

Control de inventarios de multi-productos.

C.A. Paz Molina¹, L. Martínez Hernández^{1*}, M.C. Martínez Orencio¹, M. Panzi Utrera² C.R. Vázquez Trujillo²

¹Departamento de Ingeniería Industrial, Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Orizaba, Oriente 9 No. 852, Col. Emiliano Zapata, C.P. 94350, Orizaba, Ver., México

²Departamento de Sistemas y Computación, Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Orizaba, Oriente 9 No. 852, Col. Emiliano Zapata, C.P. 94350, Orizaba, Ver., México

*lau_mtz@yahoo.com.mx

Área de participación: Ingeniería Industrial

Resumen

El proyecto que se presenta es parte del resultado de una investigación realizada en un almacén multi-productos de un proveedor de la industria automotriz. El objetivo fue aplicar el almacén caótico para optimizar espacio mejorando la distribución y aplicando técnicas de ingeniería industrial que permitan el acomodo más eficiente. Lo anterior, haciendo uso de tecnologías de la información en una hoja de cálculo que permitiera la simulación del acomodo y sirviera de entrenamiento al personal involucrado. Una vez probado, se dejó implementado a fin de seguir ayudando a la reducción de tiempos muertos ocasionados por no abastecimiento de materiales. Por otro lado, ha permitido el desarrollo del recurso humano a través de residentes y tesisistas que han contribuido a la investigación, siendo esto muy importante porque les permite desarrollar competencias adicionales a su formación profesional mediante la experiencia de investigación aplicada en casos reales en empresas de la región.

Palabras clave: Almacén, herramienta, multi-productos.

Abstract

The project is part of the result of an investigation conducted in a multi-products store from one supplier in the automotive industry. The objective was to apply the chaotic store to optimize space by improving the distribution and industrial engineering techniques that allow the accommodation to be more efficient. The above, making use of tools in information technologies that would allow the simulation of the accommodation and serve as training to staff involved. Once tested, implemented in order to continue to assist the reduction of downtime caused by not providing materials. On the other hand, has allowed the development of human resources through residents and thesis students that have contributed to the research, and this is very important because it allows them to develop additional skills to their professional training through the experience of applied research in actual cases in companies in the region.

Key words: Warehouse, tool, multi-products.

Introducción

Los sistemas de administración tradicional, en almacenes de productos, funcionan asignando áreas exclusivas para los mismos de acuerdo con una variable que les permita clasificarlos en tres clases A, B y C, obteniendo así una distribución de forma descendente o ascendente según convenga.

Los productos se clasifican, según el volumen de ventas, para establecer niveles de servicio diferenciales que se aplica en un sistema de inventarios por demanda probabilístico. (Marín, García, & Gómez, 2013)

Sin embargo, cuando se tiene un almacén con diferentes productos y proveedores se hace complejo aplicar los sistemas de administración tradicional, puesto que da lugar a errores humanos o decisiones incorrectas que conllevan no solo tiempos muertos o excesivos sino impacto negativo en costos. Por lo que surge la necesidad de buscar alternativas prácticas que permitan manejar los multi-productos.

Lo anterior lleva a buscar la aplicación de sistemas de almacenamiento aleatorio, como el almacén caótico, que puede incrementar la utilización de las instalaciones y disminuir el costo por mano de obra, pero requieren registros precisos. (Render Barry, 2014)

En este trabajo se expone la solución propuesta a un almacén de multi-productos para poder aplicar el almacenamiento caótico, permitiendo la reducción de tiempos muertos, así como de los costos involucrados. Dicha solución se realizó en una hoja de cálculo que permitiera el control de los productos y las variables involucradas.

Metodología

El uso de tecnologías de información hoy en día y en casos como el expuesto en este artículo es de gran importancia debido a la dificultad para manejar una lista larga de criterios, los cuales son complejos de manejar en conjunto, debido a que todos ellos se presentan durante toda la jornada laboral.

