema con datos reales, es posible, proporcionar a la dirección de una herramienta confiable para la toma de decisiones empresariales.

MARCO DE REFERENCIA

- a) **SIMULACIÓN POR ORDENADOR**⁷. - La simulación por ordenador se refiere a unos métodos para estudiar los modelos de los sistemas reales mediante una evaluación numérica usando un software designado para imitar las características y operaciones del sistema. Desde un punto de vista práctico la simulación es el proceso de diseñar y crear un modelo computarizado de un sistema real propuesto para llevar a cabo experimentos numéricos, que nos proporcionarán un mejor entendimiento del comportamiento del sistema para unas condiciones dadas. Aunque se puede utilizar para estudiar sistemas simples, el verdadero poder de esta técnica se aplica en el estudio de los sistemas complejos.
- b) Según Kelton, Sadowski & Sadowski (2008), la simulación *"es una amplia colección de métodos y aplicaciones, que permiten imitar el comportamiento de un sistema real. La simulación, puede ser un término extremadamente general, que se aplica en muchos campos, industrias y otras aplicaciones.*
- c) Carson, define a un modelo de simulación como *"un modelo descriptivo de un proceso o sistema, que usualmente incluye parámetros para representar*

⁷ <http://optimizacion.blogspot.com/2006/07/1-technicas-de-simulacion-introduccion.html>



diferentes configuraciones del sistema o proceso". Además, dice que la simulación puede ser usada para experimentar, evaluar y comparar muchos escenarios alternativos. Los resultados que entrega son la predicción del rendimiento e Identificación de los problemas del sistema.

- d) De acuerdo a Law y Kelton, existen diversas formas de abordar un modelo, ya sea trabajándolo de forma física, o mediante un modelo matemático, cuya solución puede buscarse a través de la simulación o mediante una solución analítica. Los autores anteriormente nombrados, presentan una formalización del proceso de decisión del modelo y el tipo de experimentación que se escogerá.
- e) Law y Kelton (2000), plantean una serie de pasos o estructura básica a seguir para realizar un completo y ordenado estudio de simulación. Las fases propuestas van desde el reconocimiento y formulación del problema, hasta la final presentación de los resultados obtenidos. Los pasos que estos autores plantean son los siguientes:

1. Comprensión del sistema real y planteamiento claro de los objetivos del estudio.
2. Recogida de datos y formulación del modelo conceptual.
3. Creación del programa utilizando el software adecuado.
4. Verificación del programa: ¿refleja realmente el modelo conceptual deseado?
5. Validación del modelo: ¿el modelo representa fielmente el sistema real?.
6. Experimentación.



7. Análisis de los resultados de la simulación.

8. Presentación de las conclusiones del estudio.

Clasificaciones de la Simulación

f) Según Kelton, Sadowski y Sadowski. 2007

Estático Vs Dinámico: En un modelo estático, el estado del sistema, es invariable en el tiempo, por ejemplo la decisión entre comprar un automóvil u otro, o en la mayoría de las teorías de juego. En cambio en un modelo dinámico, el estado del sistema irá modificándose de acuerdo al tiempo, es decir, si se toma una foto al sistema en distintos tiempos, el estado de éste, debiera ser diferente. El caso dinámico es el más visto en el día a día, se aprecia en centros de salud, instituciones bancarias, fábricas manufactureras, etc.

Continuo Vs Discreto: En un modelo continuo el estado del sistema puede ir variando en cada unidad de tiempo. Ejemplo de esto es el consumo de combustible de un vehículo, el cual se consumirá continuamente. En el caso discreto, los cambios en el estado del sistema, se realizan en puntos determinados del tiempo, siendo el ejemplo más típico, las llegadas de un cliente a un cajero, el cual a su vez también tendrá un tiempo de atención discreto.

Determinista Vs Estocástico: El determinista no presentará entradas aleatorias en el sistema. En el caso estocástico, un ejemplo claro puede verse en que el tiempo de llegadas de un enfermo al hospital no es constante, tampoco lo es el tiempo de atención, es decir, estos tiempos

seguirán el comportamiento que podrá ser definido generalmente mediante una distribución de probabilidad.

g) Definición y características de software ProModel⁸

Definición:

ProModel es un simulador con animación para computadoras personales. Permite simular cualquier tipo de sistemas de manufactura, logística, manejo de materiales, etc. Puedes simular bandas de transporte, grúas viajeras, ensamble, corte, talleres, logística, etc.

Características

ProModel es un paquete de simulación que no requiere programación, aunque sí lo permite. Corre en equipos 486 en adelante y utiliza la plataforma Windows®. Tiene la combinación perfecta entre facilidad de uso y flexibilidad para aplicaciones complejas.

Puedes simular Justo a Tiempo, Teoría de Restricciones, Sistemas de Empujar, Jalar, Logística, etc. Prácticamente, cualquier sistema puede ser modelado.

Una vez hecho el modelo, éste puede ser optimizado para encontrar los valores óptimos de los parámetros claves del modelo. Algunos ejemplos incluyen determinar la mejor combinación de factores para maximizar producción minimizando costo, minimizar el número de camiones sin penzliar el servicio, etc.

⁸ <http://lenguajesimuladores.blogspot.com/2010/04/promodel.html>



CAPITULO III MATERIALES Y METODOS

MÉTODOS

- **MÉTODO.-** El presente estudio es una investigación de tipo ex post facto, en tanto no es posible la manipulación de las variables independientes, por lo que tenemos que observar los fenómenos tal como dieron en el contexto natural, después analizar y general el modelo de simulación.

TECNICAS

.1) **TÉCNICA DE MUESTREO.-** Esta investigación limita su ámbito a la asociación PROMANGO, que cuenta con 26 socios⁹ vigentes en el periodo en estudio definido, haciendo uso de una muestra estratificado, el proceso de muestreo utilizado permitirá inferencias estadísticas, sobre el marco planteado; para un nivel de significancia del 95% y un error de precisión provenientes de un sondeo piloto, antes de realizar los cálculos correspondientes vale tener en cuenta las siguientes precisiones:

- Según las estadísticas La asociación Promangocuenta con 26 socios, que representan el 30 % de la producción nacional, que están ubicadas en las regiones de Piura y Lambayeque, según reporte de la asociación Promango..

