

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE APOYO PARA LA PROGRAMACIÓN DE  
OPERACIONES DE ENVASADO DE SUSTANCIAS QUÍMICAS. CASO  
DE ESTUDIO EN BRINSA S.A.**

**LUIS DAVID FAJARDO CELY**

**Universidad de La Sabana  
Escuela Internacional de Ciencias Económicas y Administrativas  
Chía, Colombia  
2021**

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE APOYO PARA LA PROGRAMACIÓN DE  
OPERACIONES DE ENVASADO DE SUSTANCIAS QUÍMICAS. CASO  
DE ESTUDIO EN BRINSA S.A.**

Trabajo de grado presentado como requisito parcial para obtener el título de

**MAGÍSTER EN GERENCIA DE OPERACIONES**  
(Modalidad de Profundización)

LUIS DAVID FAJARDO CELY

Director

ELYN LIZETH SOLANO CHARRIS

Universidad de La Sabana

Escuela Internacional de Ciencias Económicas y Administrativas

Chía, Colombia

2021

## **DEDICATORIA**

*Este proyecto va dedicado a todas las personas que han creído en mí, tanto personal como profesionalmente y de alguna u otra manera me han alentado y guiado durante este proceso. Especialmente a mi familia.*

## **AGRADECIMIENTOS**

Primero deseo expresar mi profundo agradecimiento a la compañía Brinsa S.A. por confiar en mí y mis capacidades, dándome la oportunidad de desarrollar mi proceso investigativo dentro de sus instalaciones.

De igual manera mis agradecimientos a la Universidad de la Sabana, a la Escuela Internacional de Ciencias Económicas y Administrativas, a sus profesores, especialmente a Elyn Solano, PhD, principal colaboradora en este proyecto, quien gracias a su experiencia y conocimientos permitió el desarrollo de este trabajo y con su orientación y dedicación, facilitó el alcance de los objetivos propuestos.

A mis compañeros de la maestría por su paciencia, apoyo y confianza incondicional. En particular a George Peña por su amistad y por compartir sus conocimientos y experiencias durante el transcurso de mis estudios de postgrado.

Finalmente agradezco a mi familia, amigos y personas especiales en mi vida, quienes me han apoyado sin importar las circunstancias. Este es un logro que comparto con ustedes y del cual me siento feliz y orgulloso de alcanzar.

### **Resumen:**

Los fabricantes de materias primas pueden comercializar sus productos en presentación a granel o envasada de diferentes referencias, cada presentación tiene un proceso productivo característico que debe ser optimizado para lograr eficiencias productivas y cumplimiento con los compromisos comerciales. La optimización del proceso debe realizarse a varios niveles y la programación es uno de ellos. Este estudio propone diseñar un sistema que permita a Brinsa S.A., como caso de estudio, lograr una programación adecuada de las actividades involucradas en el proceso de envasado de las sustancias químicas enfocándose en una distribución de recursos logrando una mejora en el indicador de cumplimiento de producción. La metodología seguida en el desarrollo de este proyecto inicia por la revisión de las condiciones actuales del proceso para caracterizarlo. Posteriormente se procede con la consecución de información base a través de trabajo de campo con toma de tiempos de cada actividad y referencia. Luego se realiza un análisis de la información que permite definir los parámetros y variables del método propuesto para optimizar la programación de actividades. Después se plantea una propuesta de mejora y se ejecuta para validar su funcionamiento. Finalmente, se desarrolla un sistema para la toma de decisiones del proceso de envasado, el sistema se valida para comprobar su funcionamiento en la mejora del indicador de cumplimiento de ordenes de producción.

**Palabras clave:** Sistema, programación, referencias, sustancias químicas, cumplimiento de producción, OTIF.

### **Abstract:**

Raw material manufacturers can market their products in bulk or in packaged presentations of different references, each presentation has a characteristic production process that must be optimized to achieve production efficiency and fulfillment of commercial commitments. Each presentation has a characteristic production process that must be optimized to achieve production efficiency and fulfillment of commercial commitments. Process optimization must be done at several levels and scheduling is one of them. This study proposes to design a system that allows Brinsa S.A., as a case study, to achieve an adequate scheduling of the activities involved in the chemical product process of packaging chemical products, focusing on a distribution of resources and achieving an improvement in the production compliance indicator. The methodology followed in the development of this project starts with the review of the current conditions of the process to characterize it. Subsequently, base information was collected through field work with the taking of time periods of each activity and reference. Then, an analysis of the information is performed to define the parameters and variables of the proposed method to optimize the scheduling of activities. Subsequently, an improvement proposal is proposed and executed to validate its performance. Finally, a system for the decision making of the packaging process is developed, the system is validated to check its performance in improvement in the indicator of the fulfillment of production orders.

