



**UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA**  
*La Universidad Católica de Loja*



# **DIPLOMADO EN GESTIÓN LOGÍSTICA**

## **OPTIMIZACION DEL SISTEMA DE DESPREZADO DE CERDOS**

**TRABAJO FINAL – DIPLOMADO DE LOGISTICA**

Mayo-Noviembre 2008

### **DATOS PERSONALES:**

<b>APELLIDOS Y NOMBRES</b>	: Nájera Acuña Santiago Nicolas
<b>No. CEDULA</b>	: 1712630787
<b>CENTRO UNIVERSITARIO</b>	: Quito
<b>PERIODO ACADEMICO</b>	: Mayo-Noviembre
<b>LUGAR Y FECHA</b>	: Quito, Mayo-Noviembre del 2008

## Resumen Ejecutivo

El actual crecimiento de la complejidad del mercado de cerdo comercial a exigido que la compañía centre sus esfuerzos en buscar la manera de mejorar su servicio al cliente, y a la vez reducir sus costos, de aquí que a diferencia de los negocios tradicionales, el faenamamiento de cerdos no cociste en el ensamblaje de un producto, sino mas bien se podía decir que es un proceso inverso, en el cual se cuenta con un producto, que debe ser fraccionado en múltiples productos, esto sin lugar a duda produce una serie de problemas, puesto que es imposible cumplir con la demanda de ciertos productos, mientras que a su vez se obtiene grandes cantidades de otros productos que no son apreciados por el cliente, a la complejidad de este proceso hay que sumarle que nos encontramos trabajando con un producto que tienen un tiempo de vida útil bastante baja por su propia naturaleza, por los motivos antes expuestos podemos ver que el trabajo de los jefes de producción de las plantas faenadoras, así como de los coordinadores logísticos de las distintas líneas cárnicas cada vez se dificulta mas, por tal motivo se ha centrado este trabajo a la búsqueda y generación de una herramienta enfocada netamente a la logística de producción, con el objetivo de lograr un equilibrio entre el Pull del mercado y el Push de la producción, buscando satisfacer al cliente de mejor manera al menor costo posible, sin por eso dejar de mantener el nivel de servicio actual.

Revisando la literatura correspondiente a manejo de productos provenientes de animales, no se ha encontrado con soluciones para este problema, puesto en general la producción de animales a nivel mundial se maneja bajo un sistema Push, de aquí que no existe la necesidad de cumplir con los requerimientos del mercado, no obstante vemos que existen industrias tales como la textil o la de acero que enfrentan un proceso de ir de un ítem mayor a la obtención de un número de ítems a partir de este mediante el proceso de corte, por tanto los estudios a nivel mundial han creado algoritmos que disminuyen el desperdicio en este proceso, por tal motivo para logra realizar algo similar en el negocio de cerdos se a generado matrices de rendimientos que no es otra cosa que tablas que contienen en porcentajes la morfología del animal, indicándonos los procesos o pasos que debe seguir la producción para llegar de un ítem mayor a uno inferior, y a su vez saber que otros ítems son obtenidos por explosión o por el hecho de este proceso de transformación; por tal motivo se detalla en el presente documento la manera en que funciona el proceso productivo de la planta de faenamamiento así como la manera en que deben de ser tomados los datos con el objetivo de generar las matrices de distancias o como acá las hemos definido, matrices de rendimientos.

Una vez que se cuenta con los datos de la morfología del animal se procedió a generar un sistema que introduzca las variables y restricciones del sistema y simule los distintos y posibles escenarios que debe de enfrentar la planta de producción, con lo cual se ha desarrollado una herramienta operativa para los coordinadores logísticos así como para los jefes de producción, es importante tener en cuenta que estas herramientas se encuentran en etapas de desarrollo, por tanto aun funcionan bajo una interfaz que une a Excel conjuntamente con Matlab, software que fue elegido después de comparar precios y usos entre diferentes programas que ofrecían la oportunidad de modelar o simular los distintos escenarios de la producción, pese a existir en el mercado un número de programas de modelación matemática, el análisis se centro en estos dos programas, puesto que comercialmente son los más aceptados, por tanto se cuenta con mayor bibliografía al respecto, así como con mejor respaldo, siendo el software elegido por costo y beneficio Matlab. A continuación podemos ver un resumen de la manera en que se encuentra estructurado el proyecto.

# RESUMEN DEL PROYECTO

<b>PROYECTO:</b>	
<b>MATRIZ DE RENDIMIENTOS &amp; OPTIMIZACION DE CORTES.</b>	
<b>ELABORADO POR: Santiago Nájera</b>	
<b>DESCRIPCION DEL PROYECTO:</b>	El presente proyecto busca integrar la logística de producción de cerdos, en una de las áreas más críticas del negocio, la misma que corresponde al despresado de los animales.
<b>JUSTIFICACION DEL PROYECTO:</b>	Debido a que cada vez más los mercados se vuelven más competitivos, es necesario brindar al cliente el mejor servicio posible con el fin de retenerlo, no obstante un mejor nivel de servicio en la mayoría de casos implica un incremento significativo en costos, de aquí que mediante un optimizador de producción, se pretende disminuir los costos y a la vez aumentar el nivel de servicio con el cliente.
<b>OBJETIVOS:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumentar el nivel de satisfacción del cliente, mediante el cumplimiento de la demanda.</li> <li>• Disminución de costos en el proceso, mediante la disminución de desperdicios.</li> <li>• Conocimiento priori, de los ítems que se obtendrán como resultado del proceso productivo.</li> <li>• Posibilidad de realizar simulaciones, y planificación a largo plazo.</li> <li>• Disminuir el tiempo del trabajo operativo, en lo relacionado a la planificación de la producción.</li> </ul>
<b>ENTREGABLES DEL PROYECTO</b>	
<b>A</b>	Descripción detallada del problema, las funciones a ser utilizadas, variables y restricciones.
<b>B</b>	Diagramas y manuales de la interfaz, así como su manera de uso.
<b>C</b>	Validación continúa de los datos, con el objetivo de mejor y actualizar los cálculos.
<b>D</b>	Acuerdo entre las áreas, para el uso del programa, así como la definición de las responsabilidades.
<b>E</b>	Entrega de códigos fuentes, así como toda la información que

	fue recabada antes y durante el proyecto.
<b>F</b>	Capacitación de usuarios.
<b>PARTICIPANTES DEL PROYECTO:</b>	El proyecto exige el compromiso del negocio de cerdos, del área de logística corporativa y de la dirección de operaciones, con el objeto de que cada área provea de los recursos humanos necesarios para lograr realizar las tareas necesarias, para la operatividad del proyecto.
<b>RECURSOS MATERIALES:</b>	<p>Para poder lograr hacer operativo este proyecto, se requiere:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Un servidor de de bases de datos con Oracle-Express (se puede compartir espacio en un servidor existente).</li> <li>• Un servidor de desarrollo y otro de instalación, tanto para el desarrollo del optimizador con Matlab así como para su instalación.</li> <li>• Licencias del software que se va a utilizar (4th D v.11 &amp; Malab R2008A).</li> </ul>
<b>SUPUESTOS:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se cuenta con una red que intercomunica los centros de producción con el edificio administrativo.</li> <li>• Las computadoras de los usuarios finales cumplen con las características necesarias para instalar el software.</li> <li>• Las áreas interesadas, brindaran toda la información requerida para la ejecución del proyecto.</li> <li>• Los participantes se comprometen a utilizar la herramienta final del proyecto(una vez validada), y no trabajar de manera paralela, en la plataforma anterior.</li> </ul>
<b>RESTRICCIONES:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacidad de los solventadores (número de variables).</li> <li>• Tiempo de modelación matemática.</li> <li>• Disponibilidad de servidores.</li> </ul>
<b>RIESGOS:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La muestra de la población (número de cerdos), no sea representativa, o correspondan a animales con características atípicas.</li> <li>• Errores al momento de la toma de la información.</li> <li>• Que los datos ingresados en las matrices de optimización contengan errores.</li> <li>• Múltiples óptimos globales, lo cual puede causar problemas en el sistema (debe ser monitoreado continuamente).</li> </ul>

# Capítulo 1

## INTRODUCCION

Todas las empresas a nivel mundial enfrentan problemas de optimización de sus recursos en la producción, con el objetivo de minimizar sus costos y maximizar sus ganancias, teniendo en cuenta a la vez que su principal objetivo es servir al cliente de manera adecuada. Sin lugar a duda un mejor servicio o cumplimiento con el cliente, en la mayoría de los casos, representa un aumento de costos y esfuerzos para toda empresa, no obstante mediante el uso e implementación de conceptos logísticos, o la aplicación de métodos de optimización es posible aumentar la satisfacción al cliente y a la vez reducir los costos, lo cual se traduce finalmente en un incremento de las ganancias de la empresa a corto, así como a largo plazo.