Donde:

N= Total de población en estudio: 26 empresas de la asociación Promango.

N=Tamaño de muestra

⁹ <http://www.promango.org/>



Z=valor tabular para (formula)

p=tasa de prevalencia del objeto en estudio = 0,5

q=(1-p)=0,5

e= error de precisión=0,1

Para estimaciones

$$n = \frac{Z^2 p q n}{n e^2 + p q Z^2} = \frac{(1.96)^2 (0.5)(0.5)(26)}{26(0.1)^2 + (0.5)(0.5)(1.96)^2}$$

n= 20.46

Por lo tanto, nuestra muestra final será 20 empresas

Como esta investigación busca determinar una metodología de simulación que ayude a los estudiantes de la FIIS-UNAC, Se buscara los procedimientos y estándares requeridos para modelar y simular el proceso de fabricación de pulpa de mago congelado.

Se efectuara la revisión de investigación, trabajos relacionados al tema específico, recopilando información bibliografía de los textos referidos al tema indicado en las referencias, analizando conceptos y definiendo un sistema para la correspondiente evaluación con los datos estadísticos, obtenidos de diversos estudios de tiempos y movimientos y distribuciones de fábricas parecidas.



2) COBERTURA DE ESTUDIO.-

- Delimitación Espacial: Regiones la Piura y Lambayeque
- Delimitación temporal : Años 2012-2013
- Colaboradores: Docentes FIIS- UNAC , investigadores FIIS - UNAC

• DETERMINACIÓN DE VARIABLES

(1) VARIABLES INDEPENDIENTE GENERAL

(a) VARIABLE INDEPENDIENTE GENERAL (VIG).- Software ProModel.

(i) DEFINICIÓN CONCEPTUAL.- ProModel es un simulador con animación para computadoras personales. Permite simular procesos productivos y que requiere datos específicos, para su óptimo funcionamiento.

(2) VARIABLE DEPENDIENTES

(a) VARIABLE DEPENDIENTE GENERAL (VDG).- modelo de simulación en ProModel del proceso productivo de una empresa que elabora pulpa de mango congelado

(i) DEFINICIÓN CONCEPTUAL.- Es la proceso que se sigue desde el momento que se plantea la simulación hasta el momento en que se desarrolla el software en ProModel.

(b) VARIABLE DEPENDIENTE ESPECIFICO (VD1).- proceso para modelar en una empresa que elabora pulpa de mango congelado

- (i) DEFINICIÓN CONCEPTUAL.- Es la proceso que se sigue desde el momento que se plantea la simulación hasta que se obtiene un plan de trabajo de la simulación.
- (c) VARIABLE DEPENDIENTE ESPECIFICO (VD2).- Datos técnicos necesarios, en el proceso para modelar en ProModel en una empresa que elabora pulpa de mango congelado,
- (i) DEFINICIÓN CONCEPTUAL.- Es la proceso que se sigue desde el momento obtiene un plan de trabajo de la simulación, hasta el momento que se recoge los datos técnicos necesarios para la simulación y concuerden con los datos solicitados por el software de ProModel.
- (d) VARIABLE DEPENDIENTE ESPECIFICO (VD3).- Modelo de simulación en ProModel, de una empresa que elabora pulpa de mango congelado
- (i) DEFINICIÓN CONCEPTUAL.- Es la proceso que se sigue desde el momento que se recoge los datos técnicos necesarios, hasta tener el modelo de simulación funcionando en Promodel.

Obtención, procedimiento y procesamiento de datos

PROCEDIMIENTO

- Paso 1. Describir el proceso de elaboración de la pulpa de mango congelado
- Paso 2. Elaborar su diagrama de operaciones matricial
- Paso 3. Determinar la velocidad de producción de cada estaciones.
- Paso 4. Determinar las distribuciones probabilísticas de cada una de las estaciones
- Paso 5. Generar la distribución de planta
- Paso 6. Determinar las maquinas necesarias en el proceso de elaboración de pulpa de mango congelado.
- Paso 7. Convertir los datos reales y distribuciones a datos que se puedan ingresar en el software ProModel
- Paso 8. Generar el modelo en software ProModel

PROCESAMIENTO DE DATOS

PROCEDIMIENTO

- Paso 1. Describir el proceso de elaboración de la pulpa de mango congelado
 - El proceso con la llegada de camión a las empresa a las 8:00 am, trayendo 1500 kg de mangos, los cuales son almacenados.-El obrero que descarga transporta e jabas de 50 kilos cada uno, y el tiempo



promedio de descargar y llevara almacén una jaba es de 50 kg y retornar es de 6 minutos.

- Después es transportado hacia la mesa de trabajo, cada 5 min llevando 300 kilos de mango.
- La mesa de trabajo inspección y selección manual, procesa 50 kilos cada 10 minutos.
- Después se completan 200 kilos de mango seleccionado, son transportados hasta el equipo de lavado de rodillos, demorando este transporte 5 minutos.
- La capacidad de la lavadora de rodillos, es de 200 kilos de mango y lo realiza en un lapso de 12 minutos,
- Después de la lavadora de rodillos, los 200 kilos son transportados, hacia la marmita eléctrica, que tiene la característica de sacar la cascara, previo corte transversal al mango, el transporte demora 5 minutos.
- La marmita eléctrica hace el escaldado del mango, sacar cascara . La marmita eléctrica procesa 50 kg cada 15 minutos.
- Se transporte a la despulpadora, en bloques de 50 kilos cada 3 minutos,
- La despulpadora procesa 100 kilos cada 20 minutos.
- Después es transportado a la envasadora semi automática, 100 kilos cada 5 minutos
- Se envasa y sella el producto en bolsa de polietileno en bolsa de 1 kilos, demora 5 seg.



- Se transporta 300 kilos al cuarto congelado, este transporte demora 7 minutos.
- El cuarto de congelado una vez lleno, (300 kgs), demora en congelar 30 minutos.
- Después es llevado al almacena refrigerado , 300 kg cada 5 minutos el transporte
- En el almacén permanece 24 horas, hasta el día siguiente, para ser enviado al mercado.

Paso 2. Elaborar su diagrama de operaciones matricial.- Se elaboró su diagrama de operaciones, que es ver cuadro Nro 01.

Paso 3. Determinar la maquinas que se necesitan para el proceso de elaboración de mango congelado.