**Key words:** System, scheduling, references, chemicals, production compliance, OTIF.

## TABLA DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS .....	2
TABLA DE CONTENIDO.....	4
LISTA DE TABLAS .....	6
LISTA DE FIGURAS.....	7
GLOSARIO .....	9
ACRÓNIMOS.....	10
<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>11</b>
<b>1.1. Planteamiento del problema .....</b>	<b>11</b>
<b>1.2. Pregunta de investigación.....</b>	<b>18</b>
<b>1.3. Objetivos .....</b>	<b>18</b>
<b>1.3.1. Objetivo general .....</b>	<b>18</b>
<b>1.3.2. Objetivos específicos .....</b>	<b>18</b>
<b>1.4. Justificación .....</b>	<b>18</b>
<b>1.5. Organización del documento.....</b>	<b>20</b>
<b>2. REVISIÓN DE LA LITERATURA .....</b>	<b>22</b>
<b>2.1. Métodos exactos .....</b>	<b>24</b>
<b>2.2. Métodos heurísticos y metaheurísticos.....</b>	<b>25</b>
<b>2.3. Métodos metaheurísticos híbridos.....</b>	<b>27</b>
<b>3. DISEÑO METODOLÓGICO.....</b>	<b>32</b>
<b>3.1. Tipo de estudio .....</b>	<b>32</b>
<b>3.2. Fuentes y técnicas.....</b>	<b>32</b>
<b>3.3. Método de investigación propuesto .....</b>	<b>32</b>
<b>3.4. Delimitación del estudio.....</b>	<b>35</b>
<b>4. CARACTERIZACIÓN DEL PROCESO .....</b>	<b>36</b>
<b>4.1. Descripción del proceso .....</b>	<b>36</b>
<b>4.2. Parámetros del proceso de envase .....</b>	<b>43</b>
<b>4.3. Modelo del proceso .....</b>	<b>46</b>

4.4.	Descripción de variables y parámetros .....	49
5.	<b>DISEÑO DEL MÉTODO Y SISTEMA DE APOYO PARA PROGRAMACIÓN.....</b>	<b>51</b>
5.1.	Parámetros iniciales.....	51
5.2.	Sistema de apoyo para la toma de decisiones .....	56
6.	<b>RESULTADOS Y ANÁLISIS.....</b>	<b>61</b>
6.1.	Cumplimiento de un día de producción.....	61
6.2.	Cumplimiento mensual.....	63
6.3.	Impacto en Brinsa S.A.....	66
7.	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>70</b>
7.1.	Conclusiones.....	70
7.2.	Oportunidades de mejora.....	71
	REFERENCIAS.....	73
	ANEXOS .....	77
	<b>ANEXO 1 PRUEBA DE PRIORIZACIÓN EN EL ENVASADO DE SUSTANCIAS QUÍMICAS</b> .....	<b>77</b>
	<b>ANEXO 2 EJEMPLO DE USO DEL SISTEMA PROPUESTO.....</b>	<b>78</b>
	<b>ANEXO 3 CUMPLIMIENTO REAL, TEÓRICO PARA EL MES DE DICIEMBRE 2020 .....</b>	<b>86</b>
	<b>ANEXO 4 CUMPLIMIENTO REAL, TEÓRICO PARA EL MES DE ENERO 2021.....</b>	<b>90</b>
	<b>ANEXO 5 CUMPLIMIENTO REAL, TEÓRICO PARA EL MES DE FEBRERO 2021.....</b>	<b>93</b>
	<b>ANEXO 6 CUMPLIMIENTO REAL, TEÓRICO PARA EL MES DE MARZO 2020.....</b>	<b>96</b>
	<b>ANEXO 7 CUMPLIMIENTO REAL, TEÓRICO PARA EL MES DE ABRIL 2021 .....</b>	<b>99</b>
	<b>ANEXO 8 CUMPLIMIENTO REAL, TEÓRICO PARA EL MES DE MAYO 2021 .....</b>	<b>102</b>
	<b>ANEXO 9 CUMPLIMIENTO REAL, TEÓRICO PARA EL MES DE JUNIO 2021 .....</b>	<b>105</b>
	<b>ANEXO 10 CUMPLIMIENTO REAL, TEÓRICO PARA EL MES DE JULIO 2021.....</b>	<b>108</b>
	<b>ANEXO 11 COMPARACIÓN DE MEDIAS PARA CONJUNTOS ACTIVIDAD – REFERENCIA</b> .....	<b>111</b>

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Listado de sustancias químicas envasadas, referencias y cantidades másicas. Fuente Brinsa S.A. ....	14
Tabla 2 Cumplimiento de OF vs Personal operativo .....	16
Tabla 3 Capacidad de recipientes utilizados. Fuente: Información Brinsa S.A. ....	43
Tabla 4 Referencias. Fuente: Información Brinsa S.A. ....	43
Tabla 5 Actividades en el proceso de envasado por referencia. Fuente: Elaboración propia. ....	44
Tabla 6 Duración de cada actividad por referencia. Fuente: Elaboración propia. ....	45
Tabla 7 Capacidades máximas de producción para cada actividad y referencia. Fuente: Elaboración propia. ....	45
Tabla 8 Ponderación de ventas de referencias. Fuente: Información Brinsa S.A. ....	52
Tabla 9 Priorización por referencia. Fuente Archivo Brinsa S.A. ....	54
Tabla 10 Tareas realizadas en el sistema. Elaboración: Adaptada de Rojas (2019) .....	60
Tabla 11 Cumplimiento real de pedido el día 17 de diciembre 2020. Fuente: Elaboración propia. ....	62
Tabla 12 Cumplimiento teórico de pedido el día 17 de diciembre 2020. Fuente: Elaboración propia. ....	63
Tabla 13 Cumplimiento teórico de pedido el día 13 de febrero 2021. Fuente: Elaboración propia. ....	66
Tabla 14 Utilidad bruta en millones de pesos por unidad de cada una de las referencias. Fuente: Elaboración propia. ....	66
Tabla 15 Costo del recurso humano para desarrollo del sistema .....	68
Tabla 16 Costo del recurso informático para el desarrollo del sistema .....	68
Tabla 17 Cumplimiento real, teórico para el mes de diciembre 2020. Fuente: Elaboración propia. ....	86
Tabla 18 Cumplimiento real, teórico para el mes de enero 2021. Fuente: Elaboración propia. ....	90
Tabla 19 Cumplimiento real, teórico para el mes de febrero 2021. Fuente: Elaboración propia.....	93
Tabla 20 Cumplimiento real, teórico para el mes de marzo 2021. Fuente: Elaboración propia. ....	96
Tabla 21 Cumplimiento real, teórico para el mes de abril 2021. Fuente: Elaboración propia.....	99
Tabla 22 Cumplimiento real, teórico para el mes de mayo 2021. Fuente: Elaboración propia. ....	102
Tabla 23 Cumplimiento real, teórico para el mes de junio 2021. Fuente: Elaboración propia. ....	105
Tabla 24 Cumplimiento real, teórico para el mes de julio 2021. Fuente: Elaboración propia.....	108

