

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL



**FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y
MATEMÁTICAS**

DEPARTAMENTO DE MATEMÁTICAS

TESIS DE GRADUACIÓN

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:

**MAGÍSTER EN CONTROL DE OPERACIONES Y
GESTIÓN LOGÍSTICA**

TEMA

**DISEÑO DE UN MODELO DE SOPORTE A LA DECISIÓN DE
ASIGNACIÓN DE UBICACIONES DE MERCADERÍA EN UNA
BODEGA DE AGROQUÍMICOS.**

AUTOR:

LUIS ANTONIO FERNÁNDEZ SALVATIERRA

Guayaquil-Ecuador

AÑO 2013

DEDICATORIA

Dedicado a mis padres, esposa e hijos. Con infinito amor para ustedes, gracias por el todo el apoyo y sacrificio.

AGRADECIMIENTO

A los maestros de la Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas por las incansables horas dedicadas al desarrollo de las mentes del futuro.

A Guillermo y Carlos un agradecimiento especial, gracias a su iniciativa y apoyo hicieron posible alcanzar este objetivo.

DECLARACIÓN EXPRESA

La responsabilidad por los hechos y doctrinas expuestas en este Proyecto de Graduación, así como el Patrimonio Intelectual del mismo, corresponde exclusivamente de la Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas de la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL.

Reglamento de graduación de la ESPOL

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

M.SC. Guillermo Baquerizo Palma

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

M.SC. Carlos Cepeda De la Torre

DIRECTOR DE TESIS

M.SIG. Dalton Noboa Macías

VOCAL DEL TRIBUNAL

FIRMA DEL AUTOR DEL PROYECTO DE GRADUACIÓN

Luis Fernández S.

TABLA DE CONTENIDO

CAPÍTULO 1

DESCRIPCIÓN DE LA PROBLEMÁTICA.....	1
1.1. SITUACIÓN ACTUAL.....	1
1.2. JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA.....	4
1.2.1 COSTO DE ALQUILAR BODEGA PARA MESES DE MAYOR OCUPACIÓN.....	4
1.2.2 COSTO DE AMPLIAR GALPÓN E IMPLEMENTAR ESTANTERÍA SELECTIVA.....	6
1.3. HIPÓTESIS.....	7
1.4. OBJETIVO GENERAL.....	8
1.5. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	8

CAPÍTULO 2

MARCO TEÓRICO	9
2.1. CONCEPTOS LOGÍSTICOS SOBRE GESTIÓN DE ALMACENES Y MANEJO DE MATERIALES	9
2.1.1 ALMACÉN REGULADOR.....	9
2.1.2 PALLET.....	10
2.1.3 LAYOUT.....	10
2.1.4 ESTANTERÍA SELECTIVA O CONVENCIONAL.....	11
2.1.5 ESTANTERÍA DRIVE-IN.....	12
2.1.6 METODOLOGÍA “HUECO LIBRE”.....	13
2.1.7 EQUIPOS DE ACARREO O ELEMENTOS DE MANIPULACIÓN.....	13
2.1.8 ZONA DE EXPEDICIONES.....	15
2.1.9 ÍTEM.....	15
2.1.10 POLÍTICA FEFO.....	15
2.2. LEYES, NORMAS Y CONCEPTOS RELACIONADOS AL MANEJO, COMERCIALIZACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE AGROQUÍMICOS.....	16
2.2.1 NORMAS TÉCNICAS INEN.....	17
2.2.2 GESTOR.....	20
2.2.3 LOTE.....	21
2.2.4 FECHA DE VENCIMIENTO.....	21
2.2.5 KLS-LTS.....	22
2.3. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	22
2.3.1 ANÁLISIS DE REGRESIÓN.....	22
2.3.2 SERIES DE TIEMPO.....	25
2.3.3 INDICADORES DE MODELOS DE SERIES DE TIEMPO: MAPE, MAD Y MSD.....	26
2.3.4 DESCOMPOSICIÓN ESTACIONAL Y SUS MÉTODOS ADITIVO Y MULTIPLICATIVO.....	27
2.3.5 MÉTODO DE WINTERS.....	28
2.4. META-HEURÍSTICA Y ALGORITMOS.....	29
2.4.1 META-HEURÍSTICA.....	29
2.4.2 ALGORITMO BIN-PACKING.....	31

CAPÍTULO 3

SITUACIÓN ACTUAL Y PROYECCIÓN	34
3.1. BREVE DESCRIPCIÓN DE LA CADENA DE ABASTECIMIENTO.....	34
3.2. COSTOS DE INCINERACIÓN POR OBSOLESCENCIA.....	35
3.3. ARMADO DE PEDIDOS.....	36
3.4. PRONÓSTICO DE LA DEMANDA	37

CAPÍTULO 4

DISEÑO Y APLICACIÓN DEL MODELO.....	45
4.1. DISEÑO DE MODELOS.....	45
4.1.1. <i>DISEÑO DEL MODELO MATEMÁTICO EN GAMS</i>	46
4.1.2. <i>DISEÑO DEL PROGRAMA DE ASIGNACIÓN EN MATLAB</i>	49
4.2. APLICACIÓN DE LOS MODELOS.....	50
4.1.1. <i>RESULTADO DEL MODELO MATEMÁTICO EN GAMS</i>	50
4.1.2. <i>RESULTADO DEL PROGRAMA DE ASIGNACIÓN EN MATLAB</i>	53

CAPÍTULO 5

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	57
5.1. CONCLUSIONES.....	57
5.2. RECOMENDACIONES.....	58

BIBLIOGRAFÍA	59
---------------------------	-----------

CONTENIDO DE IMÁGENES

<i>Imagen 1. Layout bodega por tipo de almacenamiento</i>	3
<i>Imagen 2. Costo alquiler bodegas</i>	6
<i>Imagen 3. Costo ampliar galpón e implementar estantería selectiva</i>	7
<i>Imagen 4. Pallet o Tarima de madera</i>	10
<i>Imagen 5. Estantería selectiva</i>	11
<i>Imagen 6. Estantería Drive-in</i>	12
<i>Imagen 7. Transpaleta</i>	14
<i>Imagen 8. Apilador eléctrico</i>	14
<i>Imagen 9. Montacargas</i>	15
<i>Imagen 10. Extracto sección I: Reforma al libro VI Texto unificado de legislación secundaria del Ministerio del Ambiente</i>	17
<i>Imagen 11. Detalle de lote</i>	21
<i>Imagen 12. Gráfico de dispersión</i>	23
<i>Imagen 13. Curvas de regresión</i>	23
<i>Imagen 14. Componentes de las series de tiempo</i>	25
<i>Imagen 15. Cadena de suministro</i>	34
<i>Imagen 16. Registro de errores en despachos</i>	37
<i>Imagen 17. Coeficiente de correlación</i>	39
<i>Imagen 18. Gráfico tendencia y pronóstico Vta neta en Kilos-Litro 2007-2011-2013</i>	40
<i>Imagen 19. Pronóstico en Minitab</i>	42
<i>Imagen 20. Gráfica de descomposición de series de tiempo Minitab</i>	42
<i>Imagen 21. Gráfica de residuos de Herbicidas Minitab</i>	43
<i>Imagen 22. Tipo de estantería drive-in</i>	45
<i>Imagen 23. Tabla de funciones en MATLAB</i>	49
<i>Imagen 24. Solve GAMS</i>	51
<i>Imagen 25. Matriz A GAMS</i>	51
<i>Imagen 26. Matriz R GAMS</i>	52
<i>Imagen 27. Variable Ch y Cnh GAMS</i>	52
<i>Imagen 28. Archivo Txt GAMS</i>	53
<i>Imagen 29. Matriz de respuesta MATLAB</i>	54
<i>Imagen 30. Vista de la disposición de los productos antes del re-ordenamiento</i>	55
<i>Imagen 31. Vista de la disposición de los productos después del fraccionamiento</i>	55
<i>Imagen 32. Comparativo de errores en despachos</i>	56

CONTENIDO DE TABLAS

<i>Tabla 1. Promedio de Pallets Almacenados.....</i>	<i>5</i>
<i>Tabla 2. Normas Técnicas INEN referentes a Plaguicidas</i>	<i>18</i>
<i>Tabla 3. Costo de Kilos-litros incinerados por año</i>	<i>35</i>
<i>Tabla 4. Venta anual en Kilos-Litro 2007-2011</i>	<i>38</i>
<i>Tabla 5. Indicadores MAPE, MAD y MSD</i>	<i>41</i>
<i>Tabla 6. Venta proyectada en Kls-Lts 2012-2013</i>	<i>43</i>
<i>Tabla 7. Promedio de pallet almacenados proyectado</i>	<i>44</i>
<i>Tabla 8. Cantidad de Bins por tamaño</i>	<i>45</i>
<i>Tabla 9. Comparativo Tiempo incurrido.....</i>	<i>57</i>
<i>Tabla 10. Análisis reducción de plantilla de auxiliares.....</i>	<i>57</i>

INTRODUCCIÓN

En los últimos años, en el mundo entero y sin excepción en nuestro país se vienen desarrollando grandes esfuerzos para buscar remediar daños ambientales, así como elaborar leyes para que las diferentes actividades que explotan recursos naturales o generan riesgos de contaminación a los mismos, se desarrollen bajo un adecuado control que garantice el adecuado uso o explotación de los mismos.

Se debe poner especial atención en el caso de los agroquímicos, ya que el uso de los mismos está destinado a incrementar la productividad de suelo y por ende mayor producción de alimentos; es ahí precisamente donde radica la importancia de su uso, ya que en los últimos años según el Banco Mundial en el año 2000, la población mundial alcanzó los 6.100 millones y viene creciendo a un ritmo anual de 1,2 por ciento, o 77 millones de personas al año. Se estima que para el 2030, existan alrededor de 8.500 millones de personas en el mundo.

Este crecimiento poblacional trae consigo una mayor demanda de alimentos, lo que provoca que año tras año se desarrollen nuevas moléculas o se modifiquen genéticamente semillas para obtener mayor productividad en el suelo, o crear plantas más resistentes a las enfermedades y a los cambios climáticos.

Sin embargo, el mal uso de los agroquímicos puede traer graves consecuencias al medio ambiente contaminando ríos, matando la flora y la fauna indiscriminadamente así como la afectación a la salud a las personas que lo aplican o que lo ingieren por residuos en los alimentos por mala aplicación.

Ante este contexto, la presente tesis busca aportar al buen manejo de los agroquímicos en una de las etapas en su cadena de distribución, que es el almacenamiento, incorporando técnicas especializadas para garantizar que el despacho de los mismos se haga previniendo su caducidad, ya que una vez caducado un agroquímico este debe ser incinerado lo cual de alguna manera también produce contaminación ambiental.

Para el desarrollo de la misma se ha revisado varias técnicas y aplicaciones difundidas en la Maestría de Control de Operaciones y Gestión Logística dictada por la Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas de la Escuela Superior Politécnica del Litoral ESPOL.

CAPÍTULO 1

DESCRIPCIÓN DE LA PROBLEMÁTICA

1.1. SITUACIÓN ACTUAL

Las fórmulas de cada producto agroquímico contienen ingredientes activos, los cuales tienen un tiempo durante el cual mantienen sus características y su efectividad sobre los cultivos y/o plagas, para asegurar el uso oportuno de los mismos cada producto tiene definido en base a estudios previos un tiempo de vigencia, el cual se denomina “fecha de expiración o caducidad”; este plazo es diferente de acuerdo al tipo de formulación del agroquímico y es controlado por los correspondientes organismos gubernamentales en cada país.

Antes de su vencimiento se pueden usar los agroquímicos con una alta certeza de su efecto sobre los cultivos y/o plagas, la identificación y control del mismo se lleva en las empresas formuladoras, re-ensadoras y distribuidoras de agroquímicos a través del número de lote, nomenclatura que permite identificar lugar y fecha de formulación/fabricación, entre otras cosas.

Conforme lo determina la ley, una vez concluido este periodo de vigencia los agroquímicos no pueden comercializarse o usarse, debiendo ser derivados a un gestor que se encarga de su disposición final, asegurándose que no generarán contaminación ambiental.

En la bodega principal de la empresa se reciben todas las importaciones y compras locales, tanto de materias primas como de productos terminados, esta bodega funciona como un almacén regulador, desde la cual se abastecen a la planta de fraccionamiento y a 20 bodegas secundarias en sucursales, desde estas bodegas secundarias se atiende a los clientes finales; la unidad mínima de despacho del almacén principal es en cajas completas; el 80% de los despachos se hacen en pallet completos, mientras que el saldo se hace en cajas.

Diseño de un modelo de soporte a la decisión de asignación de ubicaciones de mercadería en una bodega de Agroquímicos.

MCOGL

Un mal manejo de los inventarios puede ocasionar el vencimiento en bodega de los productos, incurriéndose por esta mala práctica en gastos adicionales como: el costo por los servicios del gestor encargado de la disposición final de los productos vencidos, la pérdida de la inversión en la compra de los mismos, el transporte por recolección, el almacenamiento en cuarentena, entre otros.

Por otro lado, en sólo cuatro meses se consumen casi el 50% del total de agroquímicos que se venden en 1 año, lo cual eleva la demanda de espacio en la bodega principalmente en esos meses.

Para evitar invertir en alquiler de bodegas sólo por ese periodo, ó en ampliación de instalaciones dedicadas al almacenamiento, la empresa en estudio implementó como solución el uso de estanterías drive-in en su bodega principal, con la intención de aprovechar el espacio vertical del galpón; por un lado, esto aumentó la capacidad de almacenamiento en posiciones pallet; pero por otro, ha ocasionado que los procesos de recepción, acomodo y despacho se hagan lentos, con errores y poco eficientes por la mayor demanda de recursos; los impactos se manifiestan en los altos tiempos de armados de pedidos y en los permanentes errores de despacho, en los cuales por tratar de atender pedidos dentro de la política de entrega (24 horas), se despachan lotes con mayor fecha de vencimiento (por que están al alcance), dejando los lotes más próximos a vencer en la bodega. La demanda de equipos de acarreo para lograr acceder a los lotes solicitados generan también un “*cuello de botella*” que coadyuva a los despachos incorrectos.

Administrar un inventario bajo un sistema FEFO (FIRST EXPIRED, FIRST OUT), cuando se tienen pocas referencias por lotes, y muchos lotes en un almacén con mayor implementación de estanterías drive-in y pocas estanterías convencionales, requiere una re-ubicación constante y oportuna (antes de cada arribo de mercadería) de los pallet almacenados, que optimice al máximo el espacio en bodega, y que asegure el desarrollo efectivo del sistema FEFO, cumpliendo los requisitos legales y de seguridad de los productos y sobre todo facilitando las operaciones en la bodega. Actualmente el re-ordenamiento de la mercadería al ingreso de nuevas importaciones o compras se hace por el criterio y/o memoria del operador del montacargas, y su ejecución

Diseño de un modelo de soporte a la decisión de asignación de ubicaciones de mercadería en una bodega de Agroquímicos.

MCOGL

tampoco es oportuna, ya que este trabajo se planifica sólo cuando la mercadería está físicamente en el almacén, a medida que se incrementa la ocupación de la bodega se requiere más tiempo para su planificación, siendo la tarea de encontrar el ordenamiento óptimo la que toma más tiempo. Como ordenamiento óptimo definimos aquel que deja ordenada la mercadería cronológicamente respecto a su vencimiento, así como el dejar más cerca de la puerta o a mejor alcance de los operarios los productos de mayor demanda en la temporada, mantenido los criterios de compatibilidad y segregación que exigen las normas de almacenamiento de agroquímicos.