Para facilitar el acceso a la herramienta se utiliza una hoja de cálculo, en el libro “Almacén Caótico” el Dr. Carlos Alfonso Paz Molina explica de manera detallada la creación y utilización de dicha herramienta, ver Figura 1, la cual debe simular las actividades y limitar las decisiones de los almacenistas u operadores. (Paz Molina, 2019). El libro de trabajo consta de 3 hojas de cálculo llamadas, BASE, INGRESO, REPORTE. La primera llamada “BASE” tiene el objetivo de almacenar los datos y detallar las bases de datos que se utilizarán durante el proceso además de realizar lo más importante, cálculos matemáticos y de fórmulas. La siguiente es “INGRESO”, es la parte amigable de la herramienta, en ella se alberga la parte gráfica y funcional de la herramienta, la cual será utilizada por el operador. Por último “REPORTE”, su objetivo, resumir las bases de datos para generar reportes útiles para operadores y supervisores.

AREA	No. MARBETE	No. PRODUCTO	QTY	FECHA	BACK	STD PACK	CAJAS	TIPO	CAPACIDAD	DISPONIBLE
A	8452520	63-341700	60	12-mar	A-AREA-1	60	1	MEDIANA	0.5	0
A	8452521	63-341700	60	12-mar	A-AREA-1	60	1	MEDIANA	0.5	0.5
A	8452522	63-310900	40	12-mar	A-AREA-2	40	1	CHICA	0.25	0
A	8452523	63-310900	40	12-mar	A-AREA-2	40	1	CHICA	0.25	0.25
A	8452524	63-310900	40	12-mar	A-AREA-2	40	1	CHICA	0.25	0.5
A	8452525	63-310900	40	12-mar	A-AREA-2	40	1	CHICA	0.25	0.75
A	8452526	63-310900	40	12-mar	A-AREA-13	40	1	CHICA	0.25	0.5
A	8452527	63-310900	40	12-mar	A-AREA-13	40	1	CHICA	0.25	0.75
A	8452528	63-310900	40	12-mar	A-AREA-3	40	1	CHICA	0.25	0.75
A	8452529	63-310900	60	12-mar	A-AREA-4	60	1	MEDIANA	0.5	0
A	8452530	63-310900	60	12-mar	A-AREA-4	60	1	MEDIANA	0.5	0.5
A	8452531	63-310900	60	12-mar	A-AREA-5	60	1	MEDIANA	0.5	0
A	8452532	63-310900	60	12-mar	A-AREA-5	60	1	MEDIANA	0.5	0.5
A	8452533	63-310900	60	12-mar	A-AREA-6	60	1	MEDIANA	0.5	0
A	8452534	63-310900	60	12-mar	A-AREA-6	60	1	MEDIANA	0.5	0.5
A	8452535	63-310900	60	12-mar	A-AREA-7	60	1	MEDIANA	0.5	0
A	8452536	63-310900	60	12-mar	A-AREA-7	60	1	MEDIANA	0.5	0.5
A	8452537	63-310900	60	12-mar	A-AREA-28	60	1	MEDIANA	0.5	0
A	8452537	63-347800	60	12-mar	A-AREA-28	60	1	MEDIANA	0.5	0.5
A	8452538	63-340200	40	12-mar	A-AREA-3	40	1	CHICA	0.25	0.25
A	8452539	63-340200	40	12-mar	A-AREA-3	40	1	CHICA	0.25	0.5
A	8452540	63-310900	40	12-mar	A-AREA-3	40	1	CHICA	0.25	0.75
A	8452541	63-310900	80	12-mar	A-AREA-13	40	2	CHICA	0.5	0.5
A	8452542	63-310900	360	12-mar	A-AREA-11	40	4	CHICA	1	0
A	8452543	63-147800	120	12-mar	A-AREA-12	40	3	CHICA	0.75	0.25
A	8452544	63-147800	90	12-mar	A-AREA-13	40	4	CHICA	1	0
A	8452545	63-310900	120	12-mar	A-AREA-16	40	3	CHICA	0.75	0.25
A	6570110	63-312100	120	12-mar	B-AREA-1	60	2	MEDIANA	1	0
A	6570118	63-251810	60	12-mar	B-AREA-2	60	1	MEDIANA	0.5	0.5
A	6570118	63-251810	120	12-mar	B-AREA-3	60	2	MEDIANA	1	0
A	6570119	63-250810	120	12-mar	B-AREA-4	60	2	MEDIANA	1	0
A	6570120	63-250810	60	12-mar	B-AREA-5	60	1	MEDIANA	0.5	0.5
A	4680119	63-201200	60	12-mar	B-AREA-26	60	2	MEDIANA	1	0
A	4680119	63-201200	80	12-mar	B-AREA-7	60	2	MEDIANA	1	0
A	4680120	63-201200	60	12-mar	B-AREA-3	60	2	MEDIANA	1	0