Es así que la industria cárnica a nivel mundial, debe enfrentar continuamente con el problema de brindar satisfacción a los clientes, sin incurrir en un exceso de costos y desperdicios, lo cual claramente se ve identificado, al momento que buscamos la mejor manera de despresar un animal, puesto que las opciones en las que se lo puede cortar son prácticamente infinitas, de aquí que las empresas se enfrentan a un problema de optimización en la cual se cuenta con un número limitado de animales, diversas opciones de despresados ( cada uno con su costo respectivo), y una demanda de mercado que debe ser satisfecha de la mejor manera.

Los sistemas de optimización de cortes tienen un si numero aplicaciones en gran variedad de industria, entre las cuales tenemos la textiles, madereras, del acero, etc. Esto se debe a que la aplicación de estos sistemas implica una reducción sustancial en los costos de la empresa, por ejemplo una disminución del desperdicio del 10% en la industria del acero, se puede traducir en millones de dólares, de aquí que con los años se han venido desarrollando algoritmos y programas para solucionar estos problemas, no obstante hay que tener en cuenta que cada empresa tiene sus particularidades, de aquí que es importante al momento de realizar la modelización, el incluir dichas variables y escoger los modelos adecuados que permiten obtener respuestas satisfactorias de manera oportuna.

En el presente trabajo se pretende aplicar las técnicas y algoritmos correspondiente a los modelos de optimización de cortes CSM & PSM (Cutting Stock and Pattern Selection Models) al despresado de cerdos comerciales aplicado a la empresa Mr. Chanco, para lo cual se utilizara los algoritmos ya existente para CSM y serán readaptados para el caso propio de cerdos, asumiendo que todos los animales son iguales en sus características morfológicas, tales como peso, tamaño, nivel de grasa corporal, etc. Con el objetivo de facilitar de generar un sistema de ecuaciones que resuelva el problema propio de despresado, teniendo en cuenta a futuro que esta generalización del modelo en una primera fase, permitirá a futuro la generación de un sistema de optimización que también incorpore variables probabilísticas.

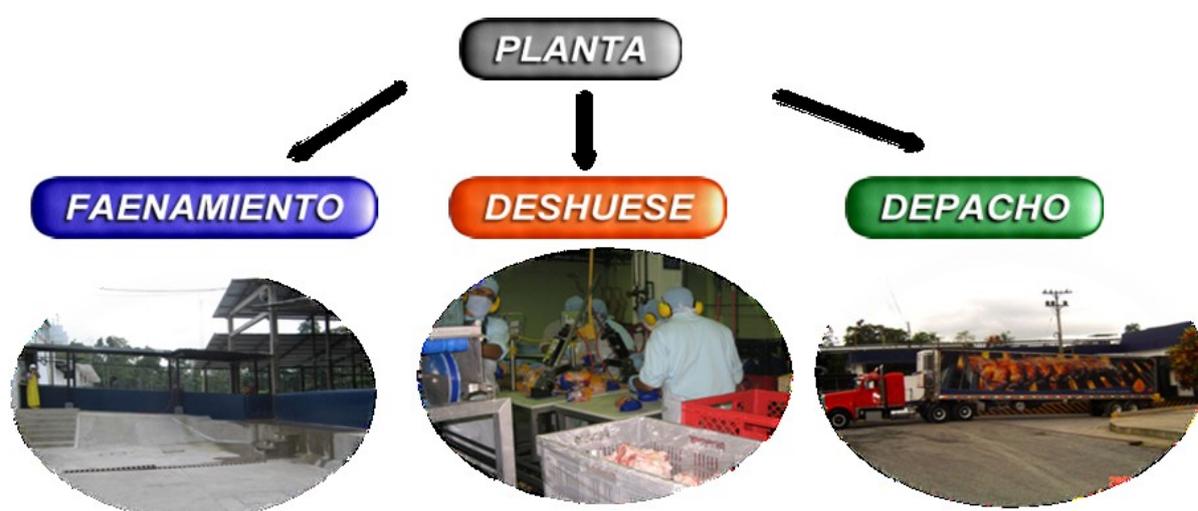
## 1.1. Resumen General de la Empresa y el Tipo de Negocio

En el año de 1975 se constituye en el Ecuador la empresa INDIA precursora del grupo PRONACA, dedicada netamente a la importación y distribución de artículos agropecuarios, esta empresa sufre distintos cambios hasta el año de 1979 en que se funda la empresa PRONACA (Procesadora Nacional de Aves) misma que para el año de 1999, cambiaría su denominación a Procesadora Nacional de Alimentos, durante la época de los años noventa la empresa empieza a expandir sus negocios, y se comienza a criar por primera vez en el Ecuador en cerdos comerciales, mismos que empezaron con una producción semanal de alrededor de cincuenta cerdos, llegando a la actualidad a un faenamiento diario superior a los novecientos animales. Este rápido crecimiento del negocio se ha dado como resultado del cambio de gustos del cliente, mismo que busca seguridad al momento de consumir carne de cerdo, debido a que generalmente estos animales consumen desperdicios, no obstante la crianza de cerdos comerciales son una manera de asegurar al cliente y consumidor final, animales con carne sana y de buena calidad, haciendo de esta manera seguro el consumo y por tanto a generado un aumento en el consumo de este alimento.

En el caso de Pronaca se comercializa la carne de cerdo bajo las marcas Mr. Chanco, y Mr. Fritz en conjunto con Plumrose en el caso de carne de cerdo ya sazónada o precocidad, teniendo actualmente que competir con empresas tales como Juris, Don Diego y recientemente con Agropesa perteneciente al grupo Supermaxi.

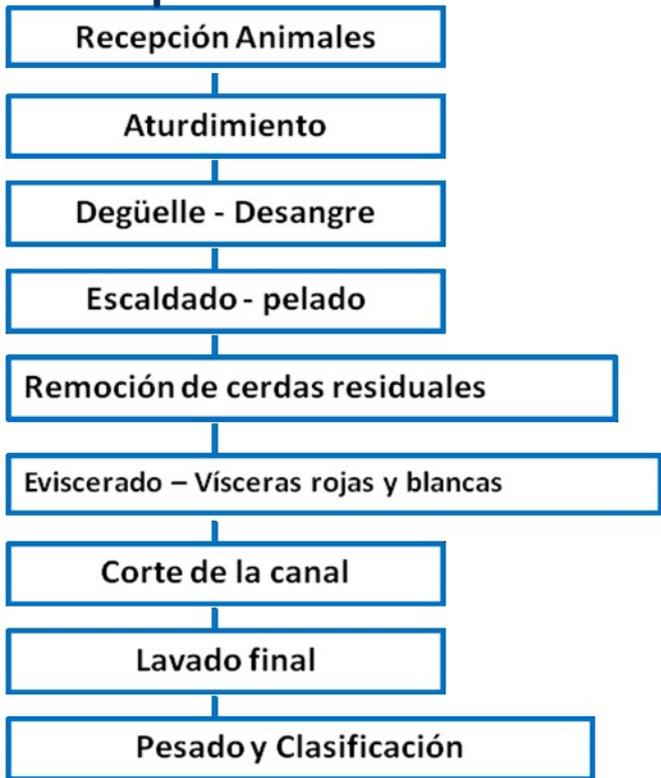
### 1.1.1. Descripción del funcionamiento de la planta de proceso

El negocio de cerdos comprende una cadena de producción realmente externa que empieza desde la genética de las bisabuelas, hasta el procesamiento de los animales para la obtención de cortes comerciales o ítems con valor agregado que posteriormente llegaran al cliente final, de aquí que este estudio no describirá todo el proceso debido a lo largo y complejo del mismo, por tanto se enfoca directamente en la planta de faenamiento, divido el trabajo de la planta en tres sub procesos, que a su vez serán detallados a continuación con sus respectivos flujos.