Para ilustrar la disposición de las estanterías se levantó el layout del galpón

LAYOUT DE BODEGA POR TIPO DE ALMACENAMIENTO

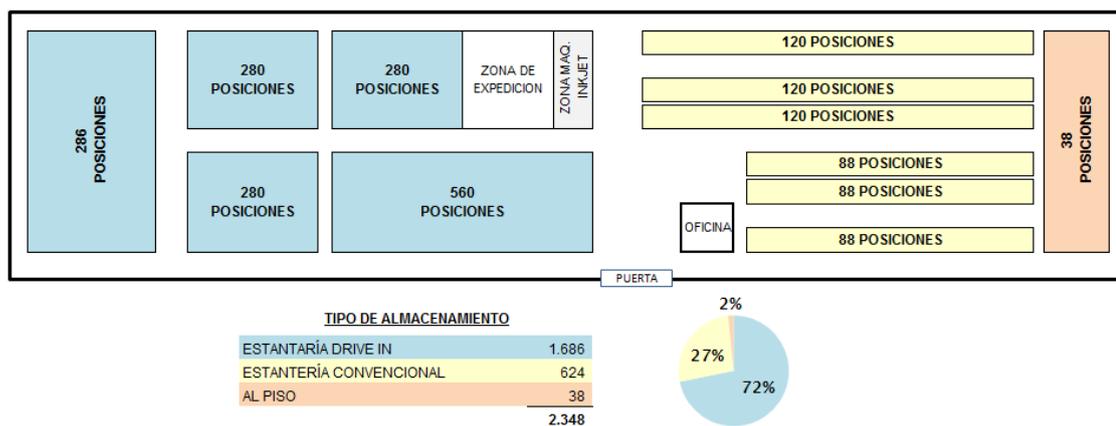


Imagen 1. Layout bodega por tipo de almacenamiento

Una solución, que podría satisfacer todas las restricciones del escenario descrito, sería implementar un galpón con estanterías selectivas o convencionales y trabajar bajo la modalidad de “hueco libre”; sin embargo, la necesidad de espacio al usar sólo estantería convencional sería de 4 a 5 veces más que el necesario al usar estantería drive-in; adicional al costo de implementación de un software para gestionar de manera eficiente el almacén; considerando además que la bodega estaría muy ocupada sólo algunos meses del año, teniendo en el resto de meses una ocupación menor sub-utilizando instalaciones.

1.2. JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

Las alternativas que se analizaron son:

1. Alquilar una bodega y,
2. Ampliar el galpón actual para cambiar de un sistema de almacenamiento mixto (Drive-in - Selectivo) a un sistema de almacenamiento solamente con estantería selectiva; es muy costoso y requiere un análisis detallado.

Para el análisis del alquiler de bodega, se obtuvo a través del sistema transaccional de la empresa, la información de los movimientos de la bodega principal en los últimos 5 años (2007-2011), los datos de ingresos y egresos se obtuvieron en unidades, esta información se transformó a pallet, considerando las unidades por caja, y las estibas de cajas por pallet, se simularon los cierres de inventario por día y de esta forma se obtuvo el promedio de pallet almacenados por mes y por año para calcular el nivel de ocupación que tuvo la bodega.

Para el análisis de la ampliación del galpón se revisaron ofertas de varios proveedores de estanterías, se escogió el más bajo del mercado y corresponde al mismo proveedor que implementó la estantería en el galpón, el origen de la misma es de fabricación nacional.

Para el cálculo del costo de la ampliación, se consideró un diseño que contemple los requisitos de seguridad exigidos en la NTE INEN 1927, para el almacenamiento de plaguicidas, así como los requisitos exigidos por el cuerpo de bomberos, Municipio y Ministerio del Ambiente.

1.2.1 COSTO DE ALQUILAR BODEGA PARA MESES DE MAYOR OCUPACIÓN.

Se promedió para los últimos 5 años el número de pallet almacenados en la bodega.

Durante los meses en los cuales se mantiene una ocupación menor al 80%, se da preferencia a ocupar en su totalidad, primero las ubicaciones en estanterías selectiva o convencional; luego las ubicaciones en estantería drive-in, la cual mantiene niveles de

Diseño de un modelo de soporte a la decisión de asignación de ubicaciones de mercadería en una bodega de Agroquímicos.

MCOGL

ocupación entre 50% al 69%; esta baja ocupación facilita, aunque con cierta complejidad el manejo adecuado del FEFO.

PROMEDIO DE PALLETS ALMACENADOS

Tipo de Producto	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
HERBICIDAS/MATAMALEZAS	674	512	486	504	497	703	832	899	872	724	706	641
FUNGICIDAS	540	480	457	448	384	397	441	371	404	374	653	617
INSECTICIDAS,ACARICIDAS	230	214	144	184	228	224	178	283	345	365	345	271
COADYUVANTES	153	165	193	145	187	178	187	67	58	43	37	90
ABONOS EDAFICOS	114	88	28	89	125	112	127	167	138	107	115	131
ABONOS FOLIARES	92	121	168	149	144	163	143	211	247	246	130	139
BIOESTIMULANTES	67	56	40	65	82	46	94	101	112	107	66	65
TOTAL	1,870	1,636	1,516	1,584	1,647	1,823	2,002	2,099	2,176	1,966	2,052	1,954
UBICACIONES DISPONIBLES EN BODEGA	2,348											
% UTILIZACION BODEGA	80%	70%	65%	67%	70%	78%	85%	89%	93%	84%	87%	83%

Tabla 1. Promedio de Pallets Almacenados

Mientras que; en los meses en los cuales se maneja un nivel de almacenamiento desde el 80% en adelante, la estantería drive-in se ocupa entre el 71% y 90%, lo que hace muy difícil el mantener la política FEFO, sobre todo porque los tiempos de despachos de pedidos se incrementan, por la mayor demanda de equipos de acarreo para el armado de los mismo; y para ganar tiempo, se toman los pallet que están “más a la mano”, sin considerar el lote que se solicita en el documento (transferencia o factura).

Es importante precisar que la descarga del inventario en el sistema transaccional, se hace una vez que se genera la transferencia o factura, documentos en los cuales se especifica el lote que se debe despachar, el lote es escogido por el sistema transaccional bajo la política FEFO. Cuando al arribo de nueva mercadería no se hace una re-ubicación de la misma, considerando los productos de mayor demanda en el momento y los vencimientos de los lotes, simplemente es difícil acceder a los lotes que solicitan los documentos, ya que para acceder a ellos se deben movilizar varios pallet.

Una solución posible sería que el sistema transaccional no escoja el lote al momento de la emisión de la factura o de la transferencia, sino que el mismo sea ingresado una vez que se ha preparado el pedido; pero este cambio no se asegura la aplicación de FEFO, por lo consiguiente no se solucionan los vencimientos de productos por malos despachos.

Diseño de un modelo de soporte a la decisión de asignación de ubicaciones de mercadería en una bodega de Agroquímicos.

MCOGL

Se ha analizado la opción de alquilar una bodega auxiliar, para mantener la ocupación de la bodega máximo al 70% de su capacidad; el tamaño mínimo necesario es de 1.000 mts² si se trata de una bodega con almacenamiento al piso sobre pallet de madera; o 2.797 posiciones pallet para el caso de alquilar una bodegas que ofrezca ubicaciones en estanterías.

Los datos presentados corresponden a la oferta de bodegas y/o operadores logísticos del sector en el cual está instalada la bodega principal de la empresa, esto a fin de no encarecer el costo de transporte, ni los tiempos de traslado de mercadería entre ambas bodegas.

COSTOS ALQUILER DE BODEGAS

<u>Bodega con almacenamiento al piso</u>		<u>Bodega con almacenamiento en estantería</u>	
área (mts):	1.000	Posiciones ocupadas al año	2.797
Costo por metro:	\$ 4,00	Costo por posición	\$ 13,00
Costo anual	\$ 48.000	Costo anual	\$ 36.361
Costos operativos anuales		Costos operativos anuales	
Transporte	\$ 7.800	Transporte	\$ 7.800
Alquiler montacargas	\$ -	Alquiler montacargas	\$ 11.700
Costos de Implementación		Costos de Implementación	
Implementaciones NTE INEN	\$ 6.000	Implementaciones NTE INEN	\$ 6.000
<small>- Extintores, sumideros, canales, duchas de seguridad, sistema de extracción de olores, etc</small>		<small>- Extintores, sumideros, canales, duchas de seguridad, sistema de extracción de olores, etc</small>	
Costo total 1er. Año	\$ 61.800	Costo total 1er. Año	\$ 61.861
Costo de los próximos 4 años	\$ 223.200	Costo de los próximos 4 años	\$ 223.444
Costos en 5 años	\$ 285.000	Costos en 5 años	\$ 285.305

Imagen 2. Costo alquiler bodegas

1.2.2 COSTO DE AMPLIAR GALPÓN E IMPLEMENTAR ESTANTERÍA SELECTIVA.

Se analizará la alternativa de ampliar el galpón actual, y reemplazar la estantería drive-in por estantería selectiva; implementando todas las 2.348 posiciones pallet bajo este sistema de almacenamiento, de esta forma bajo la metodología de almacenamiento a "huevo libre" se facilitará el manejo de la política FEFO.

Para implementar todo el galpón con estantería selectiva o convencional se requiere una ampliación de 610mts².

Diseño de un modelo de soporte a la decisión de asignación de ubicaciones de mercadería en una bodega de Agroquímicos.

MCOGL

No existen costos adicionales en equipos de acarreo, ya que al momento se cuenta con 2 montacargas y 2 apiladores, los cuales son suficientes para operar aun considerando la ampliación de la bodega. Los costos de implementación de los requisitos de seguridad exigidos en la NTE-INEN referente a los locales de almacenamiento de agroquímicos están incluidos en el costo por metro presentado.

Los valores presentados corresponden solamente a los de construcción e implementación; no se presentan otros gastos como, permisos municipales, etc.

<u>COSTOS AMPLIAR GALPON</u> <u>E IMPLEMENTAR ESTANTERIA SELECTIVA</u>		
Dimensión galpon actual	1.790	mts ²
Espacio Requerido	2.400	mts ²
Espacio a construir	610	mts ²
Costo por metro cuadrado	\$ 280	
Costo Ampliación	\$ 170.800	
Ubicaciones actuales	624	
Ubicaciones requeridas	2.348	
Ubicaciones a implementar	1.724	
Costo por ubicación	\$ 36,95	
Costo estantería	\$ 63.700	
Costo total	\$ 234.500	

Imagen 3. Costo ampliar galpón e implementar estantería selectiva

1.3. HIPÓTESIS

El poder generar una asignación dinámica y oportuna de los espacios de la bodega, considerando los criterios de compatibilidad y operatividad de los productos, puede ayudar a reducir los costos de incineración por obsolescencia en bodega, los errores en

despachos y los tiempos de armados de pedidos, sin incurrir en inversiones adicionales.

1.4. OBJETIVO GENERAL

Ofrecer a la bodega principal una herramienta que cuente con criterios y técnicas de optimización especializadas, y que permita de manera dinámica y oportuna la asignación de ubicaciones de mercadería en la bodega de manera óptima y segura en una empresa comercializadora de productos agroquímicos de la ciudad de Guayaquil.

1.5. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Estructurar un modelo heurístico, de asignación de ubicaciones para las mercaderías en la bodega, que contemple: La clasificación operativa de cada producto, los requisitos de seguridad y compatibilidad que requiere cada tipo de producto, y una política FEFO.
- Facilitar el despacho de mercadería respetando los lotes solicitados.
- Reducir los tiempos de despacho de los pedidos solicitados a la bodega.
- Reducir los costos relacionados a la destrucción de productos vencidos en las bodegas por despachos incorrectos.

CAPÍTULO 2

MARCO TEÓRICO

2.1. CONCEPTOS LOGÍSTICOS SOBRE GESTIÓN DE ALMACENES Y MANEJO DE MATERIALES

Se tomó como referencia principal para la mayoría de los conceptos emitidos en este apartado, los contenidos en el libro *“Sistemas de Almacenaje y Picking”*; cuyo autor Mikel Mauleón Torres fue ilustre catedrático de la Maestría de Control de Operaciones y Gestión Logística. En los casos que corresponda se citará el texto indicado con las siglas SAMM.

2.1.1 ALMACÉN REGULADOR

Por su función logística los almacenes se clasifican en (SAMM):

- Almacén regulador
- Almacén de delegación
- Almacén plataforma, y
- Almacén de depósito

Siendo el almacén regulador, como su nombre lo indica, el responsable de regular los niveles de inventario en los demás almacenes, en el libro referido (SAMM) encontramos las siguientes características que los identifican como tal:

- Están vinculados al proceso productivo.
- Tienen un flujo de entrada consistente en absorber los flujos de salida de fábricas (o las compras de los proveedores). A su vez, tienen un flujo de salida de envío hacia delegaciones, distribuidores y grandes clientes. De estos flujos de salida el más importante suele ser el flujo de salida hacia delegaciones.
- Los envíos hacia delegación, según sea la política de gestión de stock y comercial de la empresa, serán por el sistema Push (envío controlado desde el regulador) o sistema Pull (envío controlado desde la delegación).

2.1.2 PALLET

Pallet, tarima o paleta es un armazón de (madera, plástico u otro material) que se usa para el movimiento de carga, facilitando su levantamiento y traslado, a través del uso de equipos hidráulicos de acarreo como: transpaletas, carretillas elevadoras, apiladores o montacargas. Ejemplo de un pallet de madera:



Imagen 4. Pallet o Tarima de madera

2.1.3 LAYOUT

El término layout pertenece a la lengua inglesa, y su concepto puede traducirse como “disposición” o “plan”; en el contexto logístico, al referirnos al layout del almacén o bodega queremos indicar la disposición y orientación que tienen o tendrán dentro de la bodega las: estanterías, pasillos, zonas, muelles, oficinas, etc. Como referencia se puede observar la imagen1 en el capítulo 1.

Las principales áreas que se deben considerar a la hora de definir un layout son: zonas de recepción y expedición, almacenamiento, preparación de pedidos (picking), control e inspección de calidad, patios de maniobra y estacionamientos, entre otras. Sin embargo, para hacer un diseño de layout completo es necesario realizar un exhaustivo listado de éstas y otras áreas que hacen la funcionalidad de la solución, como por ejemplo, área de mantenimiento, carga de baterías, sanitarios, vestidores, oficinas (de

control, administrativas, vigilancia, casetas), armado de ofertas o maquilas y transferencias

2.1.4 ESTANTERÍA SELECTIVA O CONVENCIONAL

Las estanterías (metálicas o de madera) son estructuras que permiten el posicionamiento de la mercadería. De esta forma las cajas, sacos, pallet, etc., no descansan unos encima de otros y ello permite ganar almacenamiento en altura.

SAMM



Imagen 5. Estantería selectiva

Las características de las estanterías convencionales o selectivas según SAMM son:

- Sistema clásico
- La disposición de la planta es: pared-estantería-pasillo.
- La profundidad de paletización es de 1 pallet.
- Cualquier ubicación es accesible directamente, lo cual incrementa la rapidez de acceso a la mercadería. Por el contrario, esta rapidez tiene un precio: la proporción pasillo/estantería es alta (Un pasillo por cada dos estanterías)
- Sistema recomendado en situaciones en las que no existen referencias que requieren una gran cantidad de almacenamiento.

- También recomendado en situaciones en las que es preciso acceder con rapidez a la mercadería para preparar pedidos.

2.1.5 ESTANTERÍA DRIVE-IN

A diferencia de las convencionales, con este sistema se pretende optimizar al máximo la ocupación del almacén. Las estanterías forman calles y a través de ellas se introduce la carretilla o montacargas para manipular la estantería. Es evidente que para acceder a las paletas que “están más al fondo” es necesario retirar las que están más afuera. Por eso, este sistema es aconsejable cuando para cada producto es preciso almacenar un elevado nivel de pallet. [SAMM]



Imagen 6. Estantería Drive-in

Diseño de un modelo de soporte a la decisión de asignación de ubicaciones de mercadería en una bodega de Agroquímicos.

MCOGL

También se utilizan cuando el m³ de almacén es caro: almacenes frigoríficos (helados, congelados, etc.) y/o de temperatura controlada.

Para respetar el FEFO (FIRST EXPIRED, FIRST OUT), por ejemplo, -en almacenes de alimentación fresca, etc.- es muy conveniente no colocar dos productos diferentes en la misma estantería, ya que ello obligaría a numerosas manipulaciones. Para acceder al pallet de atrás habría que retirar todos los anteriores, sacar el solicitado y volver a colocar todos los pallet retirados previamente.

Los desplazamientos de la carretilla en el interior de la estantería drive-in son más lentos que en el pasillo abierto.

En orden a respetar el FEFO, la situación ideal consiste en asignar a un mismo producto dos o más calles: las extracciones se efectúan de una de ellas hasta quedar vacía y se continúa extrayendo de otra. Las entradas de material se efectúan siempre en calles vacías, es decir, de una calle se extrae mercadería y en otras se introduce.