Figura 1 Base para hoja de cálculo

El libro “Almacén Caótico” muestra y explica dentro de los campos de la base de datos los siguientes,

- *El área.* Es la zona específica bajo la cual fue segmentado el almacén, ya sea Zona A, zona B o zona C).
- *El número de marbete.* Numeración asignada de manera consecutiva para cada uno de los distintos productos que ingresan al Almacén.
- *El número de producto.* Es el número asignado por la empresa que permite identificar y diferenciar entre los distintos productos y en algunas ocasiones para diferenciar el mismo producto, pero con características distintas en color, tamaño o material.
- *La QTY o cantidad del Producto.* Es la cantidad de piezas existentes en almacenamiento.
- *La fecha.* Es el periodo exacto del tiempo de en el cual dicha cantidad de piezas del producto fue ingresada al almacén y permite diferenciar a los productos de la misma clase pero con mayor o menor antigüedad.

- *El rack.* Que es el anaquel o estante en el cual se colocan los productos con su clave específica, en esta clave la primera letra determina la sección dentro del anaquel y el último número identifica el espacio específico dentro del mismo.
- *El std pack.* Es la cantidad máxima de piezas que contiene el Paquete o caja de dicho producto.
- *Las cajas.* Es la cantidad existente de cajas de ese producto en almacenamiento, y cada rack tiene una capacidad determinada para almacenar los diferentes tamaños de ellas; solo 1 Grande, 2 Medianas o 4 Pequeñas.
- *El Tipo.* Es el tipo de caja almacenada, ya sea pequeña con capacidad de 40piezas, mediana de 60piezas o grande con capacidad de hasta 120 piezas.
- *La Capacidad.* Es la capacidad del espacio para los distintos tamaños de cajas dentro de cada uno de los racks existentes.
- *El espacio disponible.* Es la cantidad de espacio disponible para ingresar producto a ese lugar dentro del Rack ya sea que tenga disponible su totalidad 100%, la mitad 50% o un cuarto 25%.

SPEC	STD PACK	TIPO CAJA	AREA
69-341700	60	MEDIANA	A
69-312910	60	MEDIANA	A
69-358500	60	MEDIANA	A
69-340100	60	MEDIANA	A
69-349400	60	MEDIANA	B
69-339300	60	MEDIANA	B
69-310000	120	GRANDE	B
69-356900	120	GRANDE	B
69-377500	120	GRANDE	B
69-253300	120	GRANDE	B
69-358600	120	GRANDE	B
69-316000	40	CHICA	A
69-315900	40	CHICA	A
69-359000	40	CHICA	B
69-359100	40	CHICA	B
69-236610	40	CHICA	B
69-237610	40	CHICA	B
69-313010	40	CHICA	C

Figura 2 Base Std Pack/Caja/Área.

F	G	M	I
AREA A			
ZONA A			
A-AREAA-1	A-AREAA-8	A-AREAA-15	A-AREAA-22
A-AREAA-2	A-AREAA-9	A-AREAA-16	A-AREAA-23
A-AREAA-3	A-AREAA-10	A-AREAA-17	A-AREAA-24
A-AREAA-4	A-AREAA-11	A-AREAA-18	A-AREAA-25
A-AREAA-5	A-AREAA-12	A-AREAA-19	A-AREAA-26
A-AREAA-6	A-AREAA-13	A-AREAA-20	A-AREAA-27
A-AREAA-7	A-AREAA-14	A-AREAA-21	A-AREAA-28
ZONA B			
B-AREAA-1	B-AREAA-8	B-AREAA-15	B-AREAA-22
B-AREAA-2	B-AREAA-9	B-AREAA-16	B-AREAA-23
B-AREAA-3	B-AREAA-10	B-AREAA-17	B-AREAA-24
B-AREAA-4	B-AREAA-11	B-AREAA-18	B-AREAA-25
B-AREAA-5	B-AREAA-12	B-AREAA-19	B-AREAA-26
B-AREAA-6	B-AREAA-13	B-AREAA-20	B-AREAA-27
B-AREAA-7	B-AREAA-14	B-AREAA-21	B-AREAA-28