Las maquinas que se necesitan son:

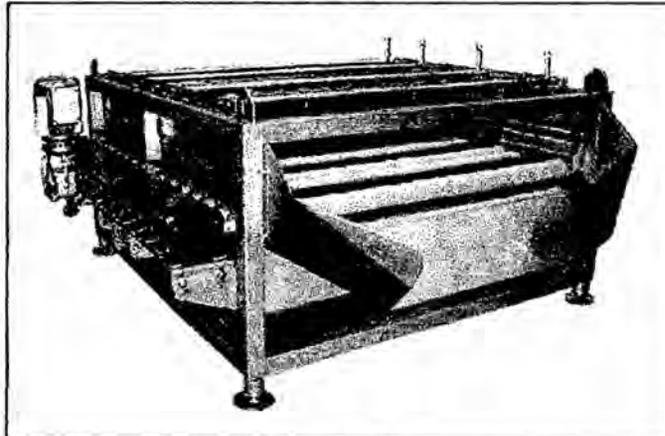
- Lavadora de rodillos¹⁰

La lavadora de fruta consiste en una mesa con ejes provistos de distintos recubrimientos (cepillos, donuts) que provocan el desplazamiento de la fruta debajo de tres tipos de aplicadores. El primer aplicador dispensa una mezcla de agua y jabón. El siguiente aplicador, provisto de boquillas, suministra agua limpia que aclara los frutos que mientras tanto han sido cepillados por los rodillos inferiores. El tercer aplicador insufla aire sobre los frutos que son desplazados por ejes con aros de látex ("donuts"). La superficie del látex, tipo esponja, escurre la fruta

¹⁰ <http://www.horticom.com/empresas/p/lavadora-de-fruta/tecnovill-s-l/9372/37281>

por fricción y este trabajo se completa con el aire que aplican los ventiladores superiores. Un conjunto de rodillos de acero situado por debajo escurre los rodillos de látex , ver imagen Nro 01

IMAGEN NRO. 01
Lavadora de Rodillos



Fuente:¹¹

- Marmita eléctrica

En las marmitas inter usted podrá preparar gran variedad de guisados en volúmenes elevados. Gracias a sus 2/3 de chaqueta de vapor tienen una superficie de calentamiento más amplia que una olla normal y al no ser a fuego directo evita que los alimentos se quemen o peguen excesivamente. La mayor parte del calor se utiliza para el cocimiento, además son fáciles de limpiar, ver Imagen Nro. 02.

- Despulpadora

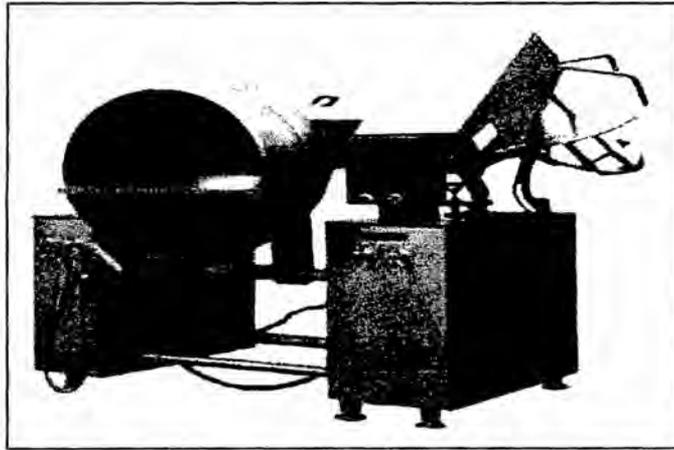
Módulo de sistema continuo, diseñado para la separación de pepas, fibras de la pulpa de frutas en general, tales como mango, piña, aguaje, maracuyá, palta, lúcuma, camu,

¹¹ <http://www.logismarket.com.mx/vm/lavadora-transversal-de-frutas-y-verduras/1753783069-1324944326-p.html>



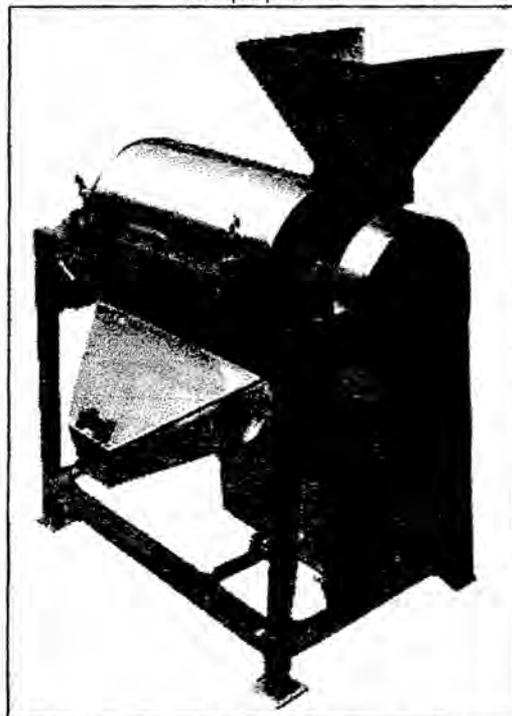
cocona, etc. El módulo despulpador, tiene la función de despulpar y refinar, Imagen Nro. 03.

IMAGEN NRO. 02
Marmita Eléctrica



Fuente:¹²

IMAGEN NRO. 03
Despulpadora



Fuente:¹³

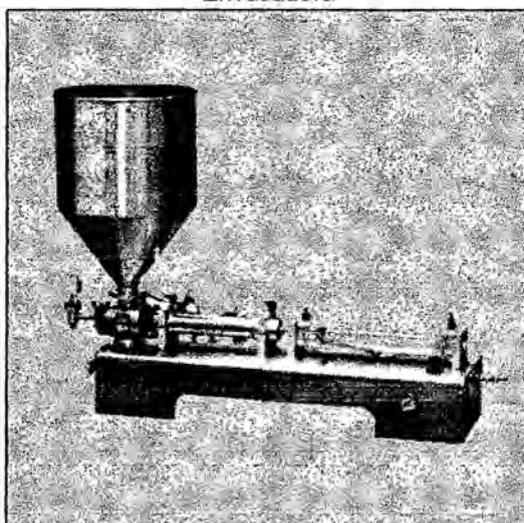
¹² <http://www.preciolandia.com/co/vendo-marmita-de-volteo-para-vapor-6nn6yx-a.html>

¹³

- Envasadora

La envasadora Automática L-200S ha sido desarrollada para todos aquellos productos que se deseen envasar en materiales termo soldables, con dosificación por tornillo sin fin, ver Imagen Nro. 04.