2.1.6 METODOLOGÍA “HUECO LIBRE”

Es un sistema de almacenaje también conocido como almacenamiento caótico, consiste en que la asignación de lugares o huecos para las mercancías se realiza sin atender a ningún orden concreto, sino más bien siguiendo unos criterios básicos de zona, tamaño, condiciones, proximidad al Picking, etc., el almacenaje de las mercaderías se realiza de manera que se asignan las ubicaciones a medida que se van recibiendo. Para un máximo aprovechamiento de este sistema, es necesario llevar un registro de las ubicaciones asignadas a cada pallet, para que con esta información se ubique de manera más rápida la mercadería al momento de su despacho. [SAMM]

2.1.7 EQUIPOS DE ACARREO O ELEMENTOS DE MANIPULACIÓN

Son los equipos que se utilizan para acarrear o desplazar los pallet y mercaderías, pueden ser [SAMM]

Móviles:

- Transpaletas: Manuales, eléctricas.
- Apiladores: Manuales, eléctricos.
- Carretillas: Contrapesadas, retráctiles, trilaterales, cuatro caminos.
- Trans-elevadores.

Fijos:

- Transporte por rodillos.
- Cintas transportadoras.
- Sistemas de transporte aéreo.

En la bodega principal de la empresa analizada se usan 3 diferentes equipos para el traslado de mercadería, que son:

Transpaletas



Imagen 7. Transpaleta

Apiladores eléctricos



Imagen 8. Apilador eléctrico

Carretilla contra pesada o Montacargas



Imagen 9. Montacargas

2.1.8 ZONA DE EXPEDICIONES

Zona destinada al embalaje; si procede, de los pedidos ya preparados. Se almacenan temporalmente los pedidos en espera de ser cargados en el medio de transporte: camiones de ruta, camionetas de reparto, etc. Es importante disponer de esta zona para independizar la preparación de pedidos de la carga en el camión. De lo contrario, no se puede efectuar el Picking y la preparación de pedidos hasta que no estén las furgonetas de reparto, con la consiguiente falta de organización y pérdida de tiempo/recursos que conlleva. [SAMM]

2.1.9 ÍTEM

Equivale a referencia. El artículo es la menor unidad física depositada en un almacén. El artículo se define por el tamaño, el volumen, el color, el envase, y todo lo que pueda diferenciar dos objetos entre sí.

2.1.10 POLÍTICA FEFO

Sus siglas en inglés indican FIRST EXPIRED, FIRST OUT, que se traduce como: Primero en caducar, primero en salir: constituye una política de almacenamiento que prioriza primero la salida del producto más próximo a vencer antes que los productos con fecha de vencimiento más larga.

2.2. LEYES, NORMAS Y CONCEPTOS RELACIONADOS AL MANEJO, COMERCIALIZACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE AGROQUÍMICOS

Para el control, gestión y manejo de los agroquímicos existe un amplio marco legal, el cual se compone de: Convenios, Acuerdos, Tratados, Leyes, Reglamentos y Normas.

Algunas de las cuales detallamos a continuación:

- Convenios Internacionales: Estocolmo (COP), Basilea (Desechos Peligrosos), y Rotterdam (Plaguicidas y Productos químicos Peligrosos).
- Norma Andina para el registro y control de plaguicidas químicos de uso agrícola, Decisión No.436, de la comisión de la Comunidad Andina de Naciones (CAN).
- Ley para la formulación, fabricación, importación, comercialización y empleo de plaguicidas y productos afines de uso agrícola, RO No. 442.
- Reglamento general de plaguicidas y productos afines de uso agrícola RO No 233
- Reglamento de uso y aplicación de Plaguicidas en las plantaciones dedicadas al cultivo de flores, RO No.623.
- Reglamento de Saneamiento Ambiental Bananero, RO No. 406.
- Ley orgánica de salud. Suplemento del RO No. 423.
- Ley de Gestión Ambiental, RO No.245.
- TULAS, Libro de Calidad Ambiental. DE-3516, RO-E-2. Título V, Reglamento para la prevención y control de la contaminación por desechos peligrosos.
- Normas Técnicas Nacionales NTE-INEN

A continuación se presenta un extracto de la sección I: PRINCIPIOS GENERALES, de la Reforma al libro VI del Texto unificado de legislación secundaria del Ministerio del Ambiente, expedido mediante decreto ejecutivo No. 3516. En el cual se determina la responsabilidad compartida y diferencias de todos los sujetos de control en el contexto de la comercialización, distribución, uso, etc., de productos contaminantes peligrosos.

CAPÍTULO I PRINCIPIOS GENERALES Y ÁMBITO DE APLICACIÓN

Sección I PRINCIPIOS GENERALES

Art. 151.- Sin perjuicio de los demás principios que rigen en la legislación ambiental aplicable, para la cabal aplicación de este instrumento, tómesese en cuenta los siguientes principios:

De la cuna a la tumba: La responsabilidad de los sujetos de control del presente Reglamento, abarca de manera integral, compartida y diferenciada, todas las fases de gestión integral de las sustancias químicas peligrosas y la gestión adecuada de los desechos peligrosos y especiales desde su generación hasta la disposición final.

El que contamina paga: Todo daño al ambiente, además de las sanciones a las que hubiera lugar, implicará la obligación de restaurar integralmente los ecosistemas e indemnizar a las personas y comunidades afectadas.

Responsabilidad objetiva: La responsabilidad por daños ambientales es objetiva. Todo daño al ambiente, además de las sanciones correspondientes, implicará también la obligación de restaurar integralmente los ecosistemas e indemnizar a las personas y comunidades afectadas.

Responsabilidad Extendida del productor: Los productores o importadores tienen la responsabilidad del producto a través de todo el ciclo de vida del mismo, incluyendo los impactos inherentes a la selección de los materiales, del proceso de producción de los mismos, así como los relativos al uso y disposición final de estos luego de su vida útil.

Imagen 10. Extracto sección I: Reforma al libro VI Texto unificado de legislación secundaria del Ministerio del Ambiente

Se Revisará un poco más en detalle las NTE INEN, por estar directamente relacionadas con el tema estudiado.

2.2.1 NORMAS TÉCNICAS INEN

Las Normas Técnicas son emitidas por el Instituto Ecuatoriano de Normalización INEN, el cual es el organismo oficial de la República del Ecuador para la normalización, la certificación y la metrología.

El INEN tiene como objetivo general: Cumplir las competencias de organismo técnico nacional, en materia de reglamentación, normalización y metrología, establecidos en las normativas constitucional y legal vigentes, así como en tratados, acuerdos y convenios internacionales.

Diseño de un modelo de soporte a la decisión de asignación de ubicaciones de mercadería en una bodega de Agroquímicos.

MCOGL

Es una entidad adscrita al Ministerio de Comercio Exterior, Industrialización, Pesca y Competitividad, MICIP, y fue creada en 1.970-08-28 mediante Decreto Supremo No. 357 publicado en el Registro Oficial No. 54 de 1970-09-07.

Las NTE-INEN pueden tener un carácter obligatorio u opcional. La entidad responsable de verificar el cumplimiento de las normas de carácter obligatorio en el caso de los plaguicidas es Agrocalidad.

Las NTE-INEN relacionadas al manejo de plaguicidas son:

Norma	Nombre	Carácter
NTE INEN 1838	Plaguicidas. Definiciones y Clasificación	Opcional
NTE INEN 1913	Plaguicidas. Etiquetado. Requisitos	Obligatorio
NTE INEN 1927	Plaguicidas. Almacenamiento y transporte. Requisitos	Obligatorio
NTE INEN 1898	Plaguicidas. Clasificación toxicológica	Obligatorio
NTE INEN 1871	Plaguicida. Nombres comunes, comerciales y técnicos.	Obligatorio
NTE INEN 1962	Locales de distribución	Obligatorio
NTE INEN 2078	Eliminación de residuos, sobrantes y envases. Requisitos	Obligatorio
NTE INEN 2168	Muestreo	Opcional

Tabla 2. Normas Técnicas INEN referentes a Plaguicidas

De las NTE-INEN detalladas arriba, se extrae para ilustración la información que tenga relación directa con el tema que se está desarrollando:

NTE INEN 1927. Plaguicidas. Almacenamiento y transporte. Requisitos.

Entre las más relevantes tenemos:

Localización: Los lugares destinados al almacenamiento deben reunir las siguientes condiciones:

Diseño de un modelo de soporte a la decisión de asignación de ubicaciones de mercadería en una bodega de Agroquímicos.

MCOGL

- Alejados de áreas residenciales, escuelas, hospitales, áreas de comercio, industrias que procesen alimentos para el hombre o los animales, ríos, pozos, canales o lagos.
- Deberá existir un espacio mínimo de 10m entre la cerca o muro del medio circundante y las paredes de la bodega.
- Deberá tener un sitio autorizado para la recolección o eliminación de los residuos de plaguicidas y productos afines.

Servicios:

- Dispondrán de un lugar o sitio adecuado para vestuarios e higiene del personal.

Locales:

- La bodega debe contar con detectores de humo y un sistema de alarmas contra incendios.
- Para facilitar una buena ventilación deberá tener un espacio de un metro entre el producto más alto (en anaqueles) y el techo, así como entre el o los productos y las paredes.
- La temperatura en la bodega no podrá exceder los 55 grados centígrados.
- Deberá construirse un desagadero externo, con una profundidad mínima de 150mm bajo el nivel del suelo de la bodega y que circunde a la misma; y éste deberá conectarse a un área colectora especial de tratamiento, con el fin que las áreas circundantes no se contaminen.
- Deberá tener un sumidero dentro del área de bodega, que se conectará al desagadero.
- La bodega debe tener puertas de emergencia, las mismas que se ubicarán a 30 metros de distancia unas de otras, cuando el tamaño de la bodega así lo amerite.
- Dispondrán de una ducha de emergencia.

- Deberán tener un bordillo alrededor de la bodega
- Cuando exista conexión entre bodegas deberá haber un muro rompe-fuegos, tanto en las paredes como en el techo, y debe sobresalir de los mismos hasta una altura de 1 metro.
- Todos los almacenes dispondrán de un pararrayos.

Colocación y apilamiento:

- En el caso de almacenar fertilizantes en la misma bodega con plaguicidas y productos afines, deberán estar separados entre sí.
- Los envases no deben estar almacenados directamente sobre el suelo, se deben usar pallet o tarimas.
- Se deberá apilar o colocar en las paletas, plaguicidas o productos afines que correspondan a una sola clasificación.
- Los bloques para almacenar plaguicidas y productos afines, tendrán un ancho de dos paletas y un largo que no excederá las ocho paletas
- la distancia entre el bloque y la pared (espacio libre), así como entre bloques será de un metro.
- La altura del apilado no deberá exceder a dos paletas; solamente se permite colocar un bulto encima de otro, y cada bulto no deberá exceder más de 1,3 de alto.

2.2.2 GESTOR

Se denomina “Gestor o Prestador de servicios para el manejo de desechos peligrosos y/o especiales a toda persona natural o jurídica que presta servicios de almacenamiento temporal, transporte y/o eliminación de desechos peligrosos y/o especiales, que haya recibido una autorización o una licencia ambiental para el efecto.[Acuerdo ministerial 161 del 31 de agosto del 2.001]

2.2.3 LOTE

Es la nomenclatura que se imprime generalmente en la etiqueta de producto, mediante el cual se identifican los mismos para efectos de trazabilidad. El lote se puede componer de varios elementos; como ejemplo se detalla el modelo que se usa en la empresa que se está analizando:

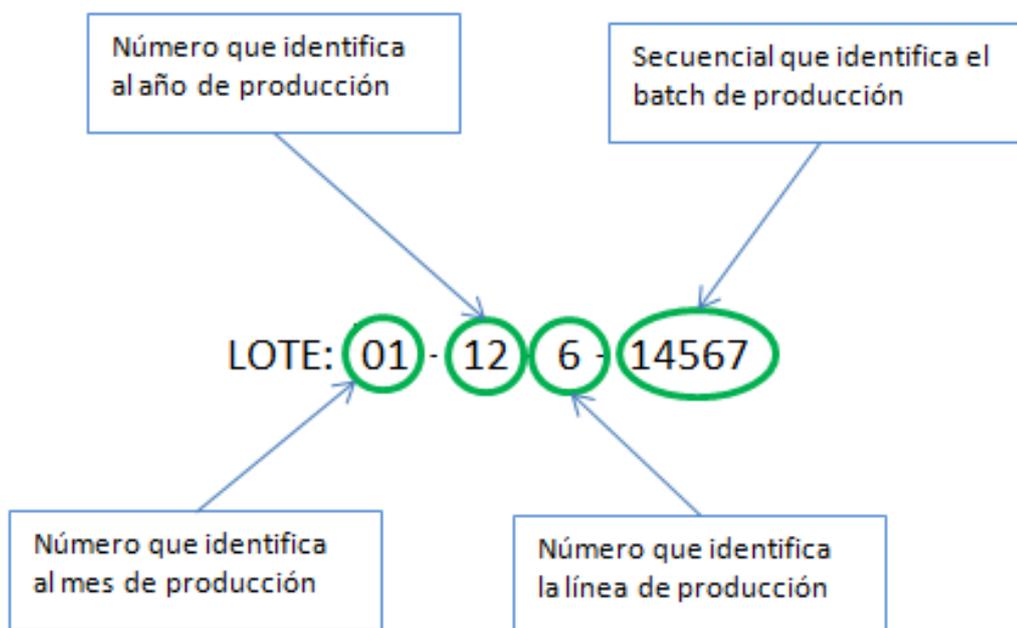


Imagen 11. Detalle de lote

Para efectos de trazabilidad a partir de este lote se puede establecer entre otras cosas: Qué materia prima se usó, qué operadores intervinieron en el proceso, qué material de empaque se usó, en qué máquina, etc.

2.2.4 FECHA DE VENCIMIENTO

Es la fecha máxima hasta la cual se puede comercializar, o usar el producto; luego de esta fecha el distribuidor del producto agroquímico está obligado por ley a retirar/recibir en devolución, los productos que aún o se hayan usado o vendido, con la finalidad de asegurar su disposición final a través de un gestor especializado evitando contaminación al medio ambiente.

La fecha de vencimiento debe ir impresa en la etiqueta junto a la fecha de fabricación, lote y número de registro, y se identificará con la nomenclatura "Fch. Exp."

2.2.5 KLS-LTS

Dentro de la organización se maneja el término Kilos-Litros, en su abreviatura KLS-LTS; que es la suma de las unidades convertidas a: Kilos en el caso de los polvos, y a litros en el caso de los líquidos. Ejemplo: Para establecer cuantos Kilos-Litros tenemos en 100 unidades de 500gr de un producto A, más 3 galones de un producto B se procede así:

- El producto A como es un polvo hay que convertirlo a su equivalente en kilos, por ser 100 unidades de 500gr, el total en kilos sería 50 kl.
- El producto B, como es un líquido hay que convertirlo a su equivalente en litros, por ser 3 galones, cada galón tiene 3,785 lit., el total en litros sería: 11,355 litros.
- Entonces, la suma total de los productos A y B en Kilos-Litros sería: 61,315

El término Kilos-litros nada tiene que ver con la medida de volumen conocida como kilolitro.

2.3. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

2.3.1 ANÁLISIS DE REGRESIÓN

El análisis de regresión se utiliza para fines de predicción, el objetivo del mismo es desarrollar un modelo estadístico que se pueda usar para predecir los valores de una variable dependiente, basada en los valores de por lo menos una variable independiente [Berenson, Levine. 1.996].

Si las dos variables X e Y se relacionan según un modelo de línea recta, se habla de regresión lineal simple, cuando las variables X e Y se relacionan según una línea curva, se habla de regresión no lineal o curvilínea, según la dispersión de los datos (nube de puntos) en el plano cartesiano, pueden darse alguna de las siguientes relaciones: Lineal, Logarítmica, Exponencial, Polinómica, etc.