Figura 3 Layout Área Funcional

Después de crear las bases de datos, se aplicaron fórmulas diversas y personalizadas a fin de poder administrar la información contenida en las bases de datos, con el objetivo de consolidar los criterios en una sola base. Cabe hacer mención que por confidencialidad de información no se permite ahondar más en los detalles de las bases de datos y el desarrollo de las mismas, así como de las fórmulas diseñadas y empleadas.

Además de las bases de datos y la interface para la interacción con ellas, así como para ilustrar el funcionamiento y acoplar una forma amigable de capacitar a las personas, se recomendó realizar un Layout como se muestra a en la Figura 3, el cual debe ser una clara representación de la ubicación del almacén, es decir, una copia exacta del acomodo real de los racks. Para la explicación del funcionamiento de la herramienta, se ilustran los siguientes ejemplos contenidos en el libro “Almacén Caótico”, los cuales muestran de manera particular, las actividades del operador.

Cada número corresponderá a cada celda, es decir, el ejemplo que el número señalado corresponde a la disponibilidad del A-AREAA-1, por lo cual es necesario traer la información de la tabla creada con anterioridad correspondiente a la ocupación Rack.

Con lo anterior, se tiene la comparación de los espacios actuales y la capacidad de caja de cada producto por almacenar. Si el Rack está disponible se podrá colocar el material en él, pero si no, no se podrá realizar. Existe una regla o condición mandatoria en el almacén caótico, no colocar material fuera de su área, por lo tanto los racks pertenecientes a diferentes áreas deben estar en estatus “no disponible” para eliminar el error de estibar material fuera del área asignada.

Por ejemplo, en la Figura 4, el Número de Marbete o etiqueta 95500051 pertenece a 40 piezas del Número de Producto 69-147700, el cual será ingresado en la fecha 22 de Marzo, en el área A, utilizando una caja Chica, en

el Rack# 3 Zona A, Rack asignado A-AREA-3. Ese Rack contiene espacio suficiente para estibar ese material, a pesar de tener una disponibilidad de 0.75. La ocupación de este Rack es de 0.25, es decir, contiene una caja chica. También se puede observar la cancelación de los Rack del Área B, todos se encuentra en color negro.

Todos los Racks en color verde tienen suficiente espacio para colocar caja chica, en caso contrario, los racks en color rojo no tienen disponibilidad o espacio suficiente para colocarle cajas adicionales. La Figura 4 también muestra debajo del Rack asignado una celda con "OK" y un condicional para validar si la decisión es correcta.

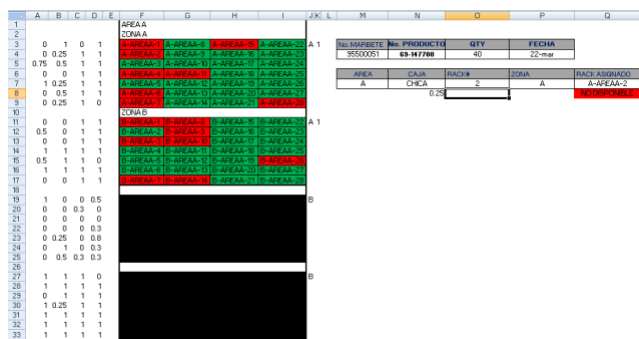


Figura 4 Almacén Caótico Simulador Rojo área A

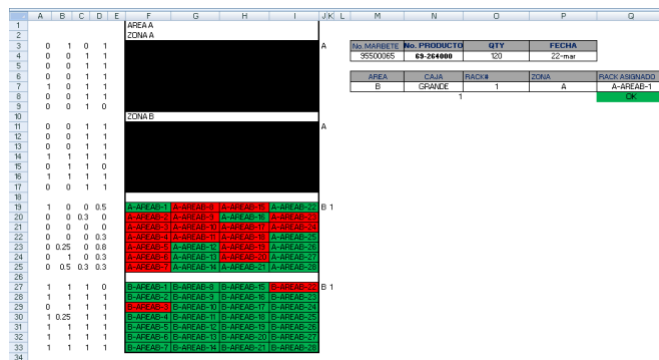


Figura 5 Almacén Caótico Simulador Verde área B.