El primer proceso que se realiza al interior de la planta corresponde al faenamiento de los animales, proceso que se detalla a continuación en el siguiente flujo grama, es importante tener en cuenta que se debe de tomar los pesos en cada paso del proceso.

# FAENAMIENTO



Una vez que se cuenta con las canales calientes, se procede a realizar el deshuese o despiece para obtener los ítems comerciales.

# DESHUESE



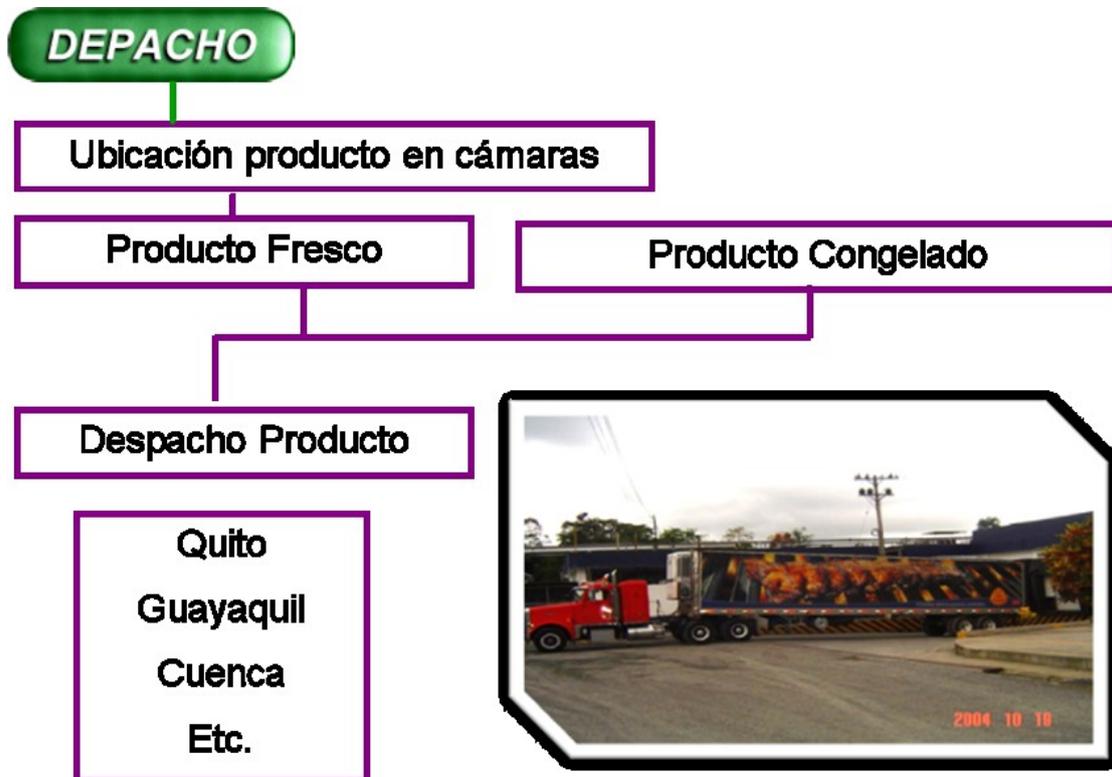
Inyección



Granel



Finalmente el producto terminado es despachado a los distintos centros de distribución, así como a los clientes, mediante la utilización de centros de distribución, así como distribuidores zonales.

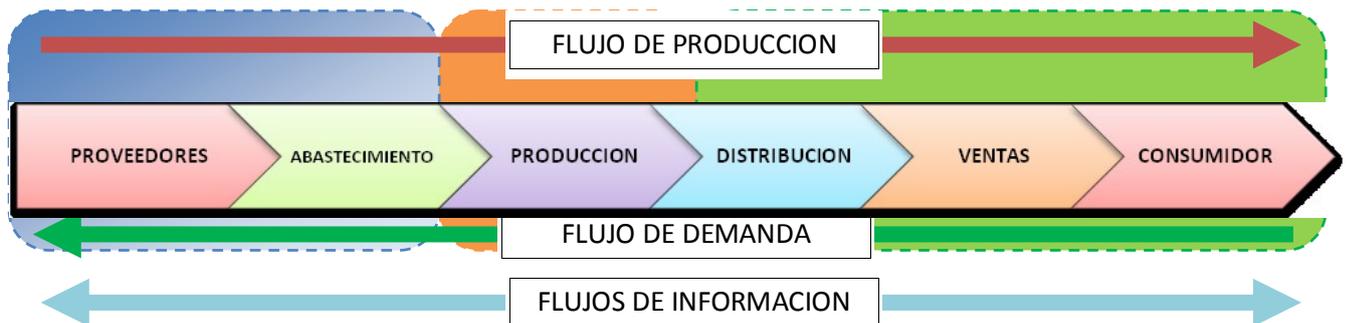


### 1.1.2. Formas de comercialización y canales de distribución.

El cliente de los productos porcinos puede adquirir el producto mediante distintos canales de distribución, dentro de los cuales tenemos al tradicional que corresponde a los mercados populares, los cuales no ofrecen al consumidor final cortes específicos, o estandarizados, lo que a obligado en muchos casos a los consumidores a llevar un corte entero(piernas, brazos,etc); en otros canales de distribución, tales como tiendas o despensas el consumidor tiene la opción de llevar el corte del tamaño y peso que requiera, sin embargo los cortes efectuados no son bien realizados. Dentro de las cadenas de supermercados el cliente tiene la capacidad de elegir cortes específicos y estandarizados, esto implica para el consumidor final un producto de mejor calidad, no obstante esto se traduce a la vez en mayores costos de producción, debido a la tecnificación y el aumento de los desperdicios; estos últimos se dan debido a que la demanda de producto se centra en ciertos ítems específicos, de agrado del consumidor, no obstante la generación de estos ítems, provoca por defecto la producción de otros ítems que no necesariamente demandadas por un tipo de cliente o canal de distribución específica, por lo cual es necesario encontrar un punto de equilibrio entre la demanda del mercado y la producción, para lograr un mejor servicio y una disminución de costos.

## 1.2. Objetivo & Campo de Aplicación

Puesto que la cadena de producción de un negocio cárnico es muy extensa y compleja, este estudio se centrará únicamente en la logística de producción, y específicamente, en el proceso de despresado de los animales en la planta de faenamiento de FRIMACA, considerando para este caso a la planta como el productor y a los centros de distribución como los demandantes o clientes, siendo el objetivo del sistema la disminución de los costos y el cumplimiento de los requerimientos de los centros de distribución.



Es así que si observamos la cadena de producción vemos que existe un sin número de eslabones que permiten que se genere valor a lo largo de un ciclo, hasta que llegue al cliente, no obstante debido a la complejidad del negocio y a la vez la complejidad de cada uno de estos eslabones se ha tomado uno, puesto que se considera que es el más importante, ya que es el punto donde se da el balance entre el pull del mercado y el push de la producción, este caso las granjas, de aquí que en este punto y eslabón existe la posibilidad de balancear ambas fuerzas.