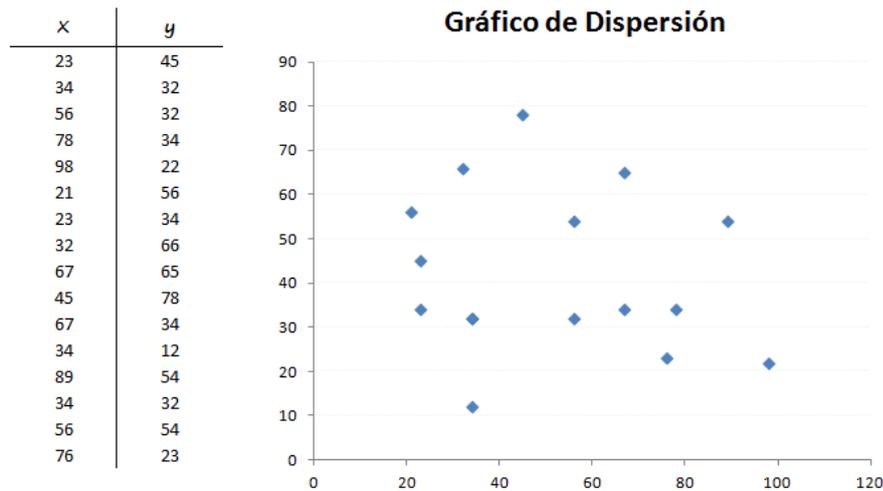


Imagen 12. Gráfico de dispersión

Cuando hay más de una variable independiente x_1, x_2, \dots, x_n , y una sola variable dependiente y se habla de regresión múltiple, las variables x_i se denominan, regresoras, predictoras o independientes.

Las ecuaciones de algunas de las relaciones posibles, más una representación gráfica de la curva que puede seguir cada tendencia, en el modelo de regresión simple se presentan a continuación:

Tendencia	Curva	Ecuación	Donde:
Exponencial		$y = \alpha e^{\beta x}$	α es el intercepto β es la pendiente, y e es la base de logaritmo natural.
Lineal		$y = \alpha + \beta x + \varepsilon$	α es el intercepto β es la pendiente, y ε es un error aleatorio
Logarítmica		$y = \alpha + \beta \ln(x)$	α es el intercepto β es la pendiente, y \ln es el logaritmo natural neperiano.
Polinómica		$y = \beta + \alpha_1 x + \alpha_k x^k$	α es el intercepto β es la pendiente, y k es el grado del polinomio. $k+1 < n$

Fuente: Ayuda Microsoft Excel

Imagen 13. Curvas de regresión

Logaritmo natural

En matemáticas se denomina logaritmo natural o informalmente logaritmo neperiano al logaritmo cuya base es el número e , un número irracional cuyo valor aproximado es 2,7182807066232140698591273860753

Para establecer cuál es el modelo de regresión que se ajusta mejor a los datos y usar su ecuación para pronosticar datos a partir de la recta de regresión se debe analizar el coeficiente de determinación R^2 de cada uno.

COEFICIENTE DE DETERMINACIÓN R^2

Es el cuadrado del coeficiente de correlación, con él cual se contesta una pregunta importante que se plantea en el análisis de regresión, que es la siguiente: ¿Qué porcentaje de la variación total en Y se debe a la variación en X ?

En otras palabras, con el coeficiente de determinación conocemos cuál es la proporción de la variación total en Y que puede ser “explicada” por la variación en X .

Por lo indicado el coeficiente R^2 ofrece una idea de la calidad del ajuste del modelo a los datos, se calcula mediante expresión:

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2 - \frac{(\sum Y_i)^2}{n}}{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2 - \frac{(\sum Y_i)^2}{n}}$$

Donde:

Y_i Valor observado

\hat{Y}_i = Valor obtenido por la recta de regresión

\bar{Y} = Promedio de los datos observados

n = Número de observaciones

Un modelo de regresión con R^2 mayor o igual a 0,75 se puede considerar bastante aceptable, mientras más cerca de 1 esté este valor, mayor es la explicación de de la variación total en Y respecto a la variación de X . [Acuña 2.011]

2.3.2 SERIES DE TIEMPO

Es un conjunto de datos cuantitativos que se obtienen en periodos regulares a través del tiempo. Por ejemplo: Los precios en cierres diarios de una acción, las ventas mensuales de un producto, etc. La unidad de tiempo puede ser: Hora, día, mes, trimestre, año o cualquier periodo que se pueda considerar de interés. Los métodos de análisis de series de tiempo consideran el hecho que los datos tomados en diversos periodos de tiempo pueden tener algunas características de auto-correlación, tendencia o estacionalidad que se debe tomar en cuenta.

La aplicación de estos métodos tiene dos propósitos: comprender las fuerzas de influencia en los datos y descubrir la estructura que produjo los datos observados. Ajustar el modelo y proceder a realizar pronósticos, monitoreo, retroalimentación y control en avance. Sus aplicaciones incluyen pronósticos económicos, análisis de presupuesto, análisis del mercado, etc.

Los factores que influyen sobre los datos de las series de tiempo son:

<i>Componente</i>	<i>Clasificación del componente</i>	<i>Definición</i>	<i>Razón de la influencia</i>	<i>Duración</i>
Tendencia	Sistemático	Patrón de movimientos ascendentes o descendentes, general o persistente, a largo plazo	Debido a cambios en tecnología, población, riqueza, valores	Varios años
Estacional	Sistemático	Fluctuaciones periódicas bastante regulares que ocurren dentro de cada periodo de 12 meses, año tras año	Debido a condiciones de tiempo, costumbres sociales, costumbres religiosas	Dentro de 12 meses (o información mensual o trimestral)
Cíclica	Sistemático	Desplazamientos o movimientos repetitivos ascendentes y descendentes mediante cuatro fases: desde el punto más alto (prosperidad) a la contracción (recesión); de la cima (depresión) a la expansión (recuperamiento o crecimiento)	Debido a interacciones de numerosas combinaciones de factores que influyen sobre la economía	Por lo general de 2 a 10 años con diferente intensidad para un ciclo completo
Irregular	No sistemático	Las fluctuaciones erráticas o (residuales) en una serie de tiempo que existen después de tomar en cuenta los efectos sistemáticos -tendencia, estacional y cíclico	Debido a variaciones aleatorias en los datos o debido a acontecimientos imprevistos como huelgas, huracanes, inundaciones, asesinatos políticos, etc.	Duración breve y no repetida

Fuente: Estadística Básica en Administración. [Berenson, Levine 1.996]

Imagen 14. Componentes de las series de tiempo

2.3.3 INDICADORES DE MODELOS DE SERIES DE TIEMPO: MAPE, MAD Y MSD

Estos indicadores sirven para comparar la efectividad de diferentes modelos utilizados. Siempre se busca el valor menor en los indicadores MAPE, MAD y MSD ya que representa un mejor ajuste del modelo. [Reyes 2.007]

MAPE: Porcentaje promedio absoluto de error, mide la exactitud de los valores estimados de la serie de tiempo. La exactitud se expresa como un porcentaje con \hat{Y}_t igual al valor observado, Y_t es el valor estimado y n el número de observaciones. [Reyes 2.007]

$$\text{MAPE} = \frac{\sum |Y_t - \hat{Y}_t| / Y_t}{n} \times 100 \quad ; \quad Y_t \neq 0$$

Donde:

$$Y_t = \text{Valor observado}$$

$$\hat{Y}_t = \text{Valor estimado}$$

$$n = \text{Número de observaciones}$$

$$n = \text{Número de observaciones}$$

MAD: Desviación media absoluta, mide la exactitud de los valores estimados de la serie de tiempo. Expresa la exactitud en las mismas unidades de los datos. [Reyes 2.007]

$$\text{MAD} = \frac{\sum |Y_t - \hat{Y}_t|}{n} \quad ; \quad Y_t \neq 0$$

Donde:

$$Y_t = \text{Valor observado}$$

$$\hat{Y}_t = \text{Valor estimado}$$

$$n = \text{Número de observaciones}$$

$$n = \text{Número de observaciones}$$

MSD: Desviación cuadrática media, es más sensible a errores anormales de pronóstico que el MAD. [Reyes 2.007]

$$MSD = \frac{\sum_{t=1}^n |e_t - \bar{e}|^2}{n} ; \bar{e} \neq 0$$

Donde:

$$e_t = Y_t - \hat{Y}_t$$

$$\bar{e} = \frac{\sum_{t=1}^n e_t}{n}$$

$$n = \sum_{t=1}^n 1$$

$$n = \text{Número de observaciones}$$

2.3.4 DESCOMPOSICIÓN ESTACIONAL Y SUS MÉTODOS ADITIVO Y MULTIPLICATIVO

El pronóstico clásico por descomposición de series de tiempo está construido sobre la filosofía de que un patrón de ventas históricas puede descomponerse en cuatro categorías: tendencia, variación estacional, variación cíclica y variación residual o irregular. Si la serie de tiempo está bien descrita por los primeros tres componentes, la variación residual deberá ser aleatoria.

Tiene una amplitud de pronóstico amplia siguiendo la tendencia con el patrón de estacionalidad. Se puede usar componente de estacionalidad en modo aditivo o multiplicativo con la tendencia.

El análisis clásico de series de tiempo combina cada tipo de la variación de ventas de la siguiente forma:

En el método Aditivo: $Y_t = T + S + C + I$

En el método multiplicativo: $Y_t = T \times S \times C \times I$

Donde:

F = Pronóstico de demanda

T = Nivel de tendencia

S = Índice de estacionalidad

C = Índice cíclico

R = Índice residual

El método aditivo supone que los componentes de la serie son independientes, es decir, la amplitud de la estacionalidad es independiente del nivel de la tendencia ciclo. Un aumento en el nivel de la tendencia-ciclo no ocasiona un aumento en la amplitud estacional; mientras que el método multiplicativo supone que los componentes están interrelacionados, un aumento en el nivel de la tendencia-ciclo ocasiona un aumento en la amplitud estacional. [Reyes 2.007]

La mayoría de las series de tiempo económicas siguen un modelo multiplicativo. En los casos en que la serie presenta valores negativos o ceros, el único modelo aplicable es el aditivo.

2.3.5 MÉTODO DE WINTERS

Incorpora influencias estacionales en el pronóstico, hace uso de tres constantes de suavización: una para estimar el nivel actual de los valores de series de tiempo, la segunda para estimar la pendiente de la línea de tendencia y la tercera para estimar el factor estacional por emplear como multiplicador.

Una serie con tendencia lineal, y patrón estacional multiplicativo puede modelarse con el método de Winter, formalmente el modelo de pronóstico se expresa:

$$\hat{Y}_t = a + bt + \frac{Y_t}{S_t}$$

Donde

a = Porción constantes

b = Pendiente de la componente de tendencia

α_t = Factor estacional para el periodo t

ϵ_t = Error aleatorio

Las ecuaciones para el nivel, la pendiente y la estacionalidad, α , β , α_t son respectivamente:

$$\alpha = \frac{D_{t-1} - D_{t-2}}{D_{t-1} + D_{t-2}} + \alpha_1 - \frac{D_{t-1} - D_{t-2}}{D_{t-1} + D_{t-2}} \alpha_1 \quad 0 < \alpha < 1$$

$$\beta = \frac{D_{t-1} - D_{t-2}}{D_{t-1} + D_{t-2}} + \beta_1 - \frac{D_{t-1} - D_{t-2}}{D_{t-1} + D_{t-2}} \beta_1 \quad 0 < \beta < 1$$

$$\alpha_t = \frac{D_{t-1} - D_{t-2}}{D_{t-1} + D_{t-2}} + \alpha_{t1} - \frac{D_{t-1} - D_{t-2}}{D_{t-1} + D_{t-2}} \alpha_{t1} \quad 0 < \alpha_t < 1$$

El método de pronósticos consiste en estimar los parámetros del modelo y usarlos para generar el pronóstico.

La componente constante se estima en forma independiente de la tendencia y los factores estacionales, por lo que se llama constante no estacional. De la misma manera, el factor de tendencia debe ser independiente de los factores estacionales.

Los factores estacionales se pueden ver como un porcentaje de las componentes constante y tendencia para el periodo t; si la demanda en un periodo dado de una estación es menor que la componente de tendencia/constante, el factor estacional será menor que uno, y si la demanda es mayor, será mayor que uno.

El número de factores estacionales debe ser igual al número de estaciones al año. Para pronosticar, se obtienen las estimaciones iniciales de las componentes del modelo y se actualizan usando suavizamiento exponencial. [Reyes 2.007]

2.4. META-HEURÍSTICA Y ALGORITMOS

2.4.1 META-HEURÍSTICA

Se habla de heurística para referirse a una técnica, método o procedimiento inteligente de realizar una tarea que no es producto de un riguroso análisis formal, sino de conocimiento experto sobre la tarea. En especial, se usa el término heurístico para referirse a un procedimiento (algoritmo) que trata de aportar soluciones a un

problema con un buen rendimiento, en lo referente a la calidad de las soluciones y a los recursos empleados.

Una heurística en un problema de optimización, aparte de las condiciones que deben cumplir las soluciones factibles del problema, se busca la que es óptima según algún criterio de comparación entre ellas.

En Optimización Matemática (y en Investigación de Operaciones I.O.), se usa el calificativo heurístico en contraposición a exacto, que se aplica a los procedimientos a los que se les exige que la solución aportada sea óptima y factible. Una solución heurística de un problema es la proporcionada por un método heurístico, es decir, aquella solución sobre la que se tiene cierta confianza de que es factible y óptima, o de que alcanza un alto grado de optimalidad y/o factibilidad.

También es usual aplicar el término heurística cuando, utilizando el conocimiento que se tiene del problema, se realizan modificaciones en el procedimiento de solución del problema que, aunque no afectan a la complejidad del mismo, mejoran el rendimiento en su comportamiento práctico.

Estas estrategias generales para construir algoritmos, que quedan por encima de las heurísticas, y van algo más allá, se denominan meta-heurísticas.

El término meta-heurística se obtiene de anteponer a heurística el sufijo “meta” que significa “más allá” o “a un nivel superior”. Las meta-heurísticas son: estrategias inteligentes para diseñar o mejorar procedimientos heurísticos muy generales con un alto rendimiento.

Los cuatro tipos fundamentales

1. **Las meta-heurísticas de relajación** se refieren a procedimientos de resolución de problemas que utilizan relajaciones del modelo original (es decir, modificaciones del modelo que hacen al problema más fácil de resolver), cuya solución facilita la solución del problema original.

2. **Las meta-heurísticas constructivas** se orientan a los procedimientos que tratan de la obtención de una solución a partir del análisis y selección paulatina de las componentes que la forman.
3. **Las meta-heurísticas de búsqueda** guían los procedimientos que usan transformaciones o movimientos para recorrer el espacio de soluciones alternativas y explotar las estructuras de entornos asociadas.
4. **Meta-heurística evolutivas** están enfocadas a los procedimientos basados en conjuntos de soluciones que evolucionan sobre el espacio de soluciones.

Algunas meta-heurísticas surgen combinando meta-heurísticas de distinto tipo, como la meta-heurística GRASP (Greedy Randomized Adaptive Search Procedure), que combina una fase constructiva con una fase de búsqueda de mejora.

Otras meta-heurística se centran en el uso de algún tipo de recurso computacional o formal especial como:

- Las redes neuronales,
- Los sistemas de hormigas o
- La programación por restricciones y no se incluyen claramente en ninguno de los cuatro tipos anteriores.

2.4.2 ALGORITMO BIN-PACKING

[Ghiani, Laporte, Musmanno. 2.004] Los problemas surgen en los almacenes de embalaje en la preparación de los envíos salientes. Dependiendo de las características de los Productos y en el modo de transporte, los artículos o cartones tienen que ser montados sobre una paleta o insertados en un contenedor, paletas tienen que ser cargados en camiones, o contenedores que tienen que ser puesto en un barco o un avión.

Todos estos problemas comparten una estructura matemática común ya que en ambos casos algunos "objetos" se empaquetan en un conjunto de bandejas. El objetivo es minimizar el costo asociado con el uso de los contenedores, o simplemente para reducir al mínimo el número de contenedores que se requiere. Las limitaciones de la estabilidad de la carga a veces se imponen. Desde un punto de vista matemático, los problemas de embalaje en su mayoría son NP-duro, por lo que en casi todos se utilizan heurística como sistemas de soporte de decisiones.

Diseño de un modelo de soporte a la decisión de asignación de ubicaciones de mercadería en una bodega de Agroquímicos.

MCOGL

El problema de Bin Packing es un problema clásico de optimización combinatoria, y como se menciona pertenece al grupo de los denominados NP-completos, debido a que demandan muchos recursos para su solución en un programa computacional.

En teoría de la complejidad computacional, la clase de complejidad NP-completo, es el subconjunto de los problemas de decisión NP (“nondeterministic polynomial-bounded” que significa: no determinísticamente acotado por un polinomio). Se puede decir que los problemas NP-completo son los más difíciles de NP.

En el BPP (Bin Packing Problem) clásico, tenemos un conjunto de contenedores con un volumen dado y un conjunto de elementos que deben obligatoriamente ser cargados. El problema se propone cargar todos los artículos en el número mínimo de contenedores.