IMAGEN NRO. 04
Envasadora



Fuente:¹⁴

- Congeladora

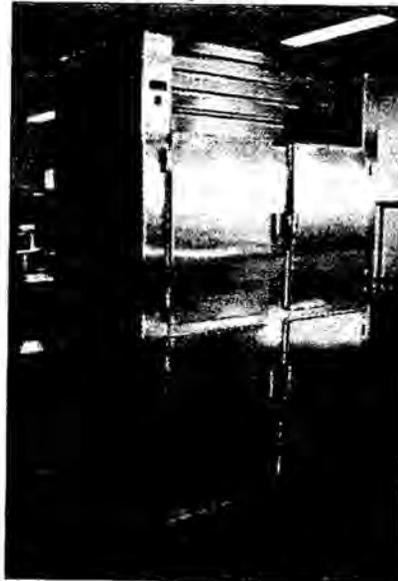
Un congelador, es un equipo de refrigeración que comprende un compartimento aislado térmicamente y un sistema frigorífico, bien sea por compresión o por absorción, el cual es capaz de mantener los productos almacenados en su interior a una temperatura bajo 0 °C, normalmente entre -30 °C y -4 °C.

¹⁴ <http://spanish.alibaba.com/product-gs/new-type-full-stainless-fruit-pulper-fruit-pulping-machine-727031613.html>

A handwritten signature or mark in black ink, located in the bottom left corner of the page. It consists of several loops and strokes, resembling a stylized name or initials.

Los congeladores son ampliamente utilizados para almacenar los alimentos y otros productos por largos periodos en estado de congelación y a una temperatura de régimen establecida. La finalidad del congelado es cesar la actividad enzimática propia de todo alimento y evitar, así, su descomposición o alteración en sus propiedades organolépticas, perdiendo así su calidad. Ese cese de actividad enzimática se produce a los $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$. No obstante lo anterior, la mayoría de los congeladores operan alrededor de los $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$, donde la actividad enzimática es extremadamente lenta; debido a esto es que no se pueden mantener indefinidamente los alimentos a dicha temperatura, ver Imagen Nro. 05

IMAGEN NRO. 05
Congeladora



Fuente:¹⁵

¹⁵ <http://www.solostocks.com.co/venta-productos/equipamientos-hoteles-restaurantes/otros-articulos-hoteles-restaurantes/congelador-linea-industrial-por-plaquero-en-acero-430-inoxidable-con-puertas-solidas-actvpl-272-4-sspl-701523>



- iso 4. Determinar la velocidad de producción de cada estación.
- Velocidad de producción de descargar la jabas del camión hasta el almacén, es de 50 kilos/ 6 minutos
 - Velocidad de producción del almacén a la mesa de trabajo = 300 kilos/ hora.
 - Velocidad de producción de la mesa de trabajo inspección y selección manual = 50 kilos/ 20 minutos
 - Velocidad de transporte de mesa a trabajo a lavadora de rodillos= 200 kg/ 5 minutos
 - Velocidad de producción de lavadora de rodillos = 200 kilos/ 12 minutos.
 - Velocidad de transporte de lavadora de rodillos hacia la marmita eléctrica= 200 kilos/ 5 minutos.
 - Velocidad de producción de marmita eléctrica es de 50 kg/ 15 minutos.
 - Velocidad de transporte hacia la despulpadora= 50 kg./3 minutos.
 - Velocidad de producción de la despulpadora es de 100 kg/ 20 minutos.
 - Velocidad de transporte a la envasadora= 100 kg/ 5 minutos
 - Velocidad de producción de envasado y sellado = 4 kilos/ 5 segundos.
 - Velocidad de transporte al cuarto congelado es de 250 kg/ 7 minutos.



- Velocidad del cuarto congelado= 250 kg/ 30 minutos.
- Velocidad de transporte del cuarto congelado hacia almacén refrigerado 250 kg/ 5 minutos.

Paso 5. Proceso para elaborar un modelo de simulación en ProModel

- 1) Crear modelo
- 2) Construir gráficos de Background
- 3) Construir las locaciones (Locations) donde se ejecutará el trabajo
- 4) Adicionar entidades
- 5) ARRIBOS= ARRIVALS
- 6) PROGRAMAR
- 7) EJECUTAR SIMULACION

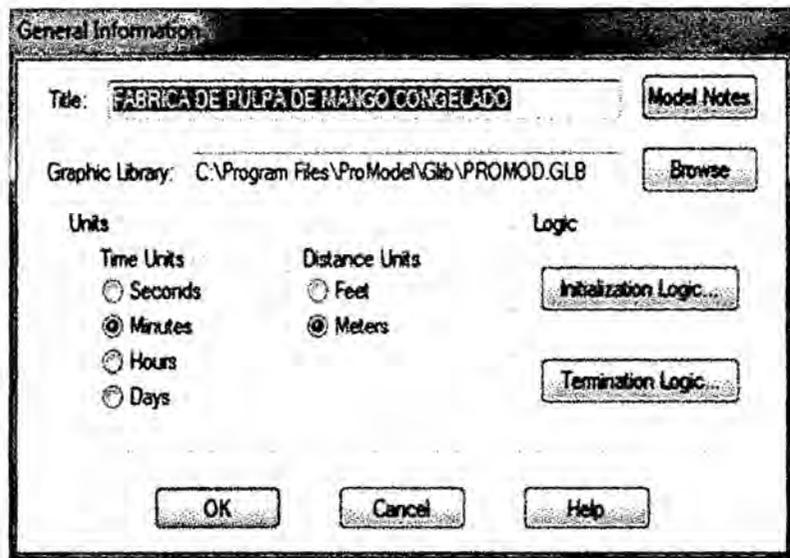
Paso 6. Crear modelo en ProModel.