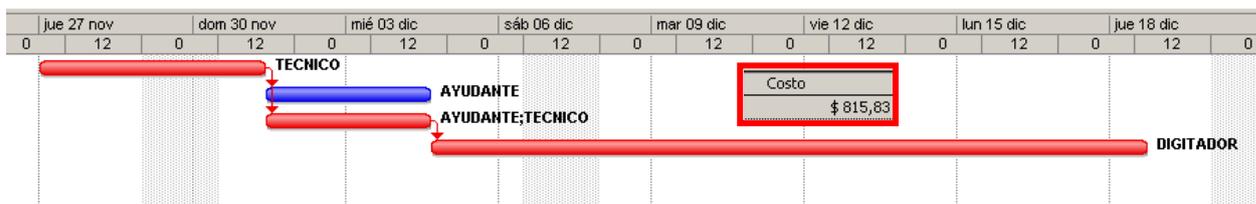
## Capítulo 2

### 2.1. Levantamiento de la información

Considerando que las posibilidades de corte de un animal o ítem, son prácticamente infinitas, se propone un sistema de levantamiento de información en búsqueda de un ítem en particular a la vez, para lo cual se definirán ítems padres u orígenes, y el ítem buscado se lo llamará ítem hijo, de aquí que la producción presiona u orienta sus recursos a la búsqueda de dicho ítem en especial, para lo cual al inicio del proceso se pesará al ítem padre y una vez terminado el proceso se pesará a los ítems resultantes (hijos), con lo cual se obtiene el rendimiento, así como las mermas. Puesto que ninguno de los animales tiene el mismo peso que el otro, se realizará este proceso a una muestra representativa de la población de cerdos, y luego se transformará los datos a porcentajes, con lo cual se obtiene una generalización del modelo.

Para el levantamiento de los datos de rendimientos de los animales, se cuenta con un técnico especializado en el tema, un ayudante y un digitador. El costo diario de cada uno de estos es 80\$, 30\$ y 15\$ respectivamente.

En el siguiente cuadro de Gantt podemos observar el tiempo de duración del levantamiento de los datos, así como su ruta crítica.



El levantamiento de los datos para el proyecto se estima tome aproximadamente dieciséis días (escenario más probable), a un precio de \$815,83 dólares, mismo que corresponde a la asignación de dichos recursos al proyecto, y no al costo (sueldos) de contar con dichos recursos.

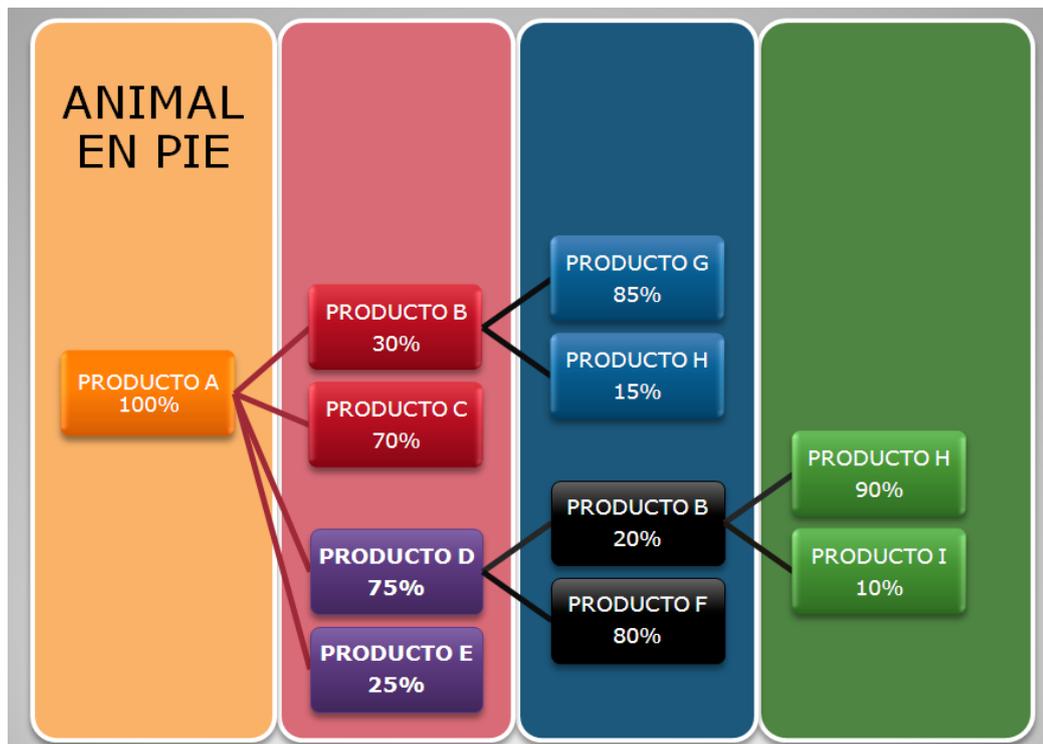


### 2.1.1. Generación de Matriz de Rendimientos

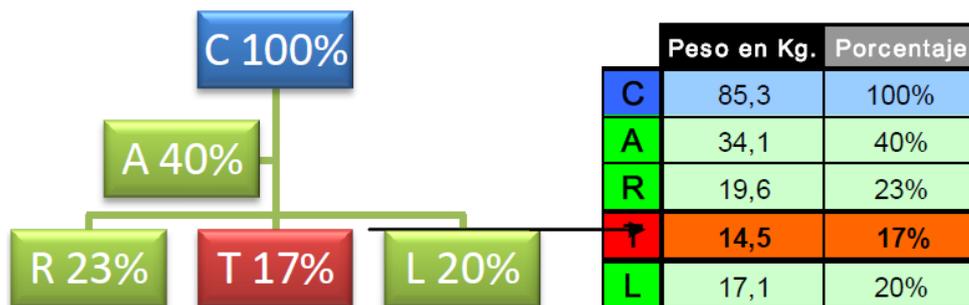
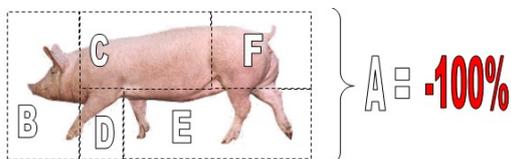
El levantamiento de la información correspondiente a los rendimientos de los animales, será realizado por un técnico de la planta, para asegurar su experiencia en el proceso permita tener datos fiables, y que no incluyan distorsiones propias del desconocimiento específico del proceso o particularidades del negocio; no obstante la manera en que deben ser recogida la data, para la posterior carga en el sistema se especifica en el presente ejemplo:

CANAL COMERCIALES						
<b>Fecha:</b>						
<b>No Unidades</b>		<b>10</b>				
<b>Peso canal c/c y cp</b>		<b>975</b>				
Código	Producto	Peso	%	Pesos		Observaciones
				Promedio	Individual	
	Canal c/c y cp en frío	975	100	97,5		
	Piernas	276,9	28,40	27,7	13,85	
	Brazos	163,9	16,81	16,4	8,19	
	Costillares	197,6	20,27	19,8	9,88	
	Chuleteros	218,8	22,44	21,9	10,94	
	Lomo fino	15,1	1,55	1,5	0,75	
	Unto	8,5	0,87	0,9	0,43	
	Cabeza	76,8	7,87	7,7		
	Patatas	16,6	1,70	1,7	0,41	
	<b>TOTAL</b>	<b>974,2</b>	<b>99,92</b>	<b>97,4</b>		
	<b>MERMA</b>	<b>0,8</b>	<b>0,08</b>	<b>0,1</b>		

El formato anterior facilita y acelera la manera en que se toman los datos, mismos que se estructuran en forma de un árbol con múltiples ramificaciones o posibilidades de corte para un mismo ítem, puesto que un ítem final (comercial) puede provenir de distintas opciones de corte, un ejemplo claro es la carne molida, misma que se puede obtener de distintas partes del animal, y finalmente se la distribuye en tipos de presentación. En la grafica siguiente podemos ver un ejemplo de la manera en que se despresan los ítems, y si vemos por ejemplo el producto 'B', vemos que este tiene dos orígenes distintos.



Por tanto una vez que se han tomado los rendimientos de los ítems de los productos anatómicos, se debe proceder a tomar los rendimientos de los productos comerciales que requieran de un procedimiento especial de corte y que no salgan por explosión, es decir presionaremos la producción para lograr obtener ese ítem, y sacaremos su rendimiento, así como de los ítems que obtenemos por explosión.