El BPP determinístico consiste en que dado un conjunto de bandejas, contenedores o recipientes caracterizados por el volumen y coste de cada uno, y un conjunto de objetos o elementos caracterizados por volumen y las ganancias (que también depende de los contenedores), se desea seleccionar un subconjunto de objetos para ser cargados en un subconjunto de recipientes que maximice el beneficio neto total, mientras que satisface el volumen y las restricciones de disponibilidad de contenedores.

El beneficio neto total está dado por la diferencia entre el beneficio total de los elementos cargados y el costo total de los contenedores usados.

El problema 1-BP entonces se puede modelar como sigue.

Minimizar

$$\sum_{i=1}^n c_i x_i$$

Sujeto a:

$$\sum_{i=1}^n v_i x_i = 1, \quad i = 1, \dots, n$$

$$\sum_{i=1}^n w_i x_i \leq W, \quad i = 1, \dots, n$$

$$x_i \in \{0, 1\}, \quad i = 1, \dots, n$$

$$x_i \in \{0, 1\}, \quad i = 1, \dots, n$$

Diseño de un modelo de soporte a la decisión de asignación de ubicaciones de mercadería en una bodega de Agroquímicos.

MCOGL

Donde:

$$x_{ij} = \text{Número de unidades de producto } i \text{ que se almacenan en la ubicación } j$$

$$x_{ij} = \text{Número de unidades de producto } i \text{ que se almacenan en la ubicación } j \text{ que se almacenan en la ubicación } j$$

$$x_{ij} = \text{Número de unidades de producto } i \text{ que se almacenan en la ubicación } j$$

$$x_{ij} = \text{Número de unidades de producto } i \text{ que se almacenan en la ubicación } j$$

CAPÍTULO 3

SITUACIÓN ACTUAL Y PROYECCIÓN

3.1. BREVE DESCRIPCIÓN DE LA CADENA DE ABASTECIMIENTO

La cadena de abastecimiento de la empresa que se analiza se compone de los siguientes eslabones: Proveedores, Planta de fraccionamiento, Centro de Distribución, Sucursales, Consignatarios/Distribuidores, cliente final.

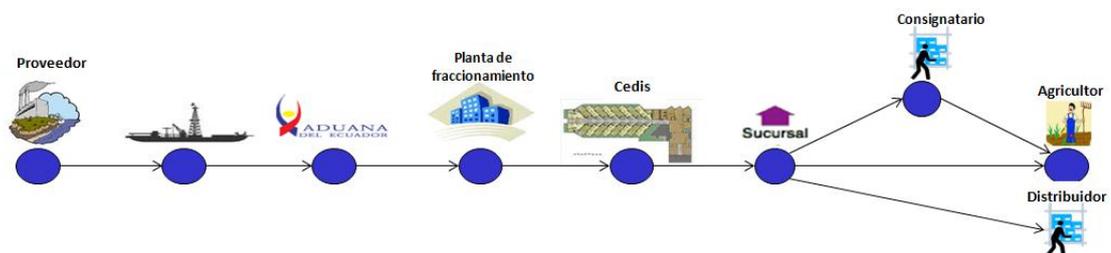


Imagen 15. Cadena de suministro

La administración de la cadena está dividida en tres, la relación con los proveedores y la decisión de cuánto y cuándo comprar es manejada tanto por la Presidencia de la empresa como por la Gerencia de la División Agroquímicos, la parte operativa de coordinación de buques y trámites de des-aduanización son manejados por un departamento que reporta a la presidencia; mientras que la planificación del fraccionamiento, los niveles de inventario en el CEDIS o bodega principal, es manejado por un área logística nacional recientemente creada, los niveles de inventario en cada sucursal y el nivel de servicio entregado a los clientes son manejados por cada sucursal de manera distinta.

El portafolio de productos se compone de 690 productos, de los cuales 270 deben ser fraccionados en la planta antes de ser comercializados.

Hace aproximadamente 10 años por estrategia de mercadeo se creó la figura de consignación, actualmente existen alrededor de 250 consignatarios en todo el país.

En la región Costa se anticipó el trabajo de generación de demanda en el campo a través de visitas técnicas a los agricultores, por lo que la distribución de las ventas en

Diseño de un modelo de soporte a la decisión de asignación de ubicaciones de mercadería en una bodega de Agroquímicos.

MCOGL

esta región se dan, 50% en clientes directos y 50% en el canal ya sea distribuidores y/o consignatarios, mientras que en la región Sierra la participación es 20% directos y 80% distribuidores y/o consignatarios; se ha iniciado un trabajo similar en Sierra que permitirá equilibrar la participación en ventas de clientes directos en los próximos 3 años.

El nivel de atención requerido para entrega de productos a clientes directos es inmediato, mientras que el canal de distribuidores y consignatarios soporta entregas en 24 horas.

3.2. COSTOS DE INCINERACIÓN POR OBSOLESCENCIA

Conforme lo establece la ley, todos los productos vencidos, ya sea en el mercado (en poder de clientes) o en las bodegas propias, no pueden ser comercializados y/o usados, y deben ser enviados a un gestor especializado, quien se encargará de su disposición final.

En promedio, en los últimos 5 años, y lo que va del presente, el margen de la empresa se ha visto afectado por este motivo en un 0,51%; siendo, la obsolescencia en bodega, la responsable del 52,31% de esta afectación.

COSTO DE KLS-LTS INCINERADOS ANUALMENTE POR OBSOLESCENCIA EN BODEGA

	2007	2008	2009	2010	2011	2012	TOTAL
kilos-litros Incinerados	9.485	2.416	4.426	3.545	9.822	4.577	34.273
Costo Total Producto	\$ 17.655	\$ 16.079	\$ 19.390	\$ 14.387	\$ 22.078	\$ 24.643	114.232
Costo Total Serv. Incineración	\$ 8.537	\$ 2.296	\$ 4.205	\$ 3.545	\$ 10.805	\$ 5.493	34.880
Costo Total	\$ 26.191	\$ 18.374	\$ 23.595	\$ 17.932	\$ 32.882	\$ 30.136	\$ 149.111

Tabla 3. Costo de Kilos-litros incinerados por año

Existen otros factores que coadyuvan el vencimiento de mercadería en las propias bodegas de la empresa, como por ejemplo, la falta de focalización o poca efectividad de estrategias de mercadeo, sin embargo, por los datos analizados se puede concluir que con un manejo adecuado del FEFO, la empresa puede generar un ahorro estimado de 6 cifras bajas, equivalentes alrededor de 0.4 puntos porcentuales más de margen.

Por regulaciones internacionales y nacionales, la fecha de vencimiento con la que se reciben los productos agroquímicos importados fluctúa entre 2 y 3 años, dependiendo del tipo de formulación; de ahí que, la estacionalidad de los productos también es otra variable que coadyuva al vencimiento en bodega de los mismos. Analicemos que si un producto, cuya temporada de venta se daba sólo en 2 o 3 meses cada año, y no se logra una venta importante que consuma el stock de la bodega durante dos temporadas seguidas, se convertirán en una pérdida inminente.

3.3. ARMADO DE PEDIDOS

En la bodega se lleva un registro de errores en despachos, el cual es llenado por los supervisores al momento de la revisión, previo a la carga al camión.

El proceso de registro se inicia cuando el supervisor recibe del jefe de bodega las transferencias que se deben despachar en el día, el supervisor asigna la búsqueda de una o más transferencias a uno o a varios auxiliares según se requiera y anota en el mismo documento la hora de inicio de armado. El auxiliar comienza el armado del pedido usando, o solicitando el equipo de acarreo según disponibilidad, el cual puede ser coche, transpaletas, apilador o montacargas, dependiendo del volumen y ubicación de la mercadería; una vez que ha terminado de separar los pedidos deja la mercadería en la zona de expediciones y entrega los papeles al supervisor, el cual anota en el mismo documento la hora de fin de armado y el nombre del auxiliar. Luego, el supervisor procede a revisar ítem por ítem la mercadería separada verificando que todo este correcto y/o anotando los errores encontrados. Si hay tiempo y disponibilidad de personal o equipos se procede a la corrección de los errores de lotes cambiados, sino se registra la novedad y se reporta a la bodega de destino.

Los datos corresponden a las semanas 2, 3, 4 y 5 del año 2012; según el resumen en la parte superior del informe en 300 transferencias hubo errores en 203 pedidos, lo que equivale a una tasa de pedidos equivocados del 68%.

Los datos son levantados de forma manual y después son pasados al formato llamado "Registro de errores en despachos", el cual se muestra a continuación.

Registro de Errores en Despachos

DEPARTAMENTO DE LOGISTICA

Enero del 2012

Tipo Error	Descripción	# Errores		Q	Rango Unds		# Observ	Unidades por Minuto			
		203	68%		Prom	Min		Max	Desvet		
A	Producto No se Encontró	39	13%	1	1	1.486	75	15	132	0,04	17
B	Producto Cambiado	0	0%	2	1.487	3.496	75	35	154	6	25
C	Cantidades Incorrectas	1	0%	3	3.497	6.416	75	60	490	12	60
D	Presentación Incorrecta	0	0%	4	6.417	32.396	75	119	401	17	89
E	Lote Cambiado	163	54%	TOTAL			300	57	490	0,04	68

Q	Sem	# Pedido	H. Ini	H. Fin	Minutos	Lin	Unds	Unds x Mint	A	B	C	D	E
1	2	2749486	14:00	17:05	185	1	8	0,04					
1	2	2749743	15:00	19:00	240	18	13	0,05					5
1	2	2749805	12:10	12:20	10	2	20	2,00					
1	2	2749832	8:30	9:20	50	2	40	0,80					
1	2	2749850	9:30	11:30	120	2	61	0,51					
1	2	2750035	12:30	13:00	30	2	80	2,67					
1	2	2750053	9:30	11:00	90	3	100	1,11					
1	2	2750071	17:00	17:01	1	6	132	132,00	1				
1	2	2750099	10:00	11:15	75	3	184	2,45					
1	2	2750142	14:20	15:40	80	3	204	2,55					
1	2	2750259	16:00	18:00	120	4	224	1,87	1				2
1	2	2750455	13:00	13:15	15	3	237	15,80					
1	2	2750491	10:00	11:30	90	4	256	2,84					
1	2	2750516	10:00	11:30	90	4	256	2,84					
1	2	2750785	9:30	10:00	30	1	275	9,17					
1	2	2750801	9:30	10:00	30	1	275	9,17					

Imagen 16. Registro de errores en despachos

Nótese también que el error que mayor número de repeticiones presentó fue el de “Lote Cambiado”, el cual se generó en el 54% de los pedidos. Asimismo, en promedio la bodega despacha a una velocidad de 57 unidades por minuto. En los meses de mayor ocupación de la bodega (Julio-Diciembre), estos indicadores suben considerablemente debido al desorden de mercadería y se mantienen alrededor de:

- Despachos con errores entre 80% y 88%
- Unidades por minuto entre 20 y 25.

3.4. PRONÓSTICO DE LA DEMANDA

Se solicitó información histórica de la empresa, a fin de poder pronosticar los dos años siguientes, y de esta forma conocer las condiciones a las que estaría expuesta la

Diseño de un modelo de soporte a la decisión de asignación de ubicaciones de mercadería en una bodega de Agroquímicos.

MCOGL

bodega, así como anticipar necesidades de espacios, se recibió la información de venta en kilos-litros por tipo de productos desde el 2007 al 2011.

Analizando esta información de manera general, observamos que en estos últimos 5 años (2007-2011), la venta en kilos-litros de agroquímico, creció en un 24%, teniendo un comportamiento muy diferente cada año.

Venta Neta Anual en Kls-Lts

Tipo Productos	2007	2008	2009	2010	2011	% Crec Período
HERBICIDAS/MATAMALEZAS	1.660.953	1.030.299	1.290.181	2.008.666	2.003.668	21%
FUNGICIDAS	1.023.046	1.423.068	1.134.685	1.468.615	1.568.812	53%
INSECTICIDAS,ACARICIDAS	766.986	785.423	746.365	917.980	889.685	16%
COADYUBANTES	244.995	382.256	379.040	263.783	281.821	15%
ABONOS EDAFICOS	1.140.983	1.304.345	1.232.420	1.256.532	1.255.529	10%
ABONOS FOLIARES	305.412	336.812	307.928	366.405	362.696	19%
BIOESTIMULANTES	195.425	281.541	289.440	317.705	282.208	44%
TOTAL Kls-Lts	5.337.800	5.543.744	5.380.059	6.599.686	6.644.419	24%
% Crec. Anual		4%	-3%	23%	1%	

Tabla 4. Venta anual en Kilos-Litro 2007-2011

Para tener una visión más clara, se graficó la venta de los últimos 5 años, de esta forma podremos observar su comportamiento, y decidir analizar si existe o no correlación entre los años y las ventas, luego validar si existe una curva de tendencia que explique los datos lo mejor posible, y poder pronosticar “a priori” los próximos dos años de venta.

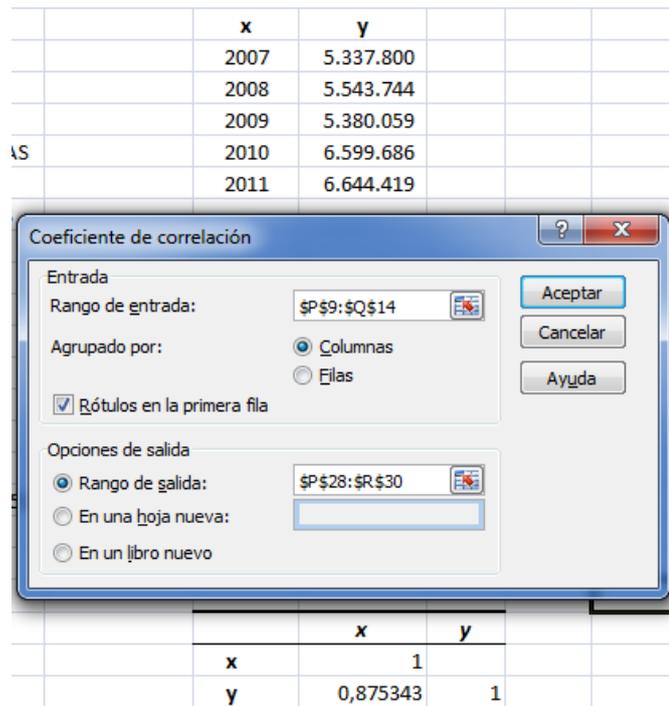


Imagen 17. Coeficiente de correlación

El coeficiente de correlación, entre la variable dependiente $y =$ Venta anual en kilos – litros, y la variable independiente $x =$ años es: $r = 0,875343$; por lo que se generará un pronóstico a través de un modelo de regresión.

Comparando el valor R^2 de las curvas de tendencias:

- Exponencial, $R^2=0,77$;
- Lineal $R^2=0,77$;
- Logarítmica $R^2=0,64$;
- Polinómica $R^2=0,81$;

Se definió que esta última es la que tiene un mejor valor R^2 , por lo cual se consideró como la curva que explica mejor los datos.

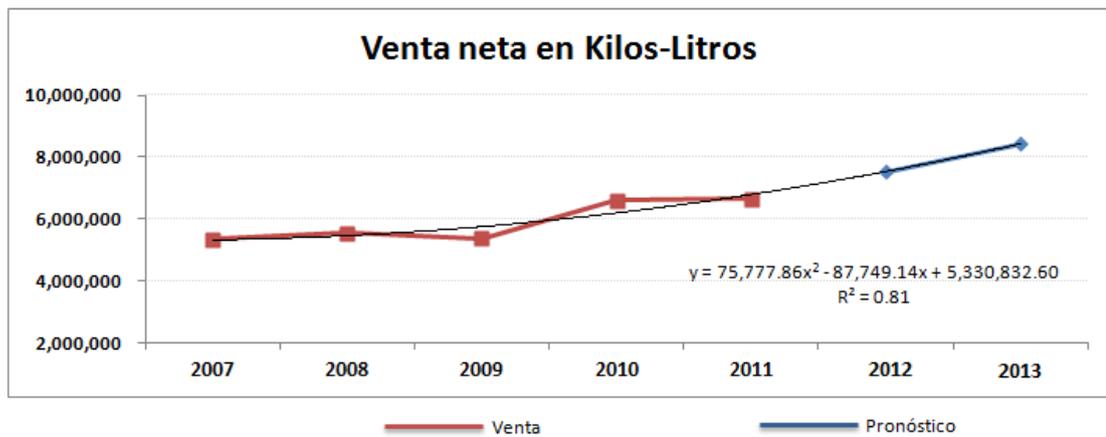


Imagen 18. Gráfico tendencia y pronóstico Vta neta en Kilos-Litro 2007-2011-2013

Ecuación de la curva de tendencia:

$$y = 75.777,86x^2 - 87.749,14x + 5.330.832,60$$

En la cual la variable x representa los kilos-litros vendidos en el periodo, y la variable y representa los años.