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Flujograma de procesos en Brinsa SA. Fuente: Brinsa S.A. ....	13
Figura 2 Segmentación de productos UEN Industria. Fuente: Brinsa S.A. ....	14
Figura 3 Proyección de ventas de sustancias químicas envasadas. Fuente Brinsa S.A. ....	15
Figura 4 Clasificación de hibridación de metaheurísticas. Fuente: Adaptado de Raidl (2006) .....	28
Figura 5 Secuencia del método de investigación propuesto. Fuente: Elaboración propia. ....	35
Figura 6 Proceso de envasado y sus componentes. Fuente: Elaboración propia. ....	36
Figura 7 Estiba de tambores de 55 galones previa a su llenado. Fuente: Elaboración propia. ....	39
Figura 8 Estiba con tambores lista para despachos. Fuente: Elaboración propia. ....	40
Figura 9 Proceso de Envasado de productos químicos. Fuente: Brinsa SA.....	41
Figura 10 Patrón de flujo de Job Shop. Fuente: Adaptado de Meidyani et al. (2018) .....	47
Figura 11 Programación de un Job Shop. Fuente: Adaptado de Pinedo (2005). ....	48
Figura 12 Diagrama de flujo de información. Fuente: Adaptado de Rojas (2019).....	58
Figura 13 Interacción a través de la interfaz. Fuente: Adaptado de Rojas (2019) .....	59
Figura 14 Comparación de medias para llenado y/o alistamiento de HCl_tambor. Fuente: Elaboración propia. ....	64
Figura 15 Comparación crecimiento de cumplimiento real, teórico versus meta. Fuente: Elaboración propia. ....	65
Figura 16 Utilidad dejada de percibir en cada mes de estudio Fuente: Elaboración propia. ....	67
Figura 17 Porcentaje de cumplimiento OTIF Julio-20 a Abril-21. Fuente: Información Brinsa S.A.....	77
Figura 18 Requerimiento de producción enviado por el área de planeación. Fuente: Correo corporativo Brinsa S.A. ....	78
Figura 19 Requerimiento de despachos enviado por el área de planeación. Fuente: Correo corporativo Brinsa S.A. ....	78
Figura 20 Error al superar la capacidad nominal en la actividad "llenar" del sujeto Pisciclor. Fuente: Resultados software. ....	79
Figura 21 Cálculo de tiempo por orden de producción. Fuente: Resultados software.....	80
Figura 22 Recursos y cálculo de horas hombre. Fuente: Resultados software. ....	80
Figura 23 Representación de pedido aprobado. Fuente: Resultados software.....	81
Figura 24 Representación de pedido no aprobado. Fuente: Resultados software. ....	81
Figura 25 Actividades y sujetos de proceso priorizados para el caso. Fuente: Resultados software. ....	82
Figura 26 Programación de actividades y personal. Fuente: Resultados software. ....	84
Figura 27 Comparación de medias para llenado de Agroclor. Fuente: Elaboración propia. ....	111
Figura 28 Comparación de medias para llenado y alistamiento de HCl_IBC. Fuente: Elaboración propia. ....	112
Figura 29 Comparación de medias para llenado y alistamiento de HCl_tambor. Fuente: Elaboración propia. ....	112
Figura 30 Comparación de medias para llenado y alistamiento de Hipo_bidones. Fuente: Elaboración propia. ....	113
Figura 31 Comparación de medias para llenado de Hipo_garrafa. Fuente: Elaboración propia.....	113

Figura 32 Comparación de medias para llenado y alistamiento de Hipo_IBC. Fuente: Elaboración propia. .....	114
Figura 33 Comparación de medias para llenado y alistamiento de Hipo_tambor. Fuente: Elaboración propia. .....	114
Figura 34 Comparación de medias para llenado de Labsa_garrafa. Fuente: Elaboración propia. ....	115
Figura 35 Comparación de medias para llenado y alistamiento de Labsa_IBC. Fuente: Elaboración propia. .....	115
Figura 36 Comparación de medias para llenado y alistamiento de Labsa_tambor. Fuente: Elaboración propia. .....	116
Figura 37 Comparación de medias para llenado de Pisciclor. Fuente: Elaboración propia. ....	116
Figura 38 Comparación de medias para llenado de Soda_garrafa. Fuente: Elaboración propia.....	117
Figura 39 Comparación de medias para llenado y alistamiento de Soda_IBC. Fuente: Elaboración propia. .....	117

## GLOSARIO

<b>Término</b>	<b>Significado</b>
Actividad	Son las tareas que realizan los analistas durante el transcurso de su turno, en este caso alistamiento o llenado.
OTIF	Indicador logístico que utiliza Brinsa S.A. para medir la disponibilidad de un producto para venta y consumo.
Priorización	Es la clasificación de actividades por orden de importancia según generación de pedidos.
Referencia	Presentación en volumen o tamaño en que se comercializa una sustancia química.