Una vez que se han tomados los datos de la forma antes presentada, se procede a formar una matriz de distancias entre ítems, similar a las matrices de distancias de las ciudades, la misma que explica que a partir de un ítem, solo se puede obtener ítems inferiores (orígenes y destinos), por tanto el viaje que realizan el proceso es así a la derecha y para abajo, por tanto no puedo reconstruir ítems superiores; Esta matriz de distancias implica un proceso de transformación en el cual se incluyen costos al momento de trasladarse de un origen a un destino, no obstante es posible llegar a un destino a partir de distintos orígenes, y distintos orígenes pueden generar distintos destinos, de igual al salir de un origen así un destino es necesario pasar por distintos puntos, lo cual en la matriz de rendimientos se conoce como ítem de explosión. Debido a que ningún animal es similar en tamaño, peso, etc. Trabajaremos con porcentajes, lo cual corresponde a proporciones, las cuales se consideran que son similares entre los animales de la misma raza o la misma especie, la ventaja de trabajar con porcentajes es que disminuye la variabilidad de los productos finales que se obtienen. De igual manera es importante tener en cuenta que se está trabajando en kilos, y no en unidades, ya que si construimos un sistema mixto de unidades y kilos, nos enfrentaríamos a un problema MIP (mix integer problem) lo cual haría que el número de soluciones crezca de manera exponencial.

	a	b	c	d	e	f	residuos	TOTAL
a	% -100	% 70	% 0	% 25	% 0	% 5	% 0	0%
b	% 0	% -100	% 78	% 0	% 0	% 12	% 10	0%
b	% 0	% -100	% 0	% 50	% 28	% 2	% 20	0%
c	% 0	% 0	% -100	% 0	% 60	% 20	% 20	0%
c	% 0	% 0	% -100	% 0	% 12	% 87	% 1	0%
d	% 0	% 0	% 0	% -100	% 20	% 50	% 30	0%

La distancia desde el origen a si mismo corresponde a menos cien por ciento, puesto que se busca que los ítems despresados, no sean mayor al ítem padre, es decir que la suma final de estos sea cero, por ejemplo del ítem a obtenemos b, d y f, mismos que si se pudieran nuevamente unir formarían nuevamente al ítem a, por lo cual la matriz de rendimientos se la puede representar de la siguiente manera:

$$\begin{aligned}
 a &= 0,7b + 0,25e + 0,05f \\
 b &= 0,78c + 0,12f + 0,1residuos \\
 b &= 0,5d + 0,28e + 0,2f + 0,2residuos \\
 c &= 0,6e + 0,2f + 0,2residuos \\
 c &= 0,12e + 0,87f + 0,1residuos \\
 d &= 0,2e + 0,5f + 0,3residuos
 \end{aligned}$$

El poder representar los rendimientos de manera de ecuaciones, nos permitirá a posterior calcular valores óptimos de producción, capacidades, requerimientos, costos, etc.

## 2.2. Involucrados en la toma de datos

Es importante tener claro que de la correcta toma de datos, dependerá los resultados que se logren obtener del sistema de optimización, de aquí que es importante ir definiendo las personas encargadas y responsables a lo largo del proceso, para de esta manera lograr un compromiso del negocio, es así que dentro de los responsables tenemos a:

**Gerente de Negocio y Gerente de planta.-** Los cuales cumplirá funciones más de control y auditoria de datos, siendo sus responsabilidades principales en este proyecto:

- Controlar que se actualicen los datos continuamente.
- Informar a los otros negocios o las áreas corporativas de los cambios en los datos.
- Utilizar la información de manera continua, con efecto de validación.

**Jefe de producción.-** De este dependerá en gran parte la correcta toma e ingreso de datos en las matrices de rendimientos, de aquí que sus principales responsabilidades serán:

- Elaborar y actualizar la matriz de rendimiento.
- Comparar los datos reales, versus las muestras que se han tomado.
- Elaborar un descriptivo de los cortes con los que cuenta la planta.
- Cumplir y hacer cumplir el procedimiento

**Personal Operativo.-** Cumplirá las funciones de apoyar a la correcta realización de este trabajo, sirviendo de apoyo en:

- Colaborar en la toma de datos.
- Informar en caso que situaciones de la producción alteren de alguna manera los rendimientos o productividad.

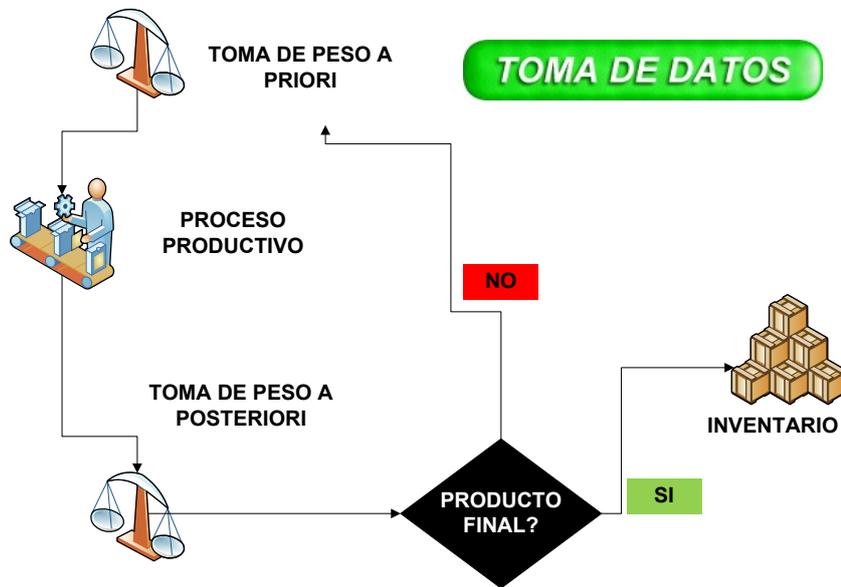
### **2.3. Metodología y pasos a seguir en la toma de datos**

Para la toma de datos se utilizara únicamente herramientas y procesos que sean utilizados de de manera continua en la planta, es así que para el momento de tomar las muestras se utilizaran herramientas que se encuentren en uso y no herramientas nuevas o diferentes, de igual manera el personal de planta encargado en realizar los cortes de los cuales se sacara la información correspondiente, será escogido al azar sin importar, su edad género o experiencia, para de esta manera lograr reproducir todo el proceso en la muestra.

Teniendo en cuenta que la población de animales es demasiado grande, se buscara hacer una extracción de datos mediante técnicas de muestreo de definirá una cantidad optima de animales adecuada a ser sacrificados con el objetivo que esta muestra vaya aumentando o disminuyendo en función de la capacidad de la planta.

Dentro de la etapa de deshuese se irá tomando los pesos de los productos paso a paso, hasta obtener los productos finales, dentro de esta etapa se obtendrá información sobre mermas, así, como rutas de producción. Puesto que de la correcta toma de datos, se puede lograr una correcta programación de la producción a corto y largo plazo, estos datos serán actualizados de manera trimestral, así como cada vez que la genética de los animales cambio, con lo cual se asegura que se cuenta con información confiable que refleje las variaciones en la morfología de los animales, correspondientes a efectos externos tales como, humedad, tipo de alimento, densidad poblacional, entre otros. De igual manera se realizaran pruebas continuas entre la producción real y la producción, donde los kilos totales obtenidos de producto (descontando mermas), no deberá variar más del cinco por ciento frente al valor real que se obtenga, caso contrario se volverán a tomar los rendimientos de producción, de igual manera se compara la producción

ítem a ítem y en caso de existir un ítem con variación mayor al diez por ciento frente al real, se procederá nuevamente a tomar el rendimiento de dicho ítem, en caso del ítem provenir de distintos padres o por explosión se tomaran los datos de dichas vías de corte. Sabiendo que la variación promedio puede ser cercana a cinco por ciento, al momento de sacar dicho promedio, se utilizara un promedio ponderado, con el fin de lograr recoger dicha información, la manera en que estos datos serán recolectado y validados en el proceso será de la siguiente manera:



## 2.4. Implementación tecnológica

### 2.4.1. Definición del software de optimización

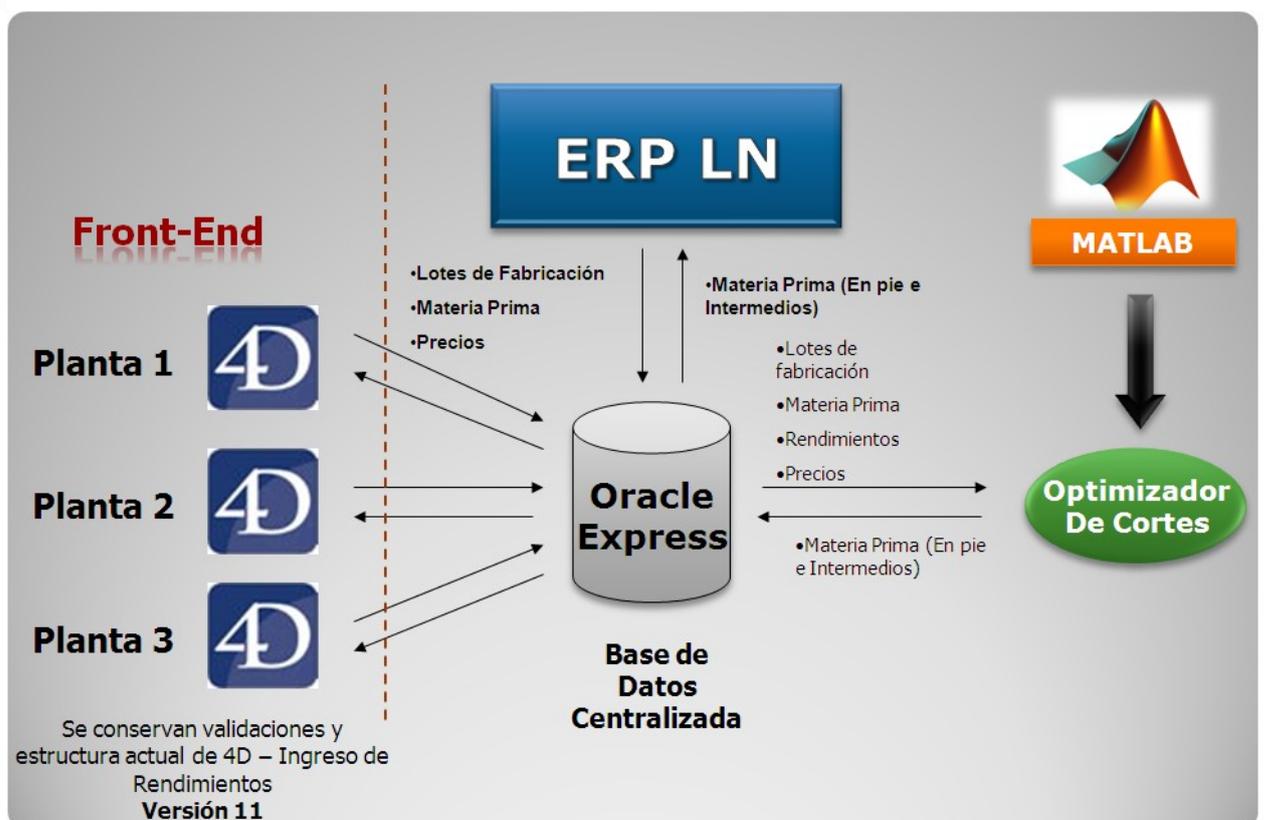
Teniendo en cuenta que este tipo de problemas requiere la resolución de una gran cantidad de algoritmos matemáticos, es necesario el uso de un software para la modelización matemática, así como solventadores para la resolución de dichos problemas en el menor tiempo posible, para lo cual se a considerado como opciones MATLAB (con Optimtool) y AIMMS (con C-PLEX entre otros), para lo cual a continuación se presenta una comparación de precios y características.

AIMMS 3.8		
	Número de variables	Costo
<b>BASICO</b>	2500	\$ 4.500
<b>INTERMEDIO</b>	5000	\$ 8.000
<b>INDUSTRIAL</b>	ilimitadas	\$ 12.000

MATLAB R2008A		
Software base		\$ 500
TOOL BOX	Optimtool	\$ 3.500
	Builder Ex	\$ 2.500
	Compiler	\$ 3.500
TOTAL		\$ 10.000

### 2.4.2. Centralización de la información

De igual manera es importante definir para este proyecto, la necesidad de la centralización de los datos, para garantizar la integridad de los mismos, es así que si se actualiza un dato, todos los usuarios sean notificados automáticamente de dicho cambio, y de igual manera se busca la centralización del motor de optimización, con el objetivo de dedicarlo netamente a los cálculos matemáticos, y de esta manera lograr que el proceso sea realizado de manera transaccional, en el siguiente diagrama podemos visualizar la manera en que será manejada dicha información.



Para este proyecto se ha definido una estructura de tres capas, lo cual permite escalabilidad a futuro, además de que brinda mayor integridad, control y seguridad; las tres capas del sistema son:

**1.- Front-End o Interfaz de usuario.** El usuario final utilizará una interfaz de ingreso de datos, desarrollada en 4th dimensión versión 11, misma que en su nueva versión, permite la conexión a bases externas. El objetivo de utilizar la interfaz ya hecha en este programa (necesario actualizar de la versión 4 a la 11), permite aprovechar el *Know How* con el que se cuenta por parte de la compañía en todo lo relacionado a captura y validación de datos, lo cual asegura la fiabilidad de la información y reduce dramáticamente el tiempo de desarrollo, de esta parte del sistema.

**2.- Repositorio de datos.** De igual manera es importante definir para este proyecto, la necesidad de la centralización de los datos, de aquí que se ha decidido utilizar bases Oracle, puesto que estas permiten gran escalabilidad, además que su comunicación con el ERP de la empresa es muy sencilla. Este repositorio de información recibirá la información ingresada por los usuarios de cada una de las plantas de faenamiento, además será el lugar de donde el optimizador tomará las variables requeridas para ejecutar la optimización, una vez que se ha logrado un óptimo global, el optimizador escribirá nuevamente los resultados en tablas dentro del mismo repositorio, para que dichos datos puedan ser accedidos, tanto por los usuarios finales (mediante la interfaz de 4th Dimensión) o por el ERP de la empresa.

**2.- Optimizador de Cortes.** Esta capa de la interfaz corresponde al algoritmo que realizará el cálculo matemático, para encontrar la mejor opción de corte frente a la demanda. Para lo cual se ha optado por el uso de Matlab, debido a su capacidad de compilar los archivos en distintos formatos tales como Java, .NET o C++ , con lo cual permite una fácil integración con distintos sistemas. El optimizador de cortes funcionará en un servidor dedicado exclusivamente a dicho tema, por lo cual se contará paralelamente con un servidor de desarrollo, para ir realizando las modificaciones necesarias al programa, en caso de ser necesario.

### **2.4.3. Cronograma de implementación y necesidad de recursos**

Esta etapa del proyecto es la más larga (aprox. 50 días) y aquella en la cual se integran todo lo que antes ha sido ya descrito, su día de inicio está cronogramado para enero del 2009, debido a la necesidad de asignar recursos de distintas áreas para cumplir este propósito, debido a que los recursos asignados no dedicarán su tiempo al cien por ciento a dicho proyecto, y que estos responden a los costos de una estructura corporativa, no se pueden definir sus costos ni asignación a priori, sino que ellos serán calculados después del proyecto a través del departamento de ABC; en lo relacionado a los gastos correspondientes a la adquisición de software y servidores, estos serán asumidos corporativamente, debido que el software puede ser utilizado para la elaboración de otros proyectos, mientras que los servidores en caso de que el proyecto no sea funcional, serán utilizados para otras tareas, por lo cual el costo final del proyecto se lo determinará una vez finalizado el proyecto.