A partir de esta ecuación se proceden a obtener los pronósticos, reemplazando los valores de la variable x para los periodos 6 y 7.

Reemplazando en la ecuación:

Para $x = 6$

$$y = 75.777,86(6)^2 - (87.749,14) 6 + 5.330.832,60$$

$$y = 7.532.377$$

Para $x = 7$

$$y = 75.777,86(7)^2 - (87.749,14) 7 + 5.330.832,60$$

$$y = 8.429.753$$

De acuerdo a este pronóstico, se prevé un crecimiento sostenido del 25% en los dos años siguientes, lo cual indudablemente generará la necesidad de más espacio e

Diseño de un modelo de soporte a la decisión de asignación de ubicaciones de mercadería en una bodega de Agroquímicos.

MCOGL

incrementará la carga operativa de la bodega; para estimar este impacto, es necesario hacer un análisis más detallado, y obtener un pronóstico en kilos-litros por tipo de productos, luego se podrá aterrizar el mismo a venta en presentaciones por mes, de acuerdo al mix de venta de las presentaciones por cada producto, con esta información se podrá calcular el número de pallet que se moverán por mes en la bodega y tratar de estimar el nivel de ocupación de la misma.

Como pudimos observar en la tabla 1.3; cada tipo de productos presentó un comportamiento diferente en el periodo analizado (2007-2011), por lo que trataremos de analizar los datos mensuales segregados por cada tipo de producto de los últimos 60 meses, generando un pronóstico de los próximos 24 meses para cada uno, y construir un pronóstico anual a partir del análisis individual.

Usaremos para el análisis de los datos, y la generación de los pronósticos el programa Minitab, el cual tiene herramientas robustas y amigables para el análisis de series de tiempos.

Para evaluar los modelos, analizaremos los indicadores: MAPE, MAD, y MSD, con los cuales conoceremos la efectividad para cada grupo de datos, de los modelos:

- Descomposición Estacional; y,
- Método de Winter.

Se aplicará el modelo que mejor se ajuste, de acuerdo a los menores valores obtenidos en los indicadores, MAPE, MAD, y MSD.

Los datos obtenidos para la serie de los HERBICIDAS, fueron:

	Descomposición Estacional	Winter
MAPE	31	32
MAD	29576	34676
MSD	1655189621	1796443718

Tabla 5. Indicadores MAPE, MAD y MSD

Diseño de un modelo de soporte a la decisión de asignación de ubicaciones de mercadería en una bodega de Agroquímicos.

MCOGL

Se escoge el método de Descomposición estacional para esta serie, por el que tuvo menor valor en los indicadores: MAPE, MAD y MSD; se usó el método multiplicativo, con los componentes de tendencia y estacional:

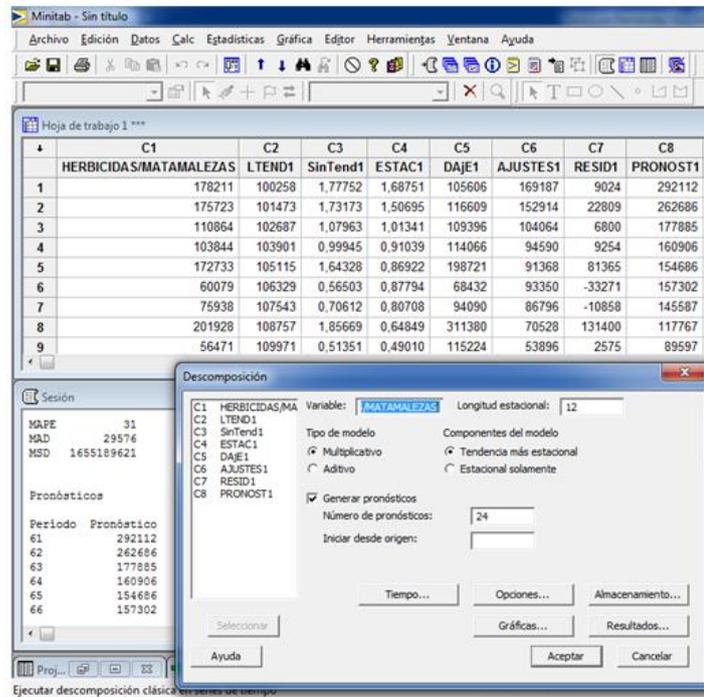


Imagen 19. Pronóstico en Minitab

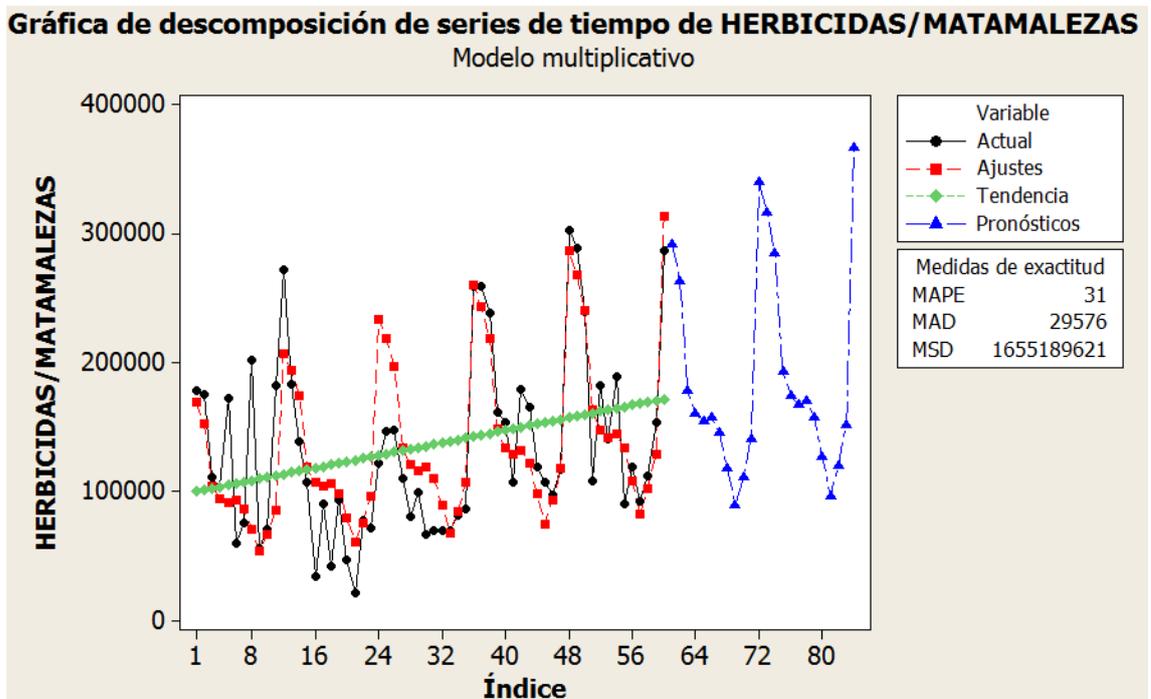


Imagen 20. Gráfica de descomposición de series de tiempo Minitab

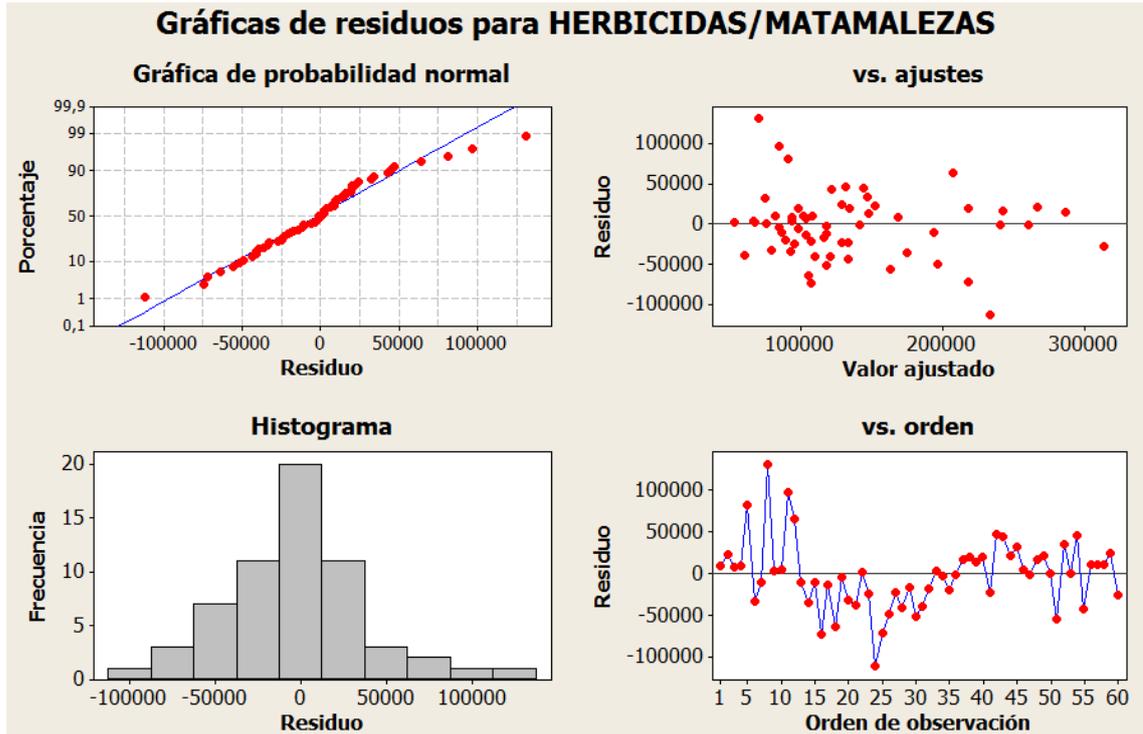


Imagen 21. Gráfica de residuos de Herbicidas Minitab

Se comprueba normalidad en los residuos, por lo cual se acepta como válido el pronóstico.

Este mismo análisis se realizó para las series de cada tipo de producto, con el cual se obtuvo el siguiente pronóstico individual:

Venta Neta Proyectada en Kls-Lts

Tipo Productos	Método Usado	Pronóstico	
		2012	2013
HERBICIDAS/MATAMALEZAS	Descomposición Estacional Multiplicativo	2.150.731	2.325.556
FUNGICIDAS	Descomposición Estacional Multiplicativo	1.697.905	1.822.661
INSECTICIDAS,ACARICIDAS	Descomposición Estacional Multiplicativo	946.477	985.339
COADYUBANTES	Descomposición Estacional Multiplicativo	302.448	300.804
ABONOS EDAFICOS	Descomposición Estacional Aditivo	1.343.205	1.378.285
ABONOS FOLIARES	Descomposición Estacional Multiplicativo	378.655	392.619
BIOESTIMULANTES	Descomposición Estacional Multiplicativo	337.681	359.200
TOTAL Kls-Lts		7.157.101	7.564.465
% Crec. Anual		8%	6%

Tabla 6. Venta proyectada en Kls-Lts 2012-2013

En todos los casos el método de Descomposición Estacional tuvo los mejores indicadores, MAPE, MAD y MSD; por lo que el método de Winter se descartó, sólo en

Diseño de un modelo de soporte a la decisión de asignación de ubicaciones de mercadería en una bodega de Agroquímicos.

MCOGL

el pronóstico de la serie “Abonos Edáficos” se utilizó la Descomposición Estacional de tipo aditivo para los componentes de tendencia y estacional; para los demás se usó el tipo multiplicativo.

Con el pronóstico mensual, se calculó el número de pallet que se moverán en la bodega los próximos dos años, con lo que pudimos simular la ocupación que tendrá la bodega:

PROMEDIO DE PALLETS ALMACENADOS (Proyectado)

Tipo de Producto	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
HERBICIDAS/MATAMALEZAS	737	560	531	551	543	768	909	982	953	791	772	700
FUNGICIDAS	590	525	500	490	420	434	482	406	442	409	714	675
INSECTICIDAS,ACARICIDAS	244	227	153	196	242	238	189	301	367	388	367	288
COADYUVANTES	159	172	201	151	195	185	195	70	60	45	39	94
ABONOS EDAFICOS	121	93	30	94	132	118	134	177	146	113	122	139
ABONOS FOLIARES	96	127	176	156	151	171	150	221	259	258	136	146
BIOESTIMULANTES	77	65	46	75	95	53	109	117	129	124	76	75
TOTAL	2.025	1.768	1.637	1.713	1.778	1.968	2.168	2.273	2.356	2.128	2.225	2.116
POSICIONES PALET DISPONIBLES EN BODEGA	2.348											
% UTILIZACION BODEGA	86%	75%	70%	73%	76%	84%	92%	97%	100%	91%	95%	90%

Tabla 7. Promedio de pallet almacenados proyectado

Podemos concluir que los problemas operativos se agravarán en los próximos dos años, debido al nivel de ocupación por encima del 70% en todos los meses, siendo crítico en los meses de Junio a Enero, en los cuales el nivel de ocupación es mayor. Sería necesario evaluar también la política de compras e importaciones y revisar la rotación del inventario, pero a pesar de haber sido solicitada esta información no fue proporcionada, por lo que se incluirá esta recomendación en el capítulo correspondiente.

CAPÍTULO 4 DISEÑO Y APLICACIÓN DEL MODELO

4.1. DISEÑO DE MODELOS

En la bodega se implementaron dos dimensiones de estanterías drive-in, la primera que cuenta con 50 calles, con una capacidad de 28 pallet por cada calle, y la segunda de 11 calles con una capacidad de 26 pallet por calle. Por la forma del techo del galpón la estantería drive-in no es un cubo, sino que tiene un corte diagonal en el extremo supra-posterior que reduce la cantidad de posiciones pallet de los niveles más altos, como se observa en el siguiente gráfico:

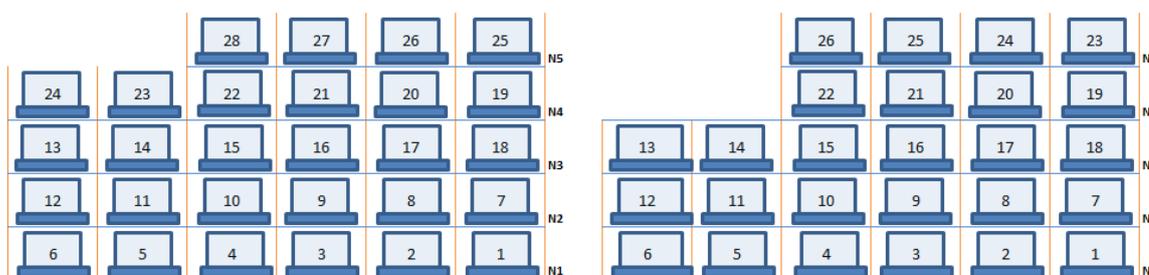


Imagen 22. Tipo de estantería drive-in

De toda la estantería drive-in se han designado 31 calles para el almacenamiento de herbicidas, tipo de producto que por el tipo de riesgo (contaminación cruzada) que implica su manejo requieren estar separados del resto de los productos, de las 31 calles 20 tienen capacidad de 28 pallet, y 11 son de capacidad 26 pallet, el resto de las 30 calles están designadas para almacenar el resto de los productos, los cuales pueden estar juntos pero agrupados por el mismo tipo de producto.

Para modelar el problema se dividieron los diferentes niveles de la estantería drive-in en Bins, los cuales tienen dos capacidades, el detalle es el siguiente:

Cap. Bins	Tipo Producto		Total
	Herbicidas	Otros	
4	42	30	72
6	113	120	233

Tabla 8. Cantidad de Bins por tamaño

Con esta división se planteará buscará desarrollar un modelo matemático en GAMS que minimice la cantidad de pallet no asignados a un bins usando el mayor número de

bins, luego se desarrollará un programa en Matlab que asigne una ubicación de los productos en los bins considerando: La ubicación de los bins, la categoría de los productos en cuanto a su rotación, y la segregación de los mismos considerando el tipo de producto.