## ACRÓNIMOS

Abreviatura	Significado
ACO	Ant Colony Optimization
AEDS	Algoritmo de Estimación de Distribuciones para Secuenciamiento
AG	Algoritmo Genético
AGV	Automatically Guided Vehicles
AIA	Artificial Immune Algorithm
DSS	Sistema para la toma de decisiones
CENDIS	Centro de Distribución
EBITDA	Earnings Before Interest, Taxes, Depreciation and Amortization
GA	Genetic Algorithm
IG	Iterative Greedy
JSP	Job Shop Problem
LESS	Lauril Éter Sulfato de Sodio
ME	Material de Empaque
MHZ	Metaheurísticas Híbridas
PT	Producto Terminado
RH	Rolling Horizont
TP	Telescopic Population
TSPTW	Traveling Salesman Problem with Time Window
VND	Variable Neighborhood Descent

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Planteamiento del problema

#### 1.1.1. Contexto

Las empresas manufactureras tienen a lo largo de sus procesos productivos, una diversidad de tareas y actividades que deben organizarse adecuadamente, de tal forma que sus procesos fluyan al ritmo que impone el mercado y la competencia. Cada tipo de proceso tiene su particularidad y como tal, requiere el desarrollo e implementación de un plan de programación que permita su eficacia al menor costo posible. Así, desde el abastecimiento, pasando por el almacenamiento, la producción, y el embalaje, hasta la logística de distribución, tienen puntos claves que deben afinarse, para mantener el flujo correcto de información y mercancías, hasta lograr la satisfacción del cliente final.

Varios autores han abordado la cadena de suministro como un modelo de programación entera (Aliev et al., 2007) donde cada eslabón de esa cadena se puede optimizar. Debido a su complejidad, abordar todos los eslabones de la cadena se vuelve complejo en las investigaciones (Vidal y Geotschalckx, 1997), y por tanto es común enfocarse en solo uno de ellos. Para este caso de estudio, el enfoque se realiza sobre la programación de producción, como componente del proceso productivo en planta, herramienta fundamental para lograr y mantener control y eficiencia sobre cada operación. Pinedo (2005) señaló que la programación de operaciones es un proceso de toma de decisiones que busca la asignación de tareas y recursos durante periodos de tiempo determinados y su meta es optimizar uno o varios objetivos.

Los problemas de asignación de recursos y actividades son una constante preocupación en la industria manufacturera a nivel mundial, debido a la necesidad de cumplir con tareas y metas de producción, de un sin número de productos que se elaboran por diferentes tipos de procesos, en diferentes tipos de talleres y máquinas. Generalmente, la solución de estas necesidades se aborda desde una programación que busca determinar la forma más eficiente de producir los productos deseados, en el tiempo definido, bajo las limitaciones propias del proceso (Janak y Floudas, 2008). En general, los estudios realizados buscan oportunidades de mejoramiento en el aprovechamiento

de recursos físicos y humanos y así lograr reducir los costos operativos y mejorar la rentabilidad en los procesos que se programan. Brinsa S.A., una multinacional de producción de materias primas químicas y productos de consumo masivo, no es la excepción a esta necesidad, buscando mejorar su productividad y rentabilidad.

Brinsa es una joven multinacional colombiana, con 26 años de historia empresarial dedicados a la producción y comercialización de sustancias de consumo masivo y materias primas. La empresa está conformada por tres unidades de negocio para la atención de los requisitos del cliente o cualquier otra parte interesada: Alimentos, Aseo e Industria. Adicionalmente, la empresa cuenta con una mina de extracción de sal en Colombia, tres plantas de producción y oficinas administrativas en Colombia, República Dominicana y Costa Rica. Además, sus productos se comercializan en varios países de Latinoamérica y el Caribe.

Para soportar las unidades de negocio, Brinsa cuenta con una gerencia de procesos y operaciones, la cual dirige toda la cadena productiva desde el abastecimiento de materiales, la planeación, la producción y la logística de almacenamiento y distribución. A su vez, la dirección de producción (Ver recuadro negro, numeral 5 en Figura 1) se divide para atender a las unidades de negocio, desde diferentes plantas productivas: energía y servicios, sal, cuidado del hogar y químicos.



Figura 1 Flujograma de procesos en Brinsa SA. Fuente: Brinsa S.A.

El proceso general de producción de los productos de la empresa comienza con el proceso de extracción de sal de roca por inyección de agua, generando una salmuera que se purifica y refina para obtener el primer producto comercial: sal en forma de cristal, la cual se comercializa, y sirve de materia prima para más procesos internos. A partir de la sal, se obtienen sustancias químicas base, a través de diferentes procesos fisicoquímicos (Soda cáustica, cloro líquido, hipoclorito de sodio, ácido clorhídrico) que también se comercializan o se utilizan como aditivos o materias primas para procesos internos. Adicionalmente, la empresa tiene una línea de sulfonación donde a partir del azufre mineral, se obtienen materias primas (Ácido sulfónico o LABSA y Lauril-Eter Sulfato de Sodio o LESS) para productos de limpieza y cuidado del hogar, que se producen por mezcla de diferentes materias primas y se envasan para su comercialización.

### 1.1.2. Problema de investigación

La Unidad Estratégica de Negocio de Industria (Ver Figura 2) representa aproximadamente el 25% de las ventas nacionales de Brinsa, las cuales superan los 55 mil millones de pesos y adicional

representa también el 49% del EBITDA según la información financiera de la compañía para el año 2018. Esta unidad de negocio ofrece y comercializa sal de grado industrial y sustancias químicas de marca Brinsa, provenientes de las plantas de Sal y Químicos, tanto a granel como en presentaciones unitarias envasadas.