Siguiendo el ejemplo, se puede observar que en dado caso de tratar de colocar material en el rack A-AREA-2, enseguida la celda se tornará Roja con la leyenda "NO DISPONIBLE" debido a que ese rack no tiene espacio disponible para almacenar una caja chica.

Como se muestra en la Figura 5, se decide estibar material perteneciente al área B, por lo cual los racks de esa área correspondiente se habilitarán para poder estibar ese material, los que se encuentren en color rojo no tienen capacidad para poder estibar ese material, en caso contrario, los racks en color verde si pueden ser utilizados para colocar el material por estiba. En el caso siguiente el Rack A-AREAB-A tiene espacio suficiente para colocarle caja Grande dentro de ese espacio.

Este simulador fue utilizado para la capacitación del personal, el cual ilustra las reglas básicas del almacén caótico, se muestra la herramienta en la Figura 6.

1. El material se debe estibar dentro del área asignada, no utilizar espacio de otras áreas debido a la pertenencia dada de alta con anterioridad.
2. El rack es cualquiera que pertenezca al área asignada mientras tenga la suficiente disponibilidad para estibar o colocar material dentro de ese espacio.



Figura 6 Herramienta Almacén Caótico

Con el objetivo de mejorar el proceso de capacitación, se implementó la siguiente macro con el propósito de simular el procedimiento de ingreso de material al almacén. La hoja con el nombre "BASE" contiene los datos

ingresados o la base de datos del material localizado dentro del almacén. El nombre de la macro es “en” referente a la palabra entrada, a continuación se redacta la funcionalidad de la macro anteriormente mencionada.

Parte 1: Poka-yoke, se revisa la disponibilidad de estiba y si el marbete ha sido ingresado a la base o no.

Parte 2: Los datos colocados en la hoja “Ingreso” son trasladados a la hoja “Base”

Parte 3: Las fórmulas de identificación son colocadas en los datos ingresados.

El poka-yoke tiene como objetivo el verificar el suficiente espacio disponible para colocar las cajas, además de verificar si el marbete ya se encuentra dentro de la base.

En caso de que cualquiera de las dos opciones no sea cumplida, la macro mostrará un mensaje con la leyenda “NO PUEDE INGRESARSE”, impidiendo de esa manera el duplicar datos dentro de la base, se muestra en la Figura 7. Cuando las dos variables se cumplan, entonces el operador podrá ingresar el material en el espacio correspondiente seleccionado, como se muestra en la Figura 8.

Sub en()

' En macro

'Parte 1

```
If range("M2").value = "YA INGRESADO" or
range("Q8").value = "NO DISPONIBLE" then
Msgbox "NO PUEDE INGRESARSE"
```

Else

'Parte 2

```
application.screenupdating = false
sheets("Ingreso").select
range("M4").select
application.cutcopymode = false
selection.copy
sheets("Base").select
range("B5").select
activesheet.paste
sheets("Ingreso").select
range("N4").select
application.cutcopymode = false
selection.copy
sheets("Base").select
range("C5").select
selection.pastespecial paste:=xlPasteValues,
operation:=xlNone, skipblanks _
:=false, transpose:=false
sheets("Ingreso").select
range("O4").select
application.cutcopymode = false
selection.copy
sheets("Base").select
range("D5").select
selection.pastespecial paste:=xlPasteValues,
operation:=xlNone, skipblanks _
:=false, transpose:=false
sheets("Ingreso").select
range("P4").select
application.cutcopymode = false
selection.copy
sheets("Base").select
```

```
range("E5").select
selection.pastespecial paste:=xlPasteValues,
operation:=xlNone, skipblanks _
:=false, transpose:=false
sheets("Ingreso").select
range("Q7").select
application.cutcopymode = false
selection.copy
sheets("Base").select
range("F5").select
selection.pastespecial paste:=xlPasteValues,
operation:=xlNone, skipblanks _
:=false, transpose:=false
range("L5").select
application.cutcopymode = false
```