En esta parte lo que hacemos es ingresar al software ProModel, y crear las características básicas de inicio de la programación y esta es, el nombre del modelo de simulación, la unidad de medida de tiempo: minutos y la unidad de medida de tiempo metros, ver Imagen Nro. 06.

Paso 7. Generar la distribución de planta (Construir gráficos de Background).

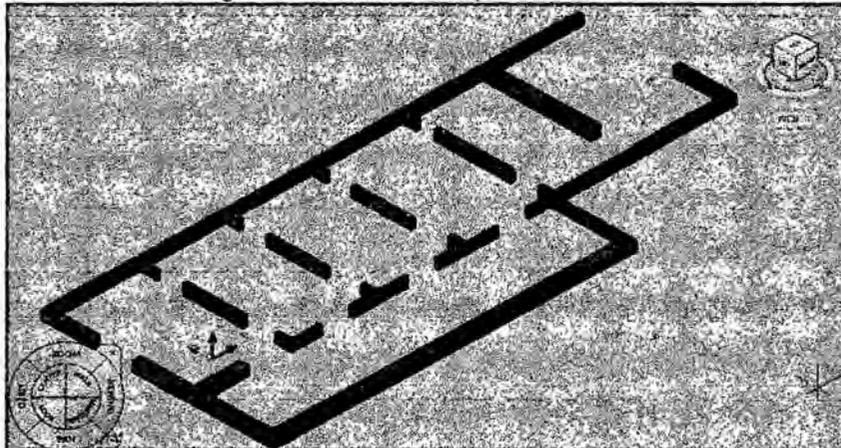
- Para simular la elaboración de pulpa de mango congelado, es necesario generar la distribución de planta, para ello, se ha elaborado una distribución de planta en AutoCAD, que es la siguiente: ver Imagen Nro. 07.

IMAGEN NRO. 06
Cuadro dialogo de información general



Fuente: propia

IMAGEN NRO. 07
Imagen de distribución de planta en Autocad



Fuente propia

Paso 8. Ubicar las maquinas en el sistema de ProModel.

Esto se realiza a través de menú/ locations, generando la siguiente información: ver Imagen Nro. 08

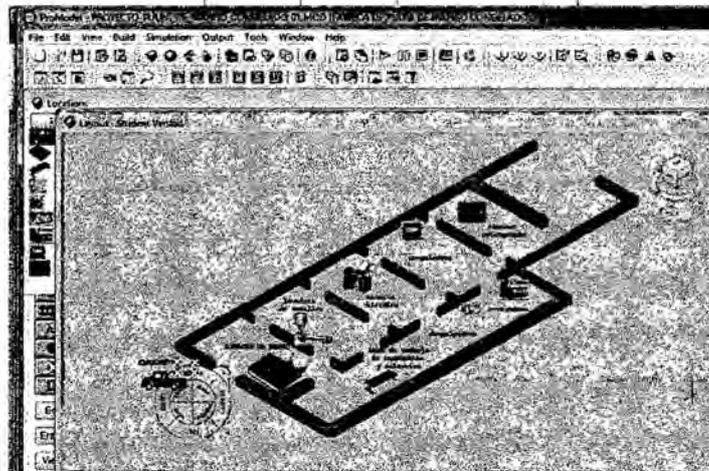
IMAGEN NRO. 08

Programación de las locaciones en Promodel

```

*****
Locations
*****
Name          Cap  Units  Stats      Rules      Cost
-----
CAMIONETA      2000  1      Time Series oldest, ,
ALMACEN_DE_MANGO  2000  1      Time Series oldest, ,
mesa_de_trabajo_de_inspeccion_  50  1      Time Series oldest, ,
lavadora_de_rodillos  200  1      Time Series oldest, ,
marmita_electrica  50  1      Time Series oldest, ,
despulpadora   100  1      Time Series oldest, ,
envasadora     4  1      Time Series oldest, ,
congeladora    300  1      Time Series oldest, ,
almacen_refrigerado  10000 1      Time Series oldest, ,
    
```

| Icon | Name | Cap. | Units | DTs | Stats | Rules |
|------|---------------------------------------|-------|-------|------|-------------|--------|
| | CAMIONETA | 2000 | 1 | None | Time Series | Oldest |
| | ALMACEN_DE_MANGO | 2000 | 1 | None | Time Series | Oldest |
| | mesa_de_trabajo_de_inspeccion_y_selec | 50 | 1 | None | Time Series | Oldest |
| | lavadora_de_rodillos | 200 | 1 | None | Time Series | Oldest |
| | marmita_electrica | 50 | 1 | None | Time Series | Oldest |
| | despulpadora | 100 | 1 | None | Time Series | Oldest |
| | envasadora | 4 | 1 | None | Time Series | Oldest |
| | congeladora | 300 | 1 | None | Time Series | Oldest |
| | almacen_refrigerado | 10000 | 1 | None | Time Series | Oldest |



Fuente: propia

Paso 9. Agregar entidades

Las entidades es la materia prima, que pasa a través de las distintas maquinas, hasta convertirse en producto terminado, en este caso es la caja_de_mango_11,mango que llega en el camión, la caja_de_mango_2, que es lo que sale de la lavadora de rodillos, y la bolsa de mangos de 4 kg, y los datos técnicos son : ver Imagen Nro. 09

IMAGEN NRO. 09
Cuadro de dialogo de entidades ProModel

| Icon | Name | Speed (mph) | State |
|------|-----------------|-------------|-------------|
| | BOLSA_DE_MANGO | 50 | Time Series |
| | CAJA_DE_MANGO_2 | 50 | Time Series |
| | CAJA_DE_MANGO_1 | 50 | Time Series |

Fuente: propia

Paso 10. Arribos (Arrivas)

En este caso los arribos, es la cantidad de materia prima (jaba de mangos), que llega a través de camión al almacén, y al programarlo se observa la siguiente, en ProModel. Ver Imagen Nro. 10

IMAGEN NRO. 03
Formulario de Arribos

| Entity... | Location... | Qty Each... | First Inv... | Occurrences | Frequency | Logic... | Enable |
|-----------------|-------------|-------------|--------------|-------------|-----------|----------|--------|
| CAJA_DE_MANGO_1 | CAMIONETA | 50 | 0 | 30 | 6 min | | No |
| | | | | | | | |

Fuente: propia

Paso 11. Programar en ProModel

En esta parte tenemos que programar cada una de las actividades, y se muestra de la siguiente manera: ver Imagen Nro. 11.