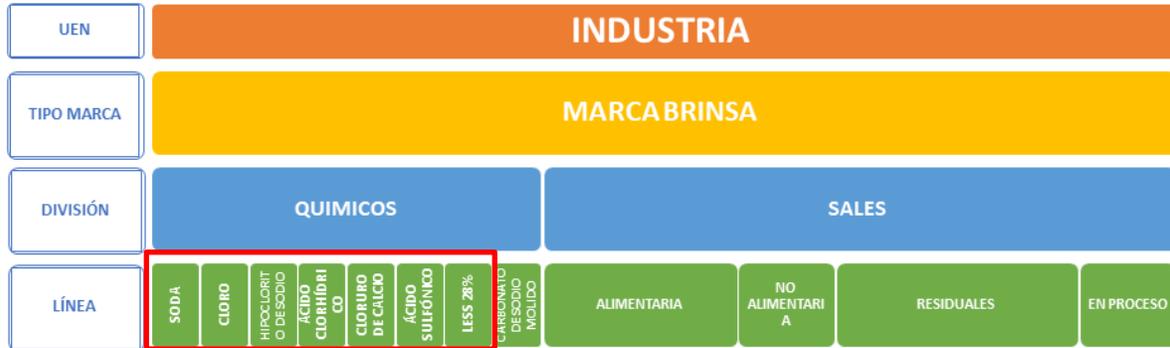


Figura 2 Segmentación de productos UEN Industria. Fuente: Brinsa S.A.

Las sustancias químicas resaltadas en el cuadro rojo de la figura 2 son sustancias que se comercializan en dos formas, tipo granel o envasado. se obtiene en el área de envasado de planta de químicos y en conjunto suman un total de 14 SKU y representan un 10% del total de ventas registrado por la UEN de industria. Esta cantidad de SKUs son un valor representativo para aplicar un modelo de optimización por programación y asignación.

Las sustancias para envasar, las referencias y cantidades másicas en que se comercializan cada una de ellas, se muestran en la Tabla 1:

Tabla 1 Listado de sustancias químicas envasadas, referencias y cantidades másicas. Fuente Brinsa S.A.

Sustancia química	Presentación o referencia	Cantidad másica
Hipoclorito de sodio	Garrafa Pisciclor	24 kg
	Garrafa Agroclor	24 kg
	Garrafa Blancox	24 kg
	Bidón	70 kg
	Tambores x 55 gal	250 kg

	Contenedor IBC	1200 kg
Soda Cáustica	Garrafa x 20 L	30 kg
	Contenedor IBC	1200 kg
Ácido Sulfónico	Garrafa x 20 L	20 kg
	Tambor x 55 gal	215 kg
	Contenedor IBC	1000 kg
Ácido Clorhídrico	Tambor x 55 gal Brinsa	240 kg
	Contenedor IBC	1000 kg
Cloruro de calcio	Bidón	88 kg

Las presentaciones envasadas tienen un crecimiento proyectado promedio del 2,8% a lo largo de los próximos 8 años (Ver Figura 3). Teniendo en cuenta esta proyección, para el año 2022, se proyecta un crecimiento de 7,6%. Actualmente se tiene una brecha del 21% para alcanzar la capacidad total instalada de 13.080 Tons anuales; según lo presupuestado, esa capacidad se alcanzaría a finales del año 2028, por lo que por ahora están descartadas inversiones adicionales en maquinaria o equipos que refuercen la capacidad de envasado.

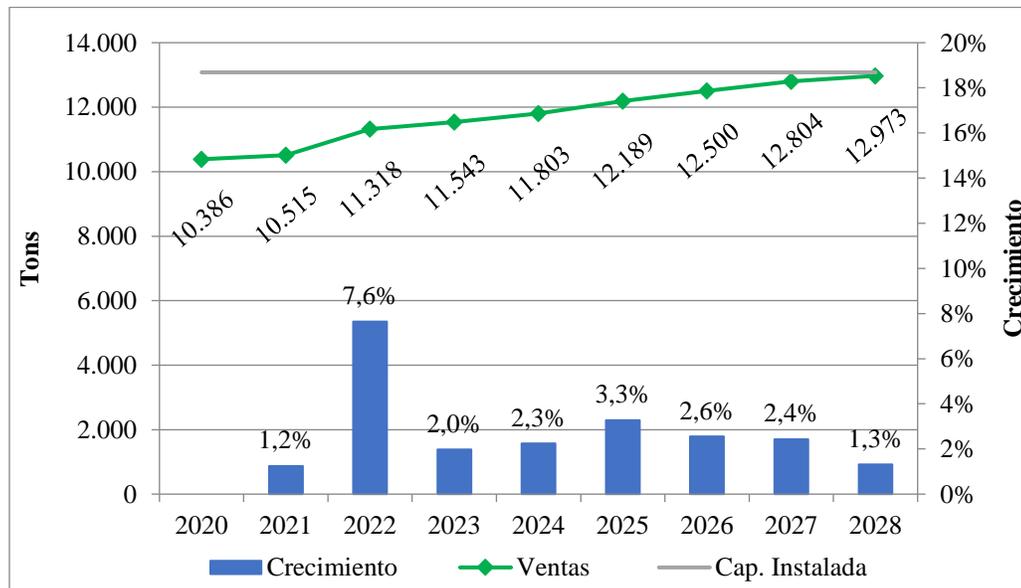


Figura 3 Proyección de ventas de sustancias químicas envasadas. Fuente Brinsa S.A.

El proceso de envasado necesita la participación de al menos un auxiliar en cada turno, para poder realizar las tareas asociadas. Actualmente, la estructura cuenta con 7 personas por semana, distribuidas en tres grupos cada uno, designado a cada uno de los tres turnos. Cada grupo se compone de dos personas, la séptima persona es la que facilita los descansos de los otros seis colaboradores.