'Parte 3

```
range("A4").select
range(selection, selection.end(xlToRight)).select
range(selection, selection.end(xlDown)).select

activeworkbook.worksheets("Base").sort.sortfields.cl
ear

activeworkbook.worksheets("Base").sort.sortfields.a
dd key:=range("F5:F76") _
, sorton:=xlSortOnValues, order:=xlAscending,
dataoption:=xlSortNormal
with activeworkbook.worksheets("Base").sort
.setrange range("A4:M76")
.header = xlYes
.matchcase = false
.orientation = xlToptobottom
.sortmethod = xlPinYin
.apply
end with
range("A5").select
range(selection, selection.end(xlToRight)).select
range(selection, selection.end(xlDown)).select
selection.copy
range("A6").select
activesheet.paste
```

```
range("B5:G5").select
range("B5:F5").select
selection.clearcontents
range("B5").select
```

```
sheets("Ingreso").select
range("M4").select
End if
End sub
```

En el siguiente ejemplo se muestra el no. Marbete 85000, para el producto 69-264000, se le asignará el rack B-AREAB-25, como lo muestra la imagen, el espacio está disponible.

Al finalizar dándole click al botón ingresar, la macro se activará y los datos serán ingresados.

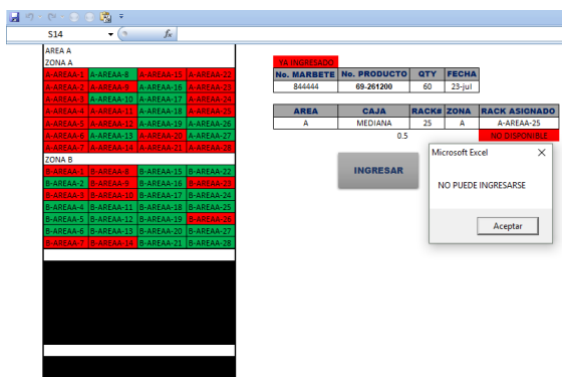


Figura 7 Poka Yoke de Ingreso

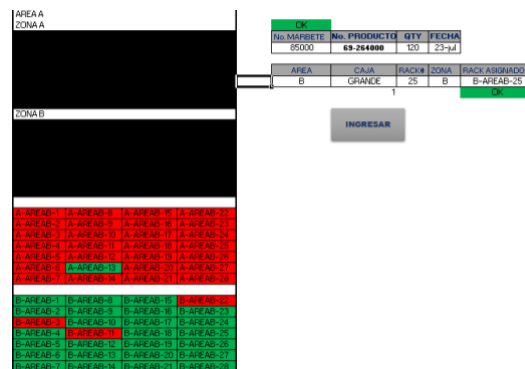


Figura 8 Poka Yoke de Ingreso aceptado.

Esto ocasionará que el rack asignado se muestre en rojo y en status "no disponible" debido al tipo de caja ingresada, en este caso caja grande, por lo cual su valor es de 1, lo cual corresponde al 100% de ocupación de ese espacio.

Para establecer el almacén A,B,C cada número está asignado un rack dependiendo del volumen de demanda, High Runners se pretende colocar en los primeros rack o espacios cercanos a la entrada, después los Medium Runners y al final Low Runner.

SPEC	STD PACK	TIPO CAJA	AREA	CONSTRUCCION	RACK
69-341700	60	MEDIANA	A	AM78-32	A-AREAA
69-344700	60	MEDIANA	A	AM50-06	A-AREAA
69-358600	120	GRANDE	B	X96-A4-42-A	A-AREAB
69-250910	120	GRANDE	B	AM50-16	A-AREAB
69-359100	40	CHICA	B	AM50-50	B-AREAB
69-355800	64	CHICA	C	AM78-41	A-AREAC
69-335600	75	CHICA	A	AM50-45-A	B-AREAA

Figura 9 Asignación Rack A,B,C

La base principal contiene una columna adicional llamada "rack", la cual corresponde al rack asignado de acuerdo al análisis A,B,C del volumen de demanda, se muestra en Figura 9. Al principio fueron generados las características y los datos para implementar almacén caótico, pero aún falta establecer el análisis A,B,C como estándar de acomodo dentro del almacén.