Imagen Nro. 11
Programación en ProModel

Processing

| Process | | | Routing | | | | |
|-----------------|-------------------------------|-------------------------------------|---------|-----------------|---------------------------------|---------|-------------------|
| Entity | Location | Operation | Slk | Output | Destination | Rule | Move Logic |
| CAJA_DE_MANGO_1 | CANTONETA | WAIT 0 accum 300 | 1 | CAJA_DE_MANGO_1 | ALMACEN_DE_MANGO | FIRST 1 | MOVE FOR 3.6 sec |
| CAJA_DE_MANGO_1 | ALMACEN_DE_MANGO | | 1 | CAJA_DE_MANGO_1 | mesa_de_trabajo_de_inspeccion_1 | FIRST 1 | MOVE FOR 1 sec |
| CAJA_DE_MANGO_1 | mesa_de_trabajo_de_inspeccion | accum 50 WAIT 24 sec accum 50 | | | | | |
| CAJA_DE_MANGO_2 | lavadora_de_rodillos | accum 200 WAIT 3.6 sec accum 200 | 1 | CAJA_DE_MANGO_2 | lavadora_de_rodillos | FIRST 1 | move for 6 sec |
| CAJA_DE_MANGO_2 | marmita_eletrica | accum 50 WAIT 18 sec accum 50 | 1 | CAJA_DE_MANGO_2 | marmita_eletrica | FIRST 1 | MOVE FOR 1.5 sec |
| CAJA_DE_MANGO_2 | despulpadora | accum 100 WAIT 12 sec accum 4 | 1 | CAJA_DE_MANGO_2 | despulpadora | FIRST 1 | MOVE FOR 3.6 sec |
| CAJA_DE_MANGO_2 | envasadora | accum 4 WAIT 5 sec | 1 | CAJA_DE_MANGO_2 | envasadora | FIRST 1 | MOVE FOR 3 sec |
| BOLSA_DE_MANGO | congeladora | ACCUM 300 WAIT 7.2 sec accum 300 | 1 | BOLSA_DE_MANGO | congeladora | FIRST 1 | MOVE FOR 1.68 sec |
| BOLSA_DE_MANGO | almacen_refrigerado | WAIT 8 HR | 1 | BOLSA_DE_MANGO | almacen_refrigerado | FIRST 1 | MOVE FOR 1.2 sec |
| | | | 1 | BOLSA_DE_MANGO | EXIT | FIRST 1 | |

The screenshot shows the ProModel software interface. On the left, there is a 'Process' table with columns for Entity, Location, and Operation. Below it is an 'Entity' list containing 'BOLSA_DE_MANGO', 'CAJA_DE_MANGO_2', and 'CAJA_DE_MANGO_1'. On the right, there is a 'Routing' table for 'CAJA_DE_MANGO_2' with columns for Slk, Output, Destination, Rule, and Move Logic. The main area of the interface displays a 3D perspective view of a factory floor with various workstations and equipment.

Fuente: propia

CAPITULO IV RESULTADOS

Del presente trabajo se desprende los siguientes resultados:

- Existe un gran distancia entre la realidad empresarial, el diagrama de operaciones (DOP) y los requerimientos de ProModel, pro que no concuerdas directamente, la forma de cómo se presentan en la realidad, con los requerimientos solicitados por el ProModel.
- Uno de estas diferencias es básicamente, pero la diferencia está en las palabras técnicas, como por ejemplo "locaciones", que equivale a decir maquinas t/o estaciones.
- Otro elemento sustancial es el de por ejemplo, cada operario trabaja una caja de mangos de 50 Kilos, en 20 minutos (1200 seg), en la vida real, pero ProModel solicita la información de Kilos por minutos, esto se puede realizar, dividiendo 50 kilos, entre 1200 segundos,, es decir se procesa a una velocidad de 24 segundos por kilo.- Pero para la siguiente estación no lo pasamos de kilo en kilo, si no lo transportamos por grupo d e50 kilos, por eso es necesario aplicar un acumulador, y de esa manera simulamos nuestra realidad a través de software ProModel.
- Se logró determinar la metodología mediante la cual se puede hacer un modelamiento en ProModel, esta es la siguiente:
 - 1) Crear modelo
 - 2) Construir gráficos de Background
 - 3) Construir las locaciones (Locations) donde se ejecutará el trabajo
 - 4) Adicionar entidades
 - 5) ARRIBOS= ARRIVALS

6) PROGRAMAR

- Se observa el modelamiento de sistemas reales de producción, tiene sus peculiaridades, porque existen datos como por ejemplo, la llegada de los 1500 kilos de mango, del mercado, hay que programarlo en los arribos como 30 ocurrencias de 50 kilos, por ocurrencia.- Términos más técnicos y que pocos lo conocen, aunque una vez que se conoce el fundamento es fácil de trabajar.
- Otro elemento entre comillas "difícil de entender" es el concepto de "Entitys", o entidades, que no es sino la materia prima, desde el momento que ingresa a la empresa, hasta que la materia prima sale como producto terminado.
- Otra dificultad de hacer modelamiento, por ejemplo es cuando una estación procesa 50 kilos, (mesa de trabajo de inspección y selección) y son trabajados en 10 minutos.- ProModel, pide que se dé el dato por un kilo en unidad de tiempo.- Para superar este problema tuvimos que al inicio de la operación hacer un acumulador de 50 Kilos, (llega 50 Kilos), después dividir los 1200 segundos (20 minutos), entre 50 kilos, y de esa manera obtenemos los datos, como nos solicita el ProModel, en este caso es 24 segundos por kilo, y después debemos acumularlo de nuevo, para poder enviar en grupo a la siguiente estación.
- Se observó, que a la hora de realizar el transporte, entre estaciones, se puede programar directamente, sin mayores problemas, como sucedió en las estaciones de trabajo



CAPITULO V DISCUSIÓN

HIPÓTESIS ESPECÍFICA (H1): A través de software Promodel, se puede determinar el proceso para modelar en una empresa que elabora pulpa de mango congelado, en un modelo de simulación.