Aunque la empresa cuenta con el total de personal requerido, el cumplimiento de las órdenes de fabricación, entendido como la relación de unidades envasadas respecto a la totalidad de unidades solicitadas, ha sido bajo desde 2017 (Ver Tabla 2) teniendo en cuenta que el mínimo deseado en Brinsa es 98%, y la meta ideal es del 100%. Además, a pesar de que en los últimos años se ha aumentado la cantidad de personas que trabajan en el área de envase, el porcentaje de cumplimiento no ha mejorado de forma significativa.

Tabla 2 Cumplimiento de OF vs Personal operativo

<b>Año</b>	<b>% Cumplimiento de Órdenes de Fabricación (OF)</b>	<b>Personal Directo</b>	<b>Personal Temporal</b>	<b>Total de personal</b>	<b>Personal Teórico para la operación</b>
2017	67 %	3	4	7	7
2018	70 %	4	3	7	7
2019	72 %	6	4	10	7
2020 (abr)	72 %	7	4	11	7

De la Tabla 2 se evidencia que hay una cantidad adicional de personal sobre la cantidad teórica, lo cual no se ve compensado con el cumplimiento de órdenes de fabricación.

Teniendo en cuenta el crecimiento de ventas que se proyecta para los productos envasados (Figura 3), sumado a la situación actual del proceso de envasado de sustancia químicas en Brinsa, se evidencia una oportunidad de mejora en el cumplimiento de las necesidades de la planeación, que solo se ven satisfechas en un 72% (Tabla 2), generando así demoras en entrega

y afectando el cumplimiento a los clientes. De acuerdo con esto, la tardanza, entendida como el retraso en las fechas de entrega comprometidas, es el objetivo por optimizar por parte de la compañía. Si por el contrario no se mejora esta debilidad, se corre el riesgo de perder participación en el mercado debido a la imagen negativa que se generaría por los incumplimientos o retrasos en las citas de entrega a los clientes. La falta a la promesa de valor ofrecida por Brinsa en cuanto a oportunidad de entrega, impactaría en la credibilidad del cumplimiento de la empresa, a los compromisos comerciales adquiridos.

Por lo anterior, es fundamental asegurar la reducción del retraso en cada una de las tareas del proceso de producción de sustancias químicas envasadas realizando la programación adecuada de esas tareas y teniendo en cuenta las características del proceso de envasado. De esta forma convertir el desarrollo planteado con la programación como una estrategia fundamental para el cumplimiento de fechas de entrega al cliente, asegurando como mínimo un cumplimiento de las necesidades de planeación de un 90%, 18% por encima del valor actual, y de esta forma aumentando los ingresos por ventas a la compañía a través de la entrega oportuna de los pedidos realizados por el cliente.

Teniendo en cuenta estos factores, este proyecto se centra en reducir la tardanza, y garantizar el cumplimiento de las entregas de las sustancias químicas base, en presentación envasada: garrafas, bidones, tambores y contenedores IBCs, que están enfocados en el mercado de distribuidores mayoristas y pequeñas empresas nacionales.

Para cubrir esta necesidad, es importante desarrollar un sistema con una estrategia de programación que mitigue las fallas que se están presentando en la forma de planeación de tareas y mejore la forma en que se está desarrollando y ejecutando el proceso de envasado. De esta forma, poder asegurar el cumplimiento del plan de ventas actual y el proyectado por la compañía para los años venideros, y alcanzar la productividad de envasado, utilizando la cantidad de personal operativo teórico mejorando así, los índices de costo por mano de obra.

## **1.2. Pregunta de investigación**

¿De qué forma se podría mejorar el retraso en las entregas de los trabajos programados y la asignación de los recursos de producción en el envasado de sustancias químicas, en la empresa Brinsa S.A.?

## **1.3. Objetivos**

### **1.3.1. Objetivo general**

Diseñar un sistema de soporte para la programación de producción para el área de envasado de la planta de químicos de Brinsa S.A., que minimice el retraso en las entregas de los trabajos programados y garantice eficiencias en la utilización del recurso humano y maquinaria.

### **1.3.2. Objetivos específicos**

- Caracterización del proceso de llenado de sustancias químicas en Brinsa S.A, mediante el desarrollo de un diagnóstico que permita identificar oportunidades de mejora del sistema de planeación y ejecución de esta.
- Proponer un método de solución integrado en un sistema interfaz-usuario, que permita generar el cumplimiento de los tiempos de entrega de los productos envasados al área de - despachos y de esta forma satisfacer los compromisos adquiridos con los clientes.
- Evaluar el rendimiento del modelo propuesto respecto a la línea base diagnosticada en el inicio del desarrollo de este trabajo de grado.

## **1.4. Justificación**

Brinsa S.A., como empresa manufacturera líder en la producción de sustancias químicas base, se guía por una estrategia corporativa encaminada a obtener valores de ventas y rentabilidad significativos que generen beneficios a todas las partes interesadas de la compañía. La estrategia tiene como uno de sus ejes potenciadores convertir a la empresa en un proveedor de confianza, que asegure no solo la cantidad y calidad de sus productos sino también la oportunidad de entrega

en el momento que el cliente los requiere. Para soportar y apoyar ese eje, se deben garantizar altos niveles de cumplimiento de los pedidos y entregas de tal forma que se alcance un fuerte posicionamiento de las marcas de la empresa en el mercado, ayudando a mitigar la posible sustitución por productos alternos logrando al tiempo fidelidad de los clientes.