AREA	No. MARBETE	No. PRODUCTO	QTY	FECHA	RACK	STD PACK	CAJAS	TIPO	CAPACIDAD	DISPONIBLE	RACK CORRECTO	DIF
A	8452521	69-341700	60	12-ago	A-AREAA-1	60	1	MEDIANA	0.5	0.5	A-AREAA	VERDADERO
A	8452522	69-185400	80	12-mar	A-AREAA-10	40	2	CHICA	0.5	0.5	B-AREAA	FALSO

Figura 10 Comparación Rack correcto.

Las dos columnas siguientes, servirán para identificar si los materiales se encuentran colocados en los rack correcto o si fueron colocados fuera del rack asignado, ver Figura 10.

Rack Correcto: muestra el rack asignando para esa parte.

Dif: muestra si corresponde o no el rack a la parte estibada.

Como se muestra en el ejemplo, el producto 69-341700 está asignado al rack "A-AREAA", y fue colocado en el rack: "A-AREAA-1", por consiguiente si se encuentra en el rack correcto, por eso, la columna dif, muestra "verdadero", por si corresponder al rack correcto. En caso contrario, el producto 69-185400 se le asignó el rack "B-AREAA", pero está estibado en el rack "A-AREAA" por lo cual la columna dif, muestra la leyenda falso, por no corresponder al rack asignado.

Al finalizar el programa de producción semanal, los encargados del almacén deben colocar el material de acuerdo al estándar de acomodo, es decir, de acuerdo al análisis A,B,C, para ello la información anterior generada es la fuente para realizar un reporte de productos correctamente o incorrectamente estibados, para ello se eligió la herramienta tabla dinámica para ilustra la lista de material y proceder a colocar de manera física el material correctamente, ver Figura 11.

AREA	RACK	No. PRODUCTO	RACK CORRECTO	Total
A	A-AREAA-10	69-185400	B-AREAA	2
A	A-AREAA-11	69-185400	B-AREAA	4
A	A-AREAA-12	69-147600	B-AREAA	3
A	A-AREAA-14	69-359400	B-AREAA	3

Figura 11 Comparación de Estándar de Acomodo

Es necesaria la adecuación y sobre todo la capacitación del personal involucrado en todo proceso, ya que de ello depende el correcto funcionamiento y la eficiencia de las actividades a desarrollar en cada uno de los procesos dentro del almacén Caótico. Las partes principales que lleva este plan de capacitación son:

- Explicación y demostración física al personal sobre las nuevas áreas dentro de las Instalaciones del Almacén.
- Explicación detallada de las asignaciones de cada producto a su Zona, Rack y espacio específico dentro del rack, para su correcto almacenamiento de cada uno de los Productos.
- Explicación y/o difusión del control de las nuevas reglas del Almacén Caótico.

Para la elaboración del Plan Maestro de Capacitación de los temas anteriormente mencionados, fue necesaria la interacción y amplia comunicación del Jefe de Almacén y el área de Recursos Humanos. Ya que el Jefe de almacén determina los temas específicos a tocar dentro de cada uno de los tres puntos que se establecieron y en conjunto con el área de recursos humanos para ayudarse a determinar los tiempos disponibles para el personal, sin que se vean afectadas sus funciones actuales; así como la Facilitación del material didáctico o recursos materiales necesarios para poder explicarles al personal de la forma más clara la información pertinente del Almacén Caótico.

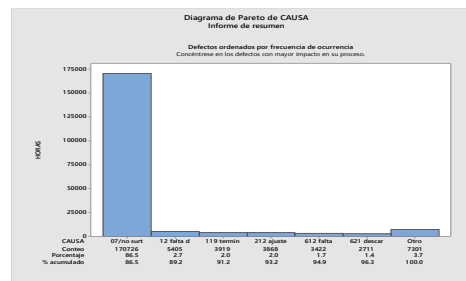
Resultados y discusión

Los programas de Producción muestran los tiempos muertos, comparando el herramental preparado e instalado en las máquinas contra el material producido. El tiempo en el que las herramientas montadas se encuentran sin material disponible, es considerado como tiempo muerto y se calcula en horas/semana.