4.1.1. DISEÑO DEL MODELO MATEMÁTICO EN GAMS

Este modelo tiene como función objetivo minimizar los residuos de los pallet no asignados a ningún bin, a través de la ecuación:

$$Z = \sum_{i \in I} r_i (x_i)$$

Donde:

r_i = Es el vector de los residuos de los pallet de aquellos productos que no han sido asignados a un bin, y

I = Son los ítems a almacenar

x_i = El número de ítems

Sujeto a las siguientes restricciones:

Capacidad1H. Asegura que la sumatoria de los ítems asignados del tipo de producto herbicida, por la capacidad de pallet de cada bin, no exceda al número de posiciones pallet disponibles para almacenar del tipo de producto herbicida.

$$\sum_{i \in I} x_i \leq C_j$$

Donde:

J = bins

I = Ítems a almacenar $\in \{ \dots \}$

x_i = Es la matriz de los productos que han sido asignados a los bins

C_j = Es el vector de la capacidad en pallet de cada tipo de bin

C_j = Es el número de posiciones pallet disponibles para almacenar ítems de la clase herbicida

B = El número de bins disponibles

Capacidad2H. Asegura que la sumatoria de los bins asignados para el tipo de producto herbicida, no exceda al número de bins disponible, para almacenar los ítems del tipo de producto herbicida.

$$\sum_{i \in I} x_{ij} \leq B_j \quad \forall j \in J$$

Donde:

B_j bins

I Ítems a almacenar $I = \{1, 2, \dots, n\}$

x_{ij} = Es la matriz de los productos i que han sido asignados a los bins j

B_j = Son el número de bins disponible por cada tipo o tamaño de bin para el tipo de producto herbicida

n = El número de ítems

Capacidad1NH. Asegura que la sumatoria de los ítems asignados del tipo de producto diferente a herbicida, por la capacidad de pallet de cada bin, no exceda al número de posiciones pallet disponibles para almacenar del tipo de producto No herbicida.

$$\sum_{i \in I} x_{ij} \leq C_j \quad \forall j \in J$$

Donde:

B_j bins

I Ítems a almacenar $I = \{1, 2, \dots, n\}$

x_{ij} = Es la matriz de los productos i que han sido asignados a los bins j

C_j = Es el vector de la capacidad en pallet de cada tipo de bin j

B_j = Es el número de posiciones pallet disponibles para almacenar ítems de la clase no herbicida

B = El número de bins disponible

Diseño de un modelo de soporte a la decisión de asignación de ubicaciones de mercadería en una bodega de Agroquímicos.

MCOGL

Capacidad2NH. Asegura que la sumatoria de los bins asignados para el tipo de producto diferente de herbicida, no exceda al número de bins disponible, para almacenar los ítems del tipo de producto no herbicida.

$$\sum_{i \in I} x_{ij} \leq b_j \quad \forall j \in J$$

Donde:

J = bins

I = Ítems a almacenar $\in \{ \dots \}$

x_{ij} = Es la matriz de los productos que han sido asignados a los bins

b_j = Son el número de bins disponible por cada tipo o tamaño de bin para los productos no herbicidas

I = El número de ítems

Demanda. Asegura que la sumatoria de los pallet asignados a algún bin, más los pallet no asignados a ningún bin, sea igual que la sumatoria de todos los pallet solicitados para almacenar.

$$\sum_{j \in J} x_{ij} + r_i = d_i \quad \forall i \in I$$

Donde:

J = bins

I = Ítems a almacenar

x_{ij} = Es la matriz de los productos que han sido asignados a los bins

r_i = Es el vector de la capacidad en pallet de cada tipo de bin

d_i = Es el vector de los residuos de los pallet de aquellos productos que no han sido asignados a un bin

d_i = Número de pallet a almacenar por cada ítem

J = El número de bins disponibles

4.1.2. DISEÑO DEL PROGRAMA DE ASIGNACIÓN EN MATLAB

Una vez que se ha optimizado el uso de los bins definidos en la estantería drive-in, con el uso de MATLAB se buscará proveer un reporte que de una manera gráfica simule la vista frontal de la estantería, en la cual se pueda apreciar la posición que deben tener los ítems considerando el agrupamiento por tipo de producto, así como el nivel de rotación de los mismos.

El criterio para la ubicación en los niveles, respecto a la rotación de los productos es que los de tipo A deben estar en los niveles de abajo; sobre un nivel superior sólo podrán ponerse productos que tengan un nivel de rotación menor, es decir B o C; de esta forma se favorecerá a la fluidez de la operación de la bodega, así como al acceso de los niveles más altos ya que por su alta rotación los niveles bajos estarán semi-llenos.

Otro criterio incluido en el programa es que preferentemente se completarán calles de la estantería con el mismo producto, sólo se permitirá colocar un producto diferente en una misma calle cuando queden residuos de pallet por asignar.

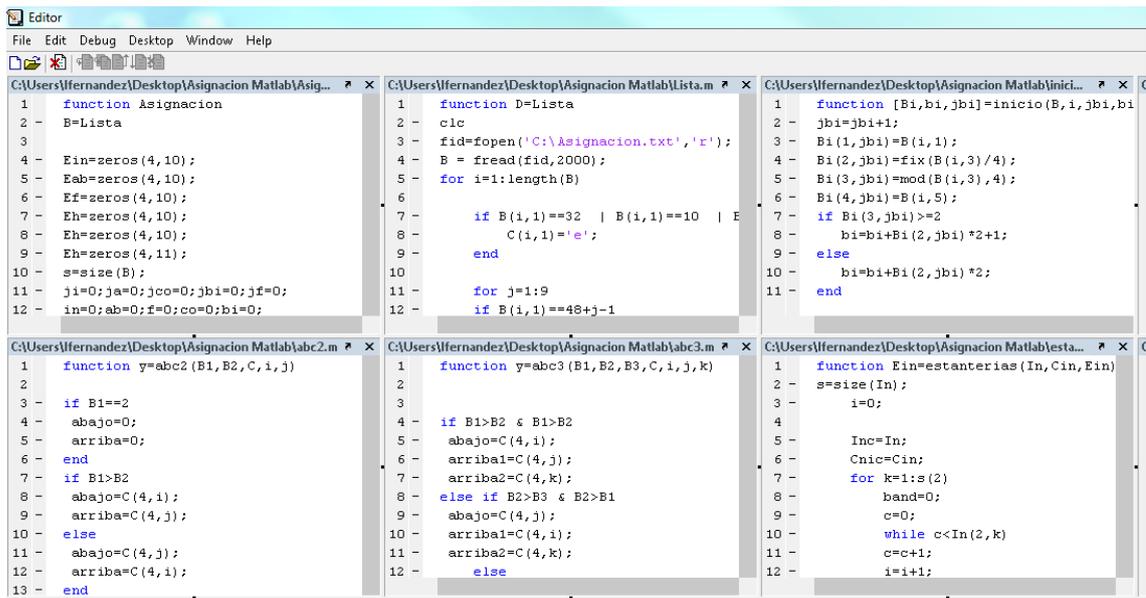


Imagen 23. Tabla de funciones en MATLAB

Asignación: Es la función principal, desde la cual se va llamando al resto de funciones. Como primer paso se crean 5 matrices llenas de 0, las dimensiones de cada matriz son iguales al tamaño de cada grupo de estanterías drive-in, la primera función que se usa es lista.

Lista: Esta función lee el archivo de texto que se genera en GAMS, y extrae los datos del mismo almacenándolos en una matriz llamada D, en la cual estarán disponibles los datos para los demás pasos.

Inicio: Con esta función se crean vectores para cada tipo de producto, In para Insecticidas, Ab Abonos, Co Coadyuvantes, Bi bio-estimulantes, F Fungicidas y H Herbicidas, cada vector agrupa los productos del mismo tipo que forman una calle completa de los bins de tamaño 6, así mismo el residuo por producto se almacena en una variable para su asignación posterior.

Matching: Esta función va asignando los productos que requieren una calle completa a bins desocupados, verificando con las funciones ABC2 y ABC3 que el producto que esté asignado en el bin de abajo sea de un nivel de rotación mayor que el asignado a una ubicación de arriba.

ABC 2y3: Esta función verifica el nivel de rotación de los productos previa a la asignación.

Estantería: Esta función agrupa la asignación del matching.

Matching2: Esta función asigna el residuo de los productos a un bin desocupado de tamaño 4, verificando que el producto que esté asignado en un el bin de abajo sea de un nivel de rotación mayor al asignado en la ubicación superior.

Estantería4: Esta función agrupa la asignación del matching2.

Impresión: Esta función permite mostrar la asignación dada de los productos en los niveles de las estanterías drive-in, simulando la posición que ocuparían los mismos en una vistan frontal de la estantería, es decir de la misma forma que los ve el operador del montacargas.

4.2. APLICACIÓN DE LOS MODELOS

En este apartado, una vez aplicados los modelos se mostrarán los resultados de los mismos.

4.1.1. RESULTADO DEL MODELO MATEMÁTICO EN GAMS

Usando programación entera mixta, se busca minimizar la función Z , las matrices A y B mostrarán la cantidad de bin del tipo i en el cual irán los elementos j y el residuo de los pallet no asignados a ningún bin respectivamente,

Diseño de un modelo de soporte a la decisión de asignación de ubicaciones de mercadería en una bodega de Agroquímicos.

MCOGL

```

gamside: C:\Users\lfernandez\Documents\gamsdir\projdir\gmsproj.gpr - [C:\Users\lfernandez\Documents\Tesis\2012\Gams\Bins 4 y 6 con 2 clases.gms]
IDE File Edit Search Windows Utilities Model Libraries Help
BIN PACKING
Bins 4 y 6 con 2 clases.lst Bins 4 y 6 con 2 clases.gms
MODEL Asignacion /all/
SOLVE Asignacion using MIP min Z
DISPLAY A.1,R.1,CH.1,cnh.1
FILE RES /C:\Asignacion.txt/ ;
PUT RES;
LOOP (j$(C.1(j) ne 0), PUT j.tl:8:0 , Loop(i, Put A.L(i,j):3:0 )PUT T.1(j):2:0 PUT ABC(j):2:0"/);
    
```

Imagen 24. Solve GAMS

Mientras que en las variables $A.L$ y $T.1$, mostrarán el número de bins utilizados por cada tipo de bin para herbicidas, y para no herbicidas respectivamente

		1201 VARIABLE A.L Cantidad de bins del tipo i en el cual iran los elementos tipo j					
		22520016	22520045	22520044	22520017	22870010	22010183
4							9.000
6		21.000	21.000	20.000	18.000	10.000	2.000
	+	22010064	22780001	22010044	22780013	22260046	22780015
4		12.000		1.000	1.000	1.000	
6			8.000	6.000	6.000	5.000	6.000
	+	22260006	22019035	22010181	22780014	22260047	22511374
4						1.000	6.000
6		6.000	5.000	5.000	6.000	4.000	
	+	22030029	22030004	22010182	22230002	22400000	22200001
4		1.000	1.000	5.000			
6		4.000	4.000		4.000	4.000	4.000

Imagen 25. Matriz A GAMS

Diseño de un modelo de soporte a la decisión de asignación de ubicaciones de mercadería en una bodega de Agroquímicos.

MCOGL

gamside: C:\Users\fernandez\Documents\gamsdir\projdir\gmsproj.gpr - [C:\Users\fernandez\Documents\gamsdir\projdir\Bins 4 y 6 con 2 clases.lst]

File Edit Search Windows Utilities Model Libraries Help

BIN PACKING

Bins 4 y 6 con 2 clases.lst Bins 4 y 6 con 2 clases.gms

```

---- 1201 VARIABLE R.L Pallets residuos por cada tipo de item i
22520016 6.000, 22520045 6.000, 22520044 5.000, 22520017 7.000
22010183 7.000, 22010064 4.000, 22780001 1.000, 22010044 7.000
22780013 1.000, 22260046 7.000, 22780015 3.000, 22260006 1.000
22019035 6.000, 22010181 6.000, 22260047 7.000, 22511374 6.000
22030029 1.000, 22010182 6.000, 22230002 2.000, 22400000 1.000
22720630 6.000, 22360006 2.000, 22870011 2.000, 22500001 2.000
22010148 1.000, 22360034 1.000, 22019047 3.000, 22030006 2.000
22490046 2.000, 22490027 2.000, 22040001 1.000, 22760001 1.000
22870018 6.000, 22270059 1.000, 22870013 7.000, 22010137 1.000
22260049 7.000, 22010085 1.000, 22260040 3.000, 22870012 3.000
22260048 4.000, 22560002 2.000, 22760011 2.000, 22310015 2.000
22130009 1.000, 22480139 1.000, 22270013 1.000, 22511372 6.000
22870001 1.000, 22010151 1.000, 22010173 1.000, 22979022 5.000
22350018 1.000, 22870019 5.000, 22560003 1.000, 22979023 5.000
22480145 1.000, 22760000 1.000, 22210008 1.000, 22360030 4.000
22520020 4.000, 22010015 3.000, 22480140 3.000, 22270012 3.000
22100021 3.000, 22010048 3.000, 22480127 3.000, 22510001 3.000
22979024 3.000, 22511375 3.000, 22030025 3.000, 22490072 3.000
22480030 3.000, 22300006 3.000, 22010170 3.000, 22350015 3.000

```

Imagen 26. Matriz R GAMS

gamside: C:\Users\fernandez\Documents\gamsdir\projdir\gmsproj.gpr - [C:\Users\fernandez\Documents\gamsdir\projdir\Bins 4 y 6 con 2 clases.lst]

File Edit Search Windows Utilities Model Libraries Help

BIN PACKING

Bins 4 y 6 con 2 clases.lst Bins 4 y 6 con 2 clases.gms

```

22490041 1.000, 22480004 1.000, 22510009 1
22010133 1.000, 22360037 1.000, 22480046 1
22350050 1.000, 22360011 1.000, 22010161 1
22490009 1.000, 22760047 1.000, 22520028 1
22600692 1.000, 22480032 1.000, 22010106 1
22930003 1.000, 22600696 1.000, 22010113 1
22180007 1.000

---- 1201 VARIABLE Ch.L
4 42.000, 6 113.000

---- 1201 VARIABLE Cnh.L
4 29.000, 6 120.000

**** REPORT FILE SUMMARY
RES C:\Asignacion.txt

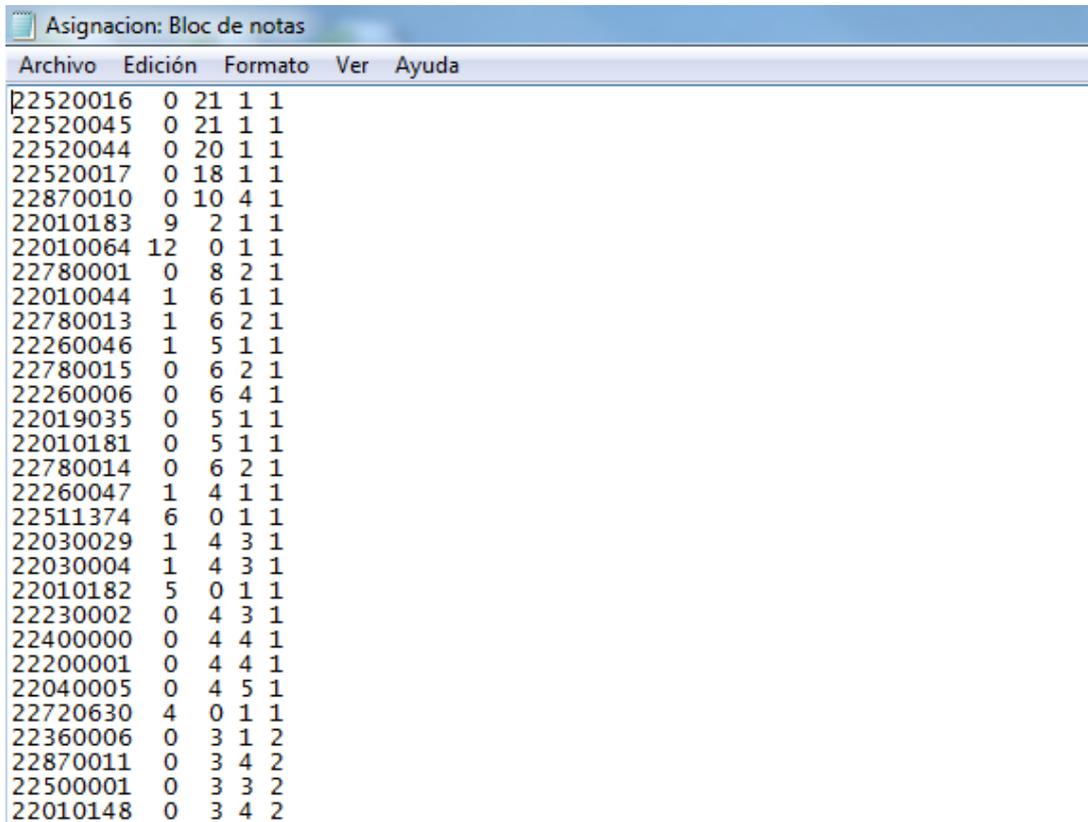
```

Imagen 27. Variable Ch y Cnh GAMS

Diseño de un modelo de soporte a la decisión de asignación de ubicaciones de mercadería en una bodega de Agroquímicos.