El negocio de *industria* tiene, para las referencias de productos químicos envasados, una proyección de crecimiento anual en ventas para los próximos 8 años de 2,8% en promedio, pasando de 10.386 toneladas anuales a 12.973 toneladas vendidas al año. Esta línea de negocio tiene la singularidad que la cantidad vendida se distribuye en pequeñas unidades que deben completarse para garantizar el cumplimiento total de los pedidos, teniendo en cuenta que no se pueden entregar pedidos parciales como si ocurre con las ventas a granel. Estas particularidades obligan a tener altos índices de cumplimiento en las planeaciones de producción.

Brinsa S.A. ha destinado recientemente inversiones enfocadas en aumentar la capacidad de envasado para asegurar que, según la proyección de ventas, la capacidad nominal instalada no se alcanzará hasta 2028. Por esta razón, es clave optimizar los recursos con que se cuenta, maximizando su uso y logrando envasados que cumplan con las necesidades del área de planeación. El cumplimiento de la planeación de producción se logra, según la definición de Brinsa S.A., cuando la orden de producción se cumple en un porcentaje entre el 98 y el 102%. Finalmente, el número de ordenes cumplidas al mes genera el indicador que mide la disponibilidad de producto para venta y consumo, este indicador se conoce como OTIF y tienen una meta variable y ascendente de forma trimestral. El OTIF se inició a medir bajo este estándar desde 2019 y durante ese año el valor mensual más alto fue 26,7% con un promedio anual de 24,2% frente a una meta inicial de 25%. Para el año siguiente, 2020, el cumplimiento aumento ligeramente a 29,3% con un máximo de 30,6% sobre una meta del 40%; esto indica que el cumplimiento de la meta fue solamente de un 75% aproximadamente. En pro de alcanzar el cumplimiento de las metas estratégicas de la compañía, la meta del OTIF aumento al 80% para el año 2021 y a plazo medio (3 años) la idea es llegar a un cumplimiento mínimo del 95%.

Para alcanzar el objetivo propuesto y alinear el proceso de envasado de sustancias químicas con la estrategia corporativa, se hace necesario implementar un sistema que permita apoyar la toma de decisiones del proceso productivo, para optimizar el uso de los recursos disponibles y el desempeño de los colaboradores, y de esta forma cumplir con las necesidades del mercado en cantidad, calidad y oportunidad.

Según Zhang et al. (2008), el resultado que cualquier programación de operaciones debe obtener es un cronograma de asignación de operaciones en franjas de tiempo para cada una de las máquinas que componen el proceso, alineado con eso, el sistema propuesto deberá permitir a Brinsa S.A.:

- Garantizar el cumplimiento de las necesidades de planeación y asegurar que sea en el tiempo definido para ello.
- Optimizar la distribución de las horas hombre para lograr los envasados solicitados.
- Organizar correctamente los recursos reduciendo el desperdicio de material de empaque y la necesidad de reprocesos de productos químicos envasados.
- Evidenciar las oportunidades de mejora que se puedan tener respecto a la capacidad de máquinas o de mano de obra para llevar a cabo el proceso de envasado de sustancias químicas.

### **1.5. Organización del documento**

La distribución de este trabajo es la siguiente:

- Primero, se realiza una revisión de la literatura que aborda los problemas o situaciones similares, de forma práctica o teórica. Con esto se logra establecer una base guía, que permite enriquecer la construcción de un método de solución que se acopla a la necesidad identificada en Brinsa S.A.
- Segundo, se presenta la metodología propuesta para dar cumplimiento a los objetivos trazados para este proyecto. El diseño metodológico muestra la ruta a seguir para

desarrollar el sistema que servirá de apoyo a la toma de decisiones para el proceso de envasado de sustancias químicas.

- Tercero, se revisa la caracterización del proceso, donde se busca determinar los componentes administrativos y operativos de este; definiendo los parámetros y variables utilizados para la solución planteada.
- Cuarto, con la caracterización realizada se da paso al desarrollo del sistema. Se describe el método de solución propuesto y su interfaz a través de un sistema DSS.
- Quinto, se presentan los resultados de la aplicación del sistema desarrollado y se analiza su impacto en el proceso de envasado de sustancias químicas, se evidencian las mejoras en porcentaje de cumplimiento y los beneficios derivados de estas.
- Sexto, con base en los resultados obtenidos se dan a conocer las conclusiones del proyecto realizado y las oportunidades de profundización futura que permitan mejorar el método desarrollado.
- Por último, se muestran los anexos correspondientes al desarrollo de este proyecto.

## 2. REVISIÓN DE LA LITERATURA

La revisión literaria que se muestra a continuación fue realizada en la base de datos SCOPUS, por ser una de las bases de datos más importantes y con el mayor número de documentos en revistas indexadas. Las palabras clave utilizadas fueron Job Shop, scheduling y dependence. Producto de esta búsqueda, se obtuvieron los artículos base para la revisión. A partir de la lista encontrada, se evaluó la pertinencia temática de estos. Una vez definidas las referencias asociadas a este problema, se definió que su revisión se basaría en la clasificación de los modelos propuestos en cada investigación para desarrollar el JSP, de ahí se desprenden las subsecciones: métodos exactos, métodos heurísticos y metaheurísticos y métodos metaheurísticos híbridos.