Al observar la ruta crítica de la fase de implementación del proyecto, vemos que la tarea más importante o el eje gira alrededor de la programación y generación del modelo matemático, mismo que se espera lograrlo en aproximadamente en cinco semanas, no obstante es posible que tome más tiempo, ya que se pretende lograr un modelo general, que pueda ser utilizado en otros negocios, por tanto se puede decir que este es un proyecto piloto, a partir del cual se lograra una integración de una parte de la cadena de producción de cerdos, y a posteriori, se estima que los distintos negocios de cárnicos de la corporación entren bajo el mismo esquema, de aquí que una vez que se logre hacer que el modelo sea operativo y funcione de manera correcta, se procederá a realizar proyectos similares en otros negocios, teniendo en cuenta que para los otros negocios la implementación será en una fracción del tiempo, que el primer proyecto, debido a que las interfaces, tablas y algoritmos serán reutilizados, agregando las particularidades de cada negocio.

## Capítulo 3

### 3.1. Descripción del Modelo

El modelo matemático que se utilizara, será diseñado utilizando programación dinámica y meta heurística, misma que podrá ser implementada tanto en programas tales como Matalab, así como en Cplex, no obstante es importante tener en cuenta la importancia del costo beneficio de la implementación del programa y el software utilizado, no obstante el modelo es utilizado algebra matricial. No obstante se debe tener en cuenta que si se piensa utilizar a futuro otros programas de modelización matemática tales como Gams, AIMMS, Xpress, entre otros, será necesario traducir la programación matricial a ecuaciones.

#### 3.1.1. Variables del modelo del problema

El modelo de optimización de la producción, se enfoca netamente en la maximización de los ingresos generados por la empresa en la programación semanal de los requerimientos de productos de cerdo, de aquí es importante conocer y contar con las siguientes variables:

**Demanda.-** En el caso de la operatividad del sistema y la planificación diaria, se utilizara la demanda real, que es acumulada por el sistema ERP, con el que cuente la empresa, no obstante en caso de simulación se utilizara la proyección de la demanda en función de datos históricos, para lo cual se utilizara modelos de series temporales, principalmente los alisamientos exponenciales.

**Costos.-** Puesto que es importante minimizar los costos y maximizar los ingresos del negocio es necesario definir los costos fijos, así como los costos variables del producto, es decir utilizar un sistema de asignación de costos por proceso. Dentro del sistema de optimización se utilizara el costo como dato dado, no obstante previamente se debe realizar un estudio de tiempo y movimientos en la planta.

**Precio.-** Para el cálculo del ingreso marginal de cada ítem, es necesario conocer la cantidad de dinero que se recibe por producto, no obstante pese a que se cuenta con el precio de lista, es claro que dependiente del canal de venta, existirá diferentes descuentos de cada producto, por lo cual se utilizara el precio promedio que se recibe de todos los canales, y no el precio de lista, ya que estos precios reflejaran más la realidad del mercado.

**Matriz de rendimientos.-** La matriz de rendimientos nos indica todos los caminos de producción que se pueden seguir para obtener un ítem, y a su vez se puede determinar que otros ítems saldrán por defecto por seguir dicho sistema productivo es así que esta variable de matrices es la base de todo el sistema de producción, además que permite a su vez comparar producción real, versus la producción programada. Debemos de tomar en cuenta que esta matriz recoge datos correspondientes de la morfología del animal, y deberá ser cambiada si la genética o morfología de los animales a través del tiempo.

### 3.1.2. Restricciones

Para evitar que el sistema de optimización cometa errores, y para permitir que este logre una mejor aproximación a la realidad, contaremos con las siguientes restricciones:

**No Negatividad.-** Es una restricción lógica, que evita obtener respuestas tales como la producción negativa de un ítem en particular o de todos, es decir para reflejar la realidad; de igual manera esta restricción ayuda a que la producción mantenga y siga un orden específico, es decir que todo ítem siga un camino real de producción.

**Número de animales.-** Previamente antes de comenzar la producción se conoce la cantidad de animales que se encuentran en las granjas así como el porcentaje de mortalidad se da por el transporte de animales de la granja a la faenadora, es decir se conoce exactamente cuántos animales entran al proceso, con lo que se evita obtener resultados de producción mayores a los posibles.

**Peso.-** Es importante tener en cuenta que si sumamos todos los ítems obtenido de la producción, debe ser igual a la cantidad de kilos que entraron al proceso de producción, no obstante es importante tener en cuenta que cada animal tendrá un peso diferente, de aquí que por facilidad se utilizara los pesos promedios en función de los datos históricos, así como las especificaciones propias de la genética.

**Numero de decimales.-** Puesto que el optimizador busca lograr una maximización de un proceso frente a otro, esta mejora continuara indefinidamente, de aquí que es necesario restringir el número de decimales de diferencia permitido entre una respuesta y otra, de aquí que se a decidido que el máximo de decimales sea de tres, con lo cual el margen de erros se espera sea en gramos.

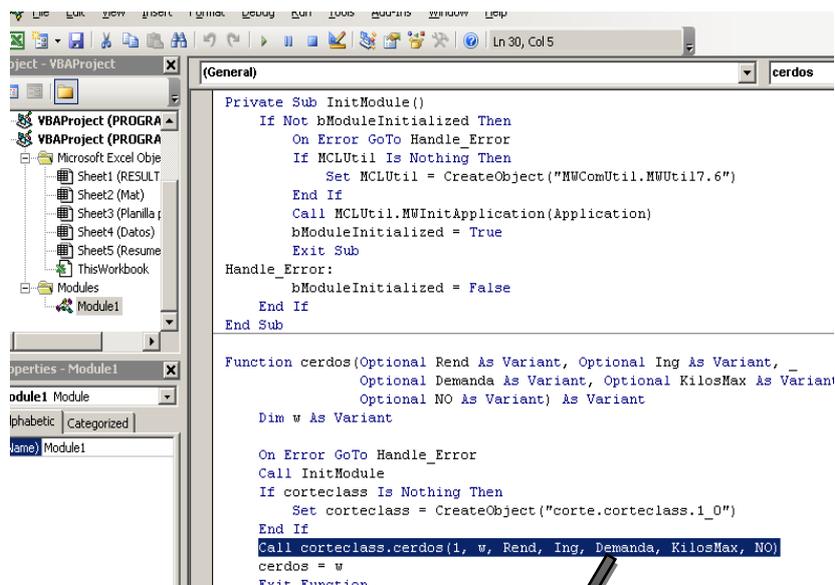
### 3.1.3. Función objetivo

Es importante recordar nuevamente que el objetivo de este proceso dentro de eslabón logística se enfoca directamente en balancear las fuerzas del pull y push del negocio de cerdos, así como la maximización de beneficios, podemos decir que la función objetivo es el ingreso marginal veces los ítems productivos, lo que equivale a decir:

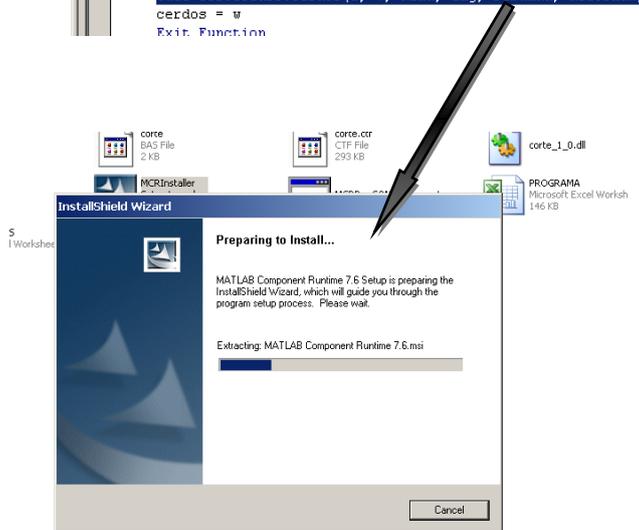
$$Max: \sum_{i=1}^n Ing.M_i * Item_i$$

### 3.2. Implementación computacional

El objetivo de este desarrollo pretende lograr obtener una herramienta que sea utilizado por el coordinador logístico de la producción de cerdos, así como el jefe de la planta de dicho negocio, no obstante el montar grandes plataformas en Oracle y un MRP requiere mucho tiempo y dinero, y a la vez la complejidad del negocio impide que se estén realizando pruebas en continuas en dicho sistema, por lo cual se a realizado un compilado que funciona bajo plataforma punto COM y que puede ser fácilmente agregado Excel como se ve a continuación.