MCOGL

Los resultados se exportan en un archivo .txt, el cual servirá de input al modelo desarrollado en MATLAB.



Archivo	Edición	Formato	Ver	Ayuda
22520016	0	21	1	1
22520045	0	21	1	1
22520044	0	20	1	1
22520017	0	18	1	1
22870010	0	10	4	1
22010183	9	2	1	1
22010064	12	0	1	1
22780001	0	8	2	1
22010044	1	6	1	1
22780013	1	6	2	1
22260046	1	5	1	1
22780015	0	6	2	1
22260006	0	6	4	1
22019035	0	5	1	1
22010181	0	5	1	1
22780014	0	6	2	1
22260047	1	4	1	1
22511374	6	0	1	1
22030029	1	4	3	1
22030004	1	4	3	1
22010182	5	0	1	1
22230002	0	4	3	1
22400000	0	4	4	1
22200001	0	4	4	1
22040005	0	4	5	1
22720630	4	0	1	1
22360006	0	3	1	2
22870011	0	3	4	2
22500001	0	3	3	2
22010148	0	3	4	2

Imagen 28. Archivo Txt GAMS

4.1.2. RESULTADO DEL PROGRAMA DE ASIGNACIÓN EN MATLAB

Ejecutando la función principal llamada “Asignación” se distribuyen todos los ítems en los tamaños de bins que previamente GAMS determinó, considerando además los criterios de rotación y segregación de productos, en las 5 matrices creadas, las cuales simulan los bloques de estantería drive-in que están implementados en la bodega.

Diseño de un modelo de soporte a la decisión de asignación de ubicaciones de mercadería en una bodega de Agroquímicos.

MCOGL

```

MATLAB
File Edit Debug Desktop Window Help
Current Directory: C:\Users\Wfernandez\Desktop\Asignacion Matlab
Shortcuts How to Add What's New
22100020      1      0      3      3
22560001      1      0      4      3
22760030      1      0      3      3
22010135      1      0      4      3

c1 =

      8

Estanteria G1
   1   2   3   4   5   6   7   8   9  10 |
N4 | 0   0   22780013  0   0   0   0   0   0   0 |
N3 | 22780001 22780001 22780013 22780015 22780015 22780014 22400027 22480023 0   0 |
N2 | 22780001 22780001 22780013 22780015 22780015 22780014 22400027 22480023 0   0 |
N1 | 22780001 22780001 22780013 22780013 22780015 22780014 22780014 22270015 0   0 |
Residuo abono
Item: 22130000 Cantidad: 1
Item: 22270013 Cantidad: 1

Estanteria G2
   1   2   3   4   5   6   7   8   9  10 |
N4 | 22030020 22030004 0   22510005 22230001 22780013 0   0   0   0 |
N3 | 22030020 22030004 22230002 22510005 22230001 22030006 22310013 0   0   0 |
N2 | 22030020 22030004 22230002 22500001 22230001 22030006 22760011 0   0   0 |
N1 | 22030020 22030004 22230002 22500001 22360034 22760002 22760001 0   0   0 |
Residuo insecticida

Estanteria H
   1   2   3   4   5   6   7   8   9  10 |
N4 | 0   0   0   0   0   0   22010137 22010085 22780013 22010125 |
N3 | 22870010 22870010 22260006 22260006 22400000 22200001 22010137 22010085 22010140 22010125 |
N2 | 22870010 22870010 22260006 22260006 22400000 22200001 22870011 22010148 22010140 22010124 |
N1 | 22870010 22870010 22870010 22260006 22400000 22200001 22870011 22010148 22010047 22010123 |
Estanteria fungicida
    
```

Imagen 29. Matriz de respuesta MATLAB

Los nombres de fila N1...N4 simulan los niveles o pisos que tiene el drive-in, mientras que los nombres de las columnas 1...10 indican las diferentes calles internas del drive-in que forman el bloque.

Para poder evaluar el resultado de la aplicación del re-ordenamiento se tomó un inventario antes de ordenar, estableciendo gráficamente la disposición que tenían los productos considerando a través de un color diferente los tipos de productos, y con una letra de A...C el nivel de rotación de los mismos; se tomó como muestra 3 de los 5 bloques de estantería drive-in. El resultado fue el siguiente:

Diseño de un modelo de soporte a la decisión de asignación de ubicaciones de mercadería en una bodega de Agroquímicos.

MCOGL

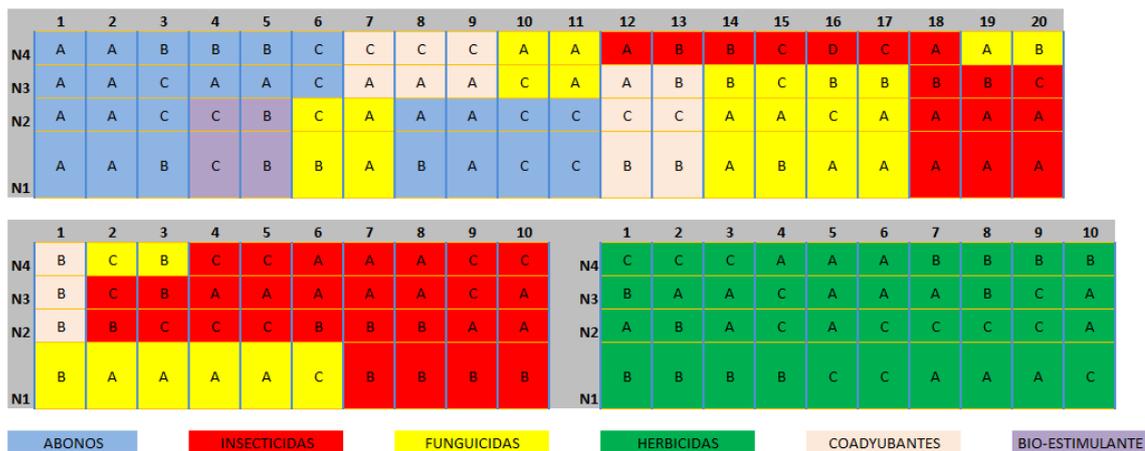


Imagen 30. Vista de la disposición de los productos antes del re-ordenamiento

Se puede observar visualmente la dispersión que existe primero de los productos de un mismo tipo, los cuales por NTE INEN deben estar agrupados entre sí; asimismo la disposición de los productos respecto a su nivel de rotación no tiene ningún sentido, siendo este el motivo principal por el cual se viene incurriendo en altos tiempos de armado de pedidos, así como frecuentes errores en despachos.

El ordenamiento de bodega se hizo durante 3 días, aprovechando un fin de semana más 1 día de feriado, luego del ordenamiento se tomó un nuevo inventario para observar y comparar la dispersión de los productos respecto al tipo así como la disposición de los mismos respecto a su nivel de rotación.

El inventario se tomó en los mismos 3 bloques de estanterías del gráfico anterior, los resultados fueron:

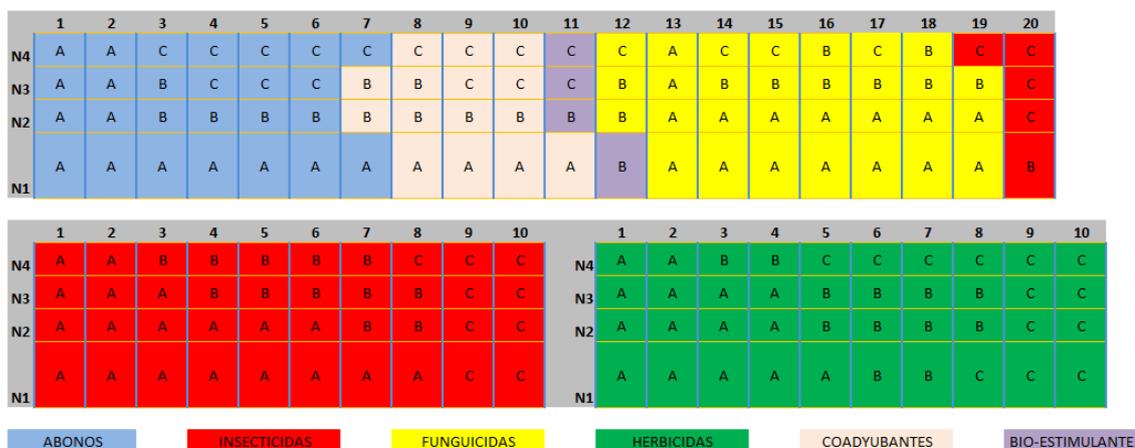


Imagen 31. Vista de la disposición de los productos después del fraccionamiento

Diseño de un modelo de soporte a la decisión de asignación de ubicaciones de mercadería en una bodega de Agroquímicos.

MCOGL

Se observa una disposición adecuada de los productos, los cuales están agrupados entre sí de acuerdo a su mismo tipo de producto, minimizando el riesgo de contaminación cruzada, así mismo la disposición de los productos está acorde a su nivel de rotación, lo cual debe mejorar tanto los tiempos de despacho, así como los errores en el armado de los mismos.

Para validar esta aseveración se comparó el reporte “Registro de errores en despachos” actual, con el mostrado en el capítulo 3

Registro de Errores en Despachos

DEPARTAMENTO DE LOGISTICA
Enero del 2012

Tipo Error	Descripción	# Errores		Q	Rango	Unds	# Observ	Unidades por Minuto			
		203	68%					Prom	Min	Max	Desvet
A	Producto No se Encontró	39	13%	1	1	1.486	75	15	132	0,04	17
B	Producto Cambiado	0	0%	2	1.487	3.496	75	35	154	6	25
C	Cantidades Incorrectas	1	0%	3	3.497	6.416	75	60	490	12	60
D	Presentación Incorrecta	0	0%	4	6.417	32.396	75	119	401	17	89
E	Lote Cambiado	163	54%	TOTAL			300	57	490	0,04	68

Octubre del 2012

Tipo Error	Descripción	# Errores		Q	Rango	Unds	# Observ	Unidades por Minuto			
		11	4%					Prom	Min	Max	Desvet
A	Producto No se Encontró	4	2%	1	1	1.736	64	12	98	10,04	9
B	Producto Cambiado	0	0%	2	1.737	3.664	64	89	154	28	24
C	Cantidades Incorrectas	2	1%	3	3.665	6.526	64	163	570	22	61
D	Presentación Incorrecta	1	0%	4	6.527	31.280	64	320	490	35	88
E	Lote Cambiado	4	2%	TOTAL			256	146	570	10,04	71

Q	Sem	# Pedido	H. Ini	H. Fin	Minutos	Lin	Unds	Unds x Mint	A	B	C	D	E
1	40	2752658	09:15	11:30	135	20	1.199	8,88					
1	40	2752676	12:30	13:31	61	8	1.203	19,72					
1	40	2752774	12:40	13:05	25	4	1.220	48,80					

Imagen 32. Comparativo de errores en despachos

Los errores de despacho y los tiempos de armado de pedido se redujeron drásticamente.

No se puede cuantificar aún el ahorro por evitar el vencimiento de productos en la bodega por malos despachos; sin embargo, si se mantiene el rendimiento observado en el reporte se puede deducir que si se llegaran generar vencimientos en la bodega, estos podrían darse tal vez por falta de rotación pero ya no por malos despachos.

CAPÍTULO 5

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

Existe evidencia para validar la hipótesis planteada que el poder generar una asignación dinámica y oportuna de los espacios de la bodega, considerando los criterios de compatibilidad y operatividad de los productos, va a ayudar a reducir los costos de incineración por obsolescencia en bodega, redujo los errores en despachos y los tiempos de armados de pedidos, sin incurrir en inversiones adicionales.

Los errores de despacho se redujeron en un 94%, y los tiempos de armado de pedido también disminuyeron, alcanzando 146 unidades por minuto en promedio en lugar de las 57 unidades por minuto que en promedio se movían antes del re-ordenamiento.

Se observó también una disminución considerable en el uso de horas extras, un auxiliar de bodega incurría en un promedio mensual de 78 horas extras; al elevarse la tasa de unidades separada por minuto ya no es necesario incurrir en horas extras.

Promedio Unidades movidas x mes	Tasa Unds x min	Minutos Requeridos al mes	Plantilla	Min Disp al mes Jornada Normal	Minutos Incurridos en Jornada Extra-ordinaria	Horas Extras Calculadas Incurridas en el mes
6.500.000	57	114.035	8	76.800	37.235	621
	146	44.521			(32.279)	0

Tabla 9. Comparativo Tiempo incurrido

Profundizando más este análisis se determina que las mismas unidades se pueden separar con menos personas, la plantilla se puede reducir de 8 a 5 auxiliares de bodega sin afectar el nivel de servicio.

Promedio Unidades movidas x mes	Tasa Unds x min	Minutos Requeridos al mes	Plantilla	Min Disp al mes Jornada Normal	Minutos Incurridos en Jornada Extra-ordinaria	Horas Extras Calculadas Incurridas en el mes
6.500.000	146	44.521	5	48.000	(3.479)	0

Tabla 10. Análisis reducción de plantilla de auxiliares

Con estos datos se puede suponer un ahorro anual de US\$ 36,171.74 por eliminar las horas extras y reducción de 3 personas de la plantilla de auxiliares.

5.2. RECOMENDACIONES

- Se recomienda efectuar un re-ordenamiento cada vez que haya un ingreso de mercadería, ya sea por compra local, importación o fraccionamiento. De esta forma se mantendrá el inventario ordenado y se facilitará la aplicación de la política FEFO.
- Se recomienda hacer una simulación del uso del tiempo del personal de la bodega redistribuyendo funciones de los auxiliares hacía la toma de inventarios cíclicos y el re-ordenamiento de pallets, antes de reducir la plantilla.
- Considerando que la bodega tiene una sola puerta por donde se ingresa y se despacha la mercadería, se deben establecer franjas horarias para cada actividad, y ordenar las mismas de manera secuencial. Ejemplo:
 - Despacho de mercadería de 8:30 a 12:00
 - Re-ordenamiento de mercadería de 12:00 a 14:00
 - Recepción de mercadería de 14:00 a 16:00
- Proveer a la bodega de una programación semanal del arribo de importaciones y compras locales, de esta forma se puede organizar los periodos de reordenamiento de los pallets en la bodega.

BIBLIOGRAFÍA

- [1]. Mark. Berenson y David M. Levine.(1.996) Estadística básica en administración.
Mark Pearson Educación,
- [2]. Ronald H. Ballou. (2.004). Logística Administración de la cadena de suministro.
Pearson-Prentice Hall.
- [3]. Mikel Mauleón. (2.003). Sistemas de Almacenaje y Picking. Díaz de Santos.
- [4]. Michel Roux. (2.000). Manual de logística para la gestión de almacenes.
Gestión 2000.
- [5]. Edgar Acuña Fernández. (2.002). Análisis de regresión. Universidad de Puerto Rico.
Rico.
- [6]. Gianpaolo Ghiani, Gilbert Laporte, Roberto Musmanno. (2.004). Introduction
to logistics systems planning and control. Jhon Wiley& sons, Ltd.
- [7]. Centro de investigación y desarrollo. (2.002). Desestacionalización de series
económicas. [En línea]. Disponible en:
<http://www.inei.gob.pe/biblioineipub/bancopub/Est/Lib0514/Libro.pdf>.
[Diciembre. 2.012]
- [8]. APCSA. (2.009) Normas INEN referentes a Plaguicidas.
- [9]. Jorge Martínez. (2.005). Modelo Multiplicativo de Winters. [En línea]
Disponible en:
www.itescam.edu.mx/principal/sylabus/fpdb/recursos/r68455.DOC [diciembre
2.012]
- [10]. http://es.wikipedia.org/wiki/Logaritmo_natural