La Tabla 1 muestra los tiempos muertos por horas/semana y sus causas desde la semana 6-30 del año 2017. Para la causa "No surtimiento" con 170,726 horas de tiempo muerto o máquina parada, con 86.5% de impacto en esta medición, ver Gráfica 2.

Row Labels	Sum of HORAS
07/no surtimiento	170726
117 juntas	612
119 termino de programa	3919
12 falta de operador	5405
212 ajuste y reparacion	3868
26 falla de micro	955
612 falta de presion	3422
619 falla de empaque	1009
620 puente desajustado, dañado	480
621 descarrilamiento de carros	2711
622 falla de plataforma autoclave	1332
623 balero desgastado, roto	345
624 falla micro puerta autoclave	474
625 desfogue lento autoclave	895
626 error sincronizacion al cargar	1105
64 falla electrica	94
Grand Total	197352

Tabla 1 Causa de Tiempos Muertos en el Área



Gráfica 1 Pareto de causas de tiempos muertos

La Gráfica 2 muestra el Pareto de las causas que ocasionaban tiempos muertos en el área bajo estudio, lo cual muestra que el no surtimiento de materiales es la mayor y debía ser atendida.

Después de la aplicación de almacén caótico y tecnologías de la información, la falta de material y el tiempo muerto en el proceso disminuyeron considerablemente, de un promedio de 8,000 horas/semana con picos de 10,000 y 11,000 horas de tiempo muerto, a un promedio de 5,500 horas/semana con picos de 8,000 y 9,000 horas. Esto quiere decir, que la solución fue factible para la empresa, y se muestra un control en el registro de entradas y salidas, además de certidumbre en las existencias del almacén. También es necesario resaltar la disminución de material sin almacenar o fuera de sus áreas. (Paz Molina, 2019)

Trabajo a futuro

Dentro de los retos de la investigación está el desarrollo de una aplicación para el manejo de los lectores de códigos de barras a fin de que sea la forma en la cual se realice el registro de los productos. Adicional a lo anterior, se buscará la protección intelectual de la aplicación antes de entregarse a la empresa bajo estudio.

Conclusiones

Esta investigación ha permitido dar seguimiento al proyecto iniciado en el 2018 para comprender la organización de un almacén de piezas automotrices. En esta fase se ha dado continuidad a las modificaciones significativas en el almacén, habiendo cambiado su organización de la tradicional al caótico. Se ha estado trabajado con los colaboradores del área a fin de dar seguimiento a las mejoras. Además, se logró el diseño de un simulador en un software de hojas de cálculo que permita detectar dentro de un grupo de productos con misma autoclave, el que tenga mayor antigüedad o en su defecto si son únicas cajas existentes en almacenamiento.

Por otro lado, el proyecto ha permitido el desarrollo de recurso humano mediante la residencia profesional de estudiantes de Ingeniería Industrial y de Ingeniería en Sistemas Computacionales. Lo que ha permitido realizar la vinculación entre empresa – escuela a fin de fortalecer el perfil de los futuros profesionistas.

Referencias

- Marin, J. A., Garcia, J. A., & Gomez, O. D. (2013). Gestion de compras e inventarios a partir de pronosticos Holt-Winters y diferenciacion de nivel de servicio por clasificacion ABC. *Scientia et Technica*, 5.
- Meyers, F. E. (1993). *Plant Layout and Material Handling*. Prentice Hall.
- Miguel David Rojas López, E. Y. (2011). Logística integral, Una propuesta práctica para su negocio. Bogotá, Colombia: Ediciones de la U.
- Paz Molina, C. A. (2019). Almacén Caótico. Beau Bassin, Mauritius: Editorial Académica Española
- Render Barry, H. J. (2014). Principios de Administración de Operaciones. Mexico: PEARSON.
- Richard B. Chase, F. R. (2001). Administración de Operaciones, Producción y Cadenas de Suministros. Mexico, D.F.: McGraw Hill.
- Richard L. Francis, L. F. (1992). Facility Layout and Location: An Analytical Approach. Prentice Hall.
- Ríos, A. A. (2012). Mapeo de la cadena de Valor. En A. A. Ríos, Mapeo de Cadena de Valor (pág. 8). Mexico.