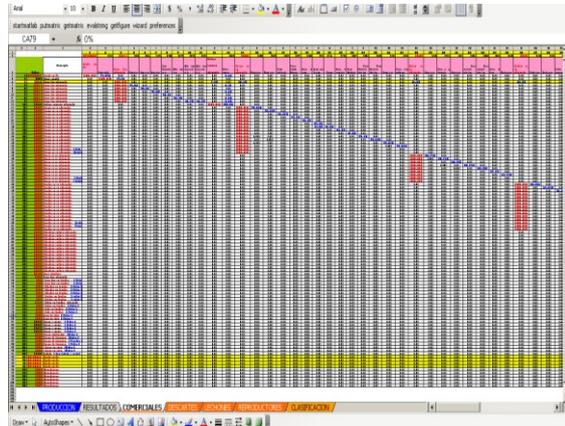


```
Private Sub InitModule()  
    If Not bModuleInitialized Then  
        On Error GoTo Handle_Error  
        If MCLUtil Is Nothing Then  
            Set MCLUtil = CreateObject("MWComUtil.MWUtil17.6")  
        End If  
        Call MCLUtil.MWInitApplication(Application)  
        bModuleInitialized = True  
        Exit Sub  
    End If  
    Handle_Error:  
        bModuleInitialized = False  
End Sub  
  
Function cerdos(Optional Rend As Variant, Optional Ing As Variant, _  
                Optional Demanda As Variant, Optional KilosMax As Variant,  
                Optional NO As Variant) As Variant  
    Dim w As Variant  
  
    On Error GoTo Handle_Error  
    Call InitModule  
    If corteclass Is Nothing Then  
        Set corteclass = CreateObject("corte.corteclass.1_0")  
    End If  
    Call corteclass.cerdos(1, w, Rend, Ing, Demanda, KilosMax, NO)  
    cerdos = w  
Exit Function  
Handle_Error:  
    cerdos = 0  
End Function
```



Se puede observar la manera en que Excel llama a módulos (dll's) desarrollado en Matlab para que estos externamente realicen los cálculos y posteriormente procedan a devolver los datos a Excel. De igual manera los datos originales que serán utilizados para la optimización serán tomados de la hoja de cálculo, aprovechando su estructura matricial, y exporta posteriormente a Matlab.

Matriz de rendimientos al 100%



Matriz de rendimientos al 20%

Carga de restricciones y datos

Matriz de soluciones

Claramente podemos observar que Excel en este caso hace las veces de front end al programa creado en Matlab no obstante por atrás todos los datos son procesado en un dll de Matlab y nuevamente exportas; la facilidad de programar bajo la plataforma de Matlab es la capacidad de compilar en distintos sistemas, lo cual permite que su unión con otros sistemas de datos tales como Oraque, Sql entre otros, sea de manera simple y rápida; así como facilita la migración entre sistemas. El sistema implementado en Excel permite ir modificando el código e irlo mejorando conforme requiera el negocio.

# Capítulo 4

## 4.1. Conclusiones

La logística si lugar a duda permite la reducción de costos y/o el aumento de servicio lo cual permite que las empresas se mantengan o mejoren a través de la empresa, para lo cual se analiza la empresa como un todo, donde sus procesos se los conoce como cadenas que van generando valor, hasta llegar al cliente, no obstante en algunos negocios su complejidad impide se logre definir toda la estructura de manera detallada, es así que este estudio se intereso en la logística de producción y específicamente al despesado.

A lo largo del proceso para el desarrollo de la herramienta de logística de la producción se han analizado un sin número de software que permitan procesar gran cantidad de datos, y de igual manera sea fácil y rápida la modelación matemática, de aquí que los principales escogido fueron AIMMS y MATLAB con sus respectivo particularidades, siendo el escogido Matlab, por su facilidad de generar programas que pueden ser fácilmente compilado en distintos sistemas, además que la diferencia de precios es significativa, es así que una sola licencia de Cplex para que viene con AIMMS puede llegar a costar hasta cien mil dólares dependiendo de la complejidad del tema, de igual manera el costo de los servidores de este tipo de programas es muy costoso y requiere de ser actualizados continuamente.

Es importante tener en cuenta que este proyecto a pasado de la parte de planificación a la parte operativa y a la primera fase de prueba, en la cual ya se están utilizando los sistemas conectados a Excel para validar datos, realizando cálculos con más de diez y seis millones de variables en pocos segundos, algo que en la hoja de cálculo no podría ser realizado, además vemos que esta herramienta está permitiendo al gerente del negocio comenzar a ver el comportamiento de la producción en planta y las posibles estrategias para la mejora de ingresos.

## 4.2. Recomendaciones

A futuro es recomendable trabajar con códigos jerárquicos en las matrices lo cual podrá generar arboles de ruta, lo cual indicara a las plantas que producto y de que ítem sacar, en función de la demanda, de igual manera se recomienda estandarizar todos los negocios de cárnicos y de transformación de corte, al mismo sistema de optimización con lo cual se disminuirá el tiempo de planificación de la producción y a la vez permite a los coordinadores logísticos de los negocios dedicar mayor tiempo a realizar otras tareas que de igual manera generen ingresos a la empresa.

El presente sistema de optimización nos muestra las aplicaciones de la meta heurística y optimización combinatoria sobre los procesos productivos, con lo cual se ve la posibilidad a largo plazo de optimizar toda la cadena de producción, para lo cual es necesario crear un grupo fuerte de investigación de operaciones, así como adquirir sistemas más desarrollados y complejos, para realizar estas tares, midiendo el costo beneficio.

De igual manera este documento puede ser utilizado como manual, al interior de otros negocios, para poder entender la manera en que la optimización está funcionando al interior de este negocio, y saber que experiencias obtenidas son aplicables o trasladables a su situación.

Hay que considerar que la matriz de rendimientos representa la morfología de los animales, además de las capacidades productiva de las plantas con lo que se podrá hacer simulaciones de capacidades y necesidades por negocio.

### 4.3. Bibliografía

- CHASE, Aquilano, Dirección y Administración de la producción y de las Operaciones. Sexta Edición, México: Mc Graw Hill, 1995.
- Bozarth, Cecil; Handfield, Robert (2004). Introduction to Operations and Supply Chain Management. Pearson. Prentice Hall.
- Rushton, Alan & Oxley, John (1996). Handbook of Logistics and distribution Management. Kogan Page Limited.
- Ballou, Ronald (2004). Logística. Administración de la Cadena de Suministro. Quinta Edición. Pearson Prentice Hall.
- Mauleón, Mikel (2006). Logística y Costos. Ediciones Diaz de Santos
- Cesar Pérez. Matlab y sus aplicaciones en las Ciencias y la Ingeniería, Prentice Hall, Madrid, 2002.
- Infante del Río J-A. & Rey Cabezas J. M, Métodos numéricos – Teoría, problemas y prácticas con MATLAB, 2da Edición - Pirámide. 2002.
- Mathews J.H., & Fink K.D, Métodos Numéricos con Matlab, 3ra Edición - Prentice Hall 2000.
- Sigmon, K, Introducción a Matlab, Department of Mathematics-University of Florida.
- Jeffrey K. Pinto, Project Management 2002, Research Technology Management, March-April 2002.
- Eduardo Miranda, Running the Successful Hi-Tech Project Office, Artech House.
- Richard Bronson, Investigación de Operaciones, trad. Mc Graw Hill, México D.F. 1993.
- Ricardo F. Solana, Producción, Ediciones Interoceánicas, Buenos Aires 1994.