- Se logró establecer el proceso de elaborar la pulpa de mango congelado, y esto se observa en el cuadro Nro 11 .
- Se logró establecer el procedimiento para establecer el modelamiento de ProModel, y este procedimiento es:
 - Paso 01: Ccrear modelo
 - Paso 02: Construir gráficos de Background (distribución d eplanta)
 - Paso 03: Construir las locaciones (Locations) donde se ejecutará el trabajo
 - Paso 04: Adicionar entidades
 - Paso 05: ARRIBOS= ARRIVALS
 - Paso 06:PROGRAMAR

HIPÓTESIS ESPECÍFICA (H2): A través de software Promodel, se puede determinar los datos técnicos necesarios, en el proceso, para modelar en ProModel una empresa que elabora pulpa de mango congelado, en un modelo de simulación.

- Se logró demostrar, que cualquier sea la característica real del modelo, se puede convertir y transformar en datos técnicos en ProModel.
- Los datos técnicos encontrados en la realidad, como se lograron transformas al ProModel es: ver cuadro 02.

CUADRO NRO 02

| FABRICACION DE PULPA DE MANGO CONGELADO | | | | | |
|---|--|-------------------|--|------------|--|
| Nro | DESCRIPCIÓN DEL PROCESO | Parámetros Reales | | | ProModel |
| | | TIEMPO | MAQUINA | VOLUMEN | |
| 1 | Almacén de mango canasta (50 kg) | 0 | Camioneta | 2000 kg | Arribo 30 ocurrencias, de 50 kilos cada uno |
| 2 | Transporte de mango en canastas hasta la planta de procesamiento, utilizando carro montacargas | 5 min | transporte | 300 kg | Acumular 300 unidades 1 seg, que equivale a 300 segundos, que equivale a 5 minutos |
| 3 | Mesa de trabajo Inspección y selección manual del mago sobre la, eliminando aquello que se encuentra en mal estado | 10 min | Mesa de trabajo Inspección y selección | 50 kg | accum 50 WAIT 24 sec accum 50 |
| 4 | Transporte del mago por carrito transportador, hasta el equipo de lavado | 5 min | Carrito transportador | 200 kg | move for 6 sec |
| 5 | Lavado de mango, utilizando la maquina lavadora de rodillos. | 12 min | Lavadora de rodillos | 200 kg | accum 200 WAIT 3.6 sec accum 200 |
| 6 | Transporte de mango por carritos transportadores hasta la marmita eléctrica | 5 min | Carrito transportador | 200 kg | MOVE FOR 1.5 sec |
| 7 | Escaldado en marmita eléctrica | 15 min | Marmita eléctrica | 50 kg | accum 50 WAIT 18 sec accum 50 |
| 8 | Vaciado de la marmita eléctrica y alimentación de la despulpadora | 3 min | Despulpadora | 50 kg | MOVE FOR 3.6 sec |
| 9 | Refinado de la pulpa de mango utilizando la maquina despulpadora y tamiz menor | 20 min | Despulpadora | 100 kg | accum 100 WAIT 12 sec accum 4 |
| 10 | Transporte por carrito a envasadora semi automática | 5 min | Carrito transportador | 100 kg | MOVE FOR 3 sec |
| 11 | Envasadora y sellado en bolsas de polietileno de media | 5 seg | Envasadora | Bolsa 1 kg | accum 4 WAIT 5 sec |

A small, dark, handwritten mark or signature located in the bottom-left corner of the page. It consists of several overlapping, curved lines that form a roughly circular or oval shape with a tail extending downwards and to the right.

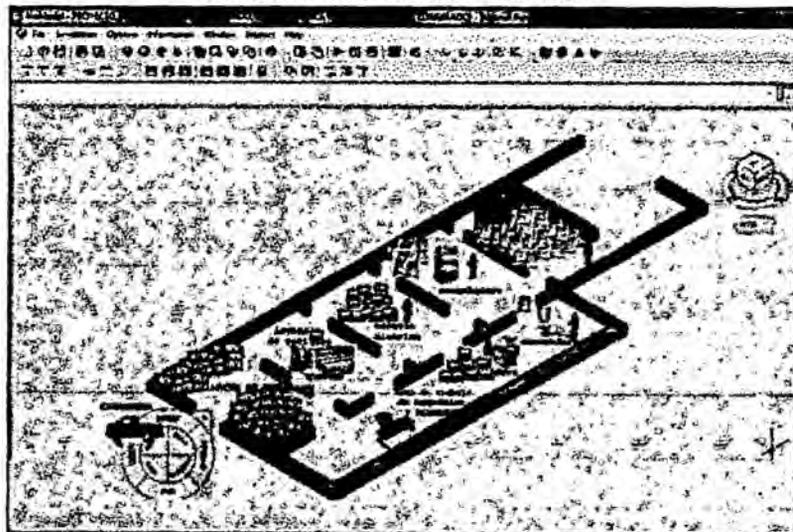
| | | | | | |
|----|---|-----------|---------------------|----------|----------------------------------|
| | densidad, utilizando envasadora semi automática | | | | |
| 12 | Transporte de la pulpa de mango en canastas a cuarto frio utilizando montacarga | 7 min | transporte | 300 kg | MOVE FOR 1.68 sec |
| 13 | Congelado en cuarto frio | 30 min | Congeladora | 300 kg | ACCUM 300 WAIT 7.2 sec accum 300 |
| 14 | Almacenamiento final en cuarto frio hasta despacho del producto terminado | 5 minutos | | | MOVE FOR 1.2 sec |
| 15 | Almacén refrigerado | 24 horas | Almacén refrigerado | 10000 kg | WAIT 8 HR |

Fuente: propia

HIPÓTESIS ESPECÍFICA (H3): A través de ProModel, se puede desarrollar, un modelo de simulación de una empresa que elabora pulpa de mango congelado

- Se logró crear el modelo de simulación en ProModel y prueba de ello es el software que se alcanza con esta investigación.

IMAGEN 12
Modelo de simulación en ProModel



Fuente :propia

HIPÓTESIS GENERAL (HG): "A través del software ProModel se puede elaborar un modelo de simulación del proceso productivo de una empresa que elabora pulpa de mango congelado".

- Al demostrar las hipótesis:
 - (H1): A través de software Promodel, se puede determinar el proceso para modelar en una empresa que elabora pulpa de mango congelado, en un modelo de simulación
 - (H2): A través de software Promodel, se puede determinar los datos técnicos necesarios, en el proceso para modelar en ProModel en una empresa que elabora pulpa de mango congelado, en un modelo de simulación.
 - (H3): A través de ProModel, se puede desarrollar, un modelo de simulación de una empresa que elabora pulpa de mango congelado.
- Logramos demostrar la hipótesis general.



REFERENCIAS

1. Handay A Taha, Investigación de Operaciones, sexta edición 1997
2. Goldratt Eliyahu, La Meta , Editorial Gramica, tercer reimpresión 2008. .
3. Eduardo García Dunna, Heriberte García Reyes, Leopoldo Eduardo Cárdenas Barrón, **Simulación y análisis de sistemas con ProModel - 1era Edición**
4. Luis Enrique Blanco Rivero. Simulación con ProModel Casos de Producción y logística, editorial escuela profesional de Ingeniería. 2009
5. Raúl Coss Bú, **Simulación: un enfoque práctico**, Editorial Limusa, 1998 - 158 pages
6. **MARÍA CONSTANZA CABRERA RIAÑO** Propuesta De Manual De Prácticas De Simulación De Sistemas Discretos Con Promodel®, Para El Desarrollo De Ejercicios Aplicados En Diferentes Asignaturas De La Carrera De Ingeniería Industrial En La Pontificia Universidad Javeriana, Trabajo De Grado Para Optar Por El Título De Ingeniero Industrial
7. David Andrés Muñoz Soto Trabajo de Titulación presentado en conformidad a los requisitos para obtener el título de Ingeniero Civil Industrial", "Aplicación De Simulación Discreta Para Un Sistema De Logística Militar Basado En Casos Históricos De La Segunda Guerra Mundial
8. Msc. Isaac Huertas Forero, Ing. Mario Ramón Verástegui, Laura Catalina Morales Parra, Lorena Castro Ariza Modelo de dinámica de sistemas para el proceso de producción de la mandarina, 9° Encuentro Colombiano de Dinámica de Sistemas 14 al 16 de septiembre del 2011 Universidad Colegio Mayor de Nuestra Señora del Rosario

APENDICE



Apéndice Nro. 01
Programación del modelo de simulación de una empresa que elabora pulpa de mango congelado

```
*****
*
*           Formatted Listing of Model:           *
* G:\investigacion callao\VALDIVIA\06 modelamiento en promodel\SOFTWARE DE MANGO\final
del proyecto\PROYECTO_PULPA_DE_MANGO_CONGELADO_04.MOD *
*
*****
```

Time Units: Minutes
Distance Units: Meters

```
*****
*           Locations           *
*****
```

| Name | Cap | Units | Stats | Rules | Cost |
|----------------------------------|-------|-------|-----------------------|-------|------|
| CAMIONETA | 2000 | 1 | Time Series Oldest, , | | |
| ALMACEN_DE_MANGO | 2000 | 1 | Time Series Oldest, , | | |
| mesa_de_trabajo_de_inspeccion_50 | 1 | 1 | Time Series Oldest, , | | |
| lavadora_de_rodillos | 200 | 1 | Time Series Oldest, , | | |
| marmita_eletrica | 50 | 1 | Time Series Oldest, , | | |
| despulpadora | 100 | 1 | Time Series Oldest, , | | |
| envasadora | 4 | 1 | Time Series Oldest, , | | |
| congeladora | 300 | 1 | Time Series Oldest, , | | |
| almacen_refrigerado | 10000 | 1 | Time Series Oldest, , | | |

```
*****
*           Entities           *
*****
```

| Name | Speed (mpm) | Stats | Cost |
|-----------------|-------------|-------------|------|
| BOLSA_DE_MANGO | 50 | Time Series | |
| CAJA_DE_MANGO_2 | 50 | Time Series | |
| CAJA_DE_MANGO_1 | 50 | Time Series | |

```
*****
*           Processing         *
*****
```

| Entity | Location | Process | | Routing | | Rule |
|------------|----------|-----------|------------|-------------|--|------|
| | | Operation | Blk Output | Destination | | |
| Move Logic | | | | | | |



```

CAJA_DE_MANGO_1 CAMIONETA 1 CAJA_DE_MANGO_1
ALMACEN_DE_MANGO FIRST 1 MOVE FOR 3.6 sec
CAJA_DE_MANGO_1 ALMACEN_DE_MANGO WAIT 0 accum 300 1
CAJA_DE_MANGO_1 mesa_de_trabajo_de_inspeccion_ FIRST 1
MOVE FOR 1 sec
CAJA_DE_MANGO_1 mesa_de_trabajo_de_inspeccion
accum 50
WAIT 24 sec
accum 50 1 CAJA_DE_MANGO_2 lavadora_de_rodillos
FIRST 1 move for 6 sec
CAJA_DE_MANGO_2 lavadora_de_rodillos
accum 200
WAIT 3.6 sec accum 200
1 CAJA_DE_MANGO_2 marmita_eletrica FIRST 1
MOVE FOR 1.5 sec
CAJA_DE_MANGO_2 marmita_eletrica accum 50 WAIT 18 sec accum 50
1 CAJA_DE_MANGO_2 despulpadora FIRST 1
MOVE FOR 3.6 sec
CAJA_DE_MANGO_2 despulpadora accum 100
WAIT 12 sec
accum 4 1 CAJA_DE_MANGO_2 envasadora FIRST
1 MOVE FOR 3 sec
CAJA_DE_MANGO_2 envasadora accum 4 WAIT 5 sec
1 BOLSA_DE_MANGO congeladora FIRST 1
MOVE FOR 1.68 sec
BOLSA_DE_MANGO congeladora ACCUM 300 WAIT 7.2 sec accum 300
1 BOLSA_DE_MANGO almacen_refrigerado FIRST
1 MOVE FOR 1.2 sec
BOLSA_DE_MANGO almacen_refrigerado WAIT 8 HR
1 BOLSA_DE_MANGO EXIT FIRST 1

```

```

*****
* Arrivals *
*****

```

| Entity | Location | Qty Each | First Time | Occurrences | Frequency | Logic |
|-----------------|-----------|----------|------------|-------------|-----------|-------|
| CAJA_DE_MANGO_1 | CAMIONETA | 50 | 0 | 30 | 6 min | |