Con respecto a las generalidades del Job Shop Problem (JSP), según explica Ramalingam et al. (2015), este busca encontrar un enrutamiento óptimo para ejecutar las tareas, es decir, cuál tarea se realiza en qué máquina y en qué momento (Gao et al. 2008 Como lo señalan Udaiyakumar y Chandrasekaran (2014) el JSP es ampliamente reconocido como un problema NP-Hard. Este tipo de problemas son caracterizados por su alta complejidad, la cual hace difícil o en algunos casos, imposible de encontrar la solución óptima al problema en un tiempo razonable. Esto se refuerza en el hecho que un problema de 10 trabajos y 10 máquinas, considerado relativamente pequeño, duró más de 25 años sin resolver (Zhang et al. 2008). Mahdavinejad (2011) dan un acercamiento que intenta dimensionar el por qué la dificultad de resolver un JSP: “Las numerosas variables y restricciones involucradas en la programación del taller. Su complejidad de amplio espacio de solución y las funciones objetivo multicriterio hacen que el problema sea difícil. (...) que no se puede resolver de manera óptima para problemas a gran escala, en una cantidad razonable de tiempo computacional”.

Pinedo (2005) define un JSP como un taller de tareas con  $n$  trabajos que se deben realizar y  $m$  máquinas disponibles para hacer esas tareas. Cada trabajo debe ser procesado por varias de las máquinas en un orden determinado y no hay recirculación. El procesamiento del trabajo  $j$  en la máquina  $i$  se denomina operación  $(i, j)$  y su duración es  $p_{ij}$ .

El reto académico que representa este tipo de problemas se ve reforzado por el hecho que la industria manufacturera ha venido: ampliando su cartera de productos, exigiendo mayor flexibilidad en el uso de sus equipos productivos, requiriendo una adaptación más rápida al mercado y su demanda, y a las nuevas tecnologías (Doganis y Sarimveis, 2008). Este conjunto de condiciones ha estimulado la investigación en el campo de optimización.

El primer enfoque sistemático para los problemas de asignación se realizó por mitad de los años 50 por Allahverdi et al. (2008), posteriormente, en las décadas siguientes Defersha y Movahed (2018), demostraron que la literatura académica se ha visto enriquecida con una gran cantidad de investigaciones para desarrollar enfoques eficientes para el problema JSP (Ping y Minghai, 2014). Estas investigaciones han desarrollado y ampliado varios métodos que se han complementado y/o potencializado. Estos métodos se pueden englobar según la siguiente clasificación utilizada también por Raileanu et al. (2014): métodos matemáticos exactos, métodos heurísticos y metaheurísticos, y se complementa con una tercera categoría. Métodos metaheurísticos híbridos (Huang y Liao, 2008). Cada uno de los métodos tiene sus pros y contras, en base a esto es que se eligen para una aplicación específica. La dificultad de repetitividad de las variables, restricciones e incluso del objetivo hacen que cada estudio sea particular y que cualquier método no sea tan fácil de reproducir entre un caso y otro.

Sharma y Jain (2016) señalan que problemas pequeños de 2 máquinas y tiempos de proceso unitario son óptimamente solucionables, pero cuando el número de máquinas es mayor a tres se dificulta haciendo que su tiempo de solución no sea polinómico y en cambio aumente de forma exponencial. Se tiene pues que para  $n$  trabajos en  $m$  máquinas la cantidad de soluciones está dada por  $(n!)^m$ , y por tanto la solución no puede darse por un método exacto, esto ha generado el desarrollo de heurísticas y metaheurísticas que aporten una luz a la solución de este tipo de problemas.

A continuación, se muestran algunos de los modelos que se han desarrollado para resolver el JSP:

## **2.1.Métodos exactos**

Son los métodos que permiten obtener una solución óptima global al problema propuesto, pero que al tratarse de un problema NP-Hard, indica que no se puede lograr esa solución en un tiempo polinomial (Raileanu et al. 2014), esto implica un gasto en tiempo computacional muy grande. Debido a la complejidad exponencial que se genera al aumentar el número de variables (trabajos y máquinas) estos métodos se han presentado en su mayoría para problemas de pocas variables. Artigues y Feillet (2008), realizaron una revisión bibliográfica donde resaltan las propuestas hechas por tres grupos investigadores diferentes.

Según lo indicado por Artigues y Feillet (2008), los autores Brucker y Thiele en 1996 propusieron un método Branch and Bound en el cual, gráficamente se representa la disyuntiva y cada punto de intersección en la ramificación (Branch and Bound) corresponde a una selección parcial. El proceso de ramificación se basa en el análisis de bloques de operación en la ruta crítica de un programa factible emitido desde el nodo actual. En cada nodo se utilizaron algoritmos de filtrado apoyados en definiciones de límites inferior y superior asociados a los tiempos de inicio y finalización de las operaciones asignables. Este método fue capaz de obtener una respuesta óptima para las 5 instancias más pequeñas propuestas por los autores y dio límites superiores e inferiores para las 10 instancias más grandes.

Por su parte, según lo mencionan Artigues y Feillet (2008), Focacci et al. (2000) plantearon también un método Branch and Bound en el marco de programación de restricciones, su método combina los algoritmos estándar de satisfacción de restricciones de una máquina y técnicas de filtrado de dominios basadas en costos reducidos. Infortunadamente en los resultados, sólo señalan: primero el makespan para las 5 instancias más pequeñas de las que plantearon anteriormente los autores Brucker y Thiele en 1996 y segundo los límites superiores para 2 instancias grandes.

Como se evidencia, la posibilidad de encontrar una solución óptima a través de un método exacto es muy limitada, por tanto, estos métodos no son los más estudiados ni aplicados a nivel industrial. En la revisión no se encontraron métodos de programación entera mixta aplicados a un JSP.

## **2.2.Métodos heurísticos y metaheurísticos**

Son métodos que permiten obtener soluciones relativamente buenas, aunque no necesariamente la óptima. La gran ventaja de estos métodos es que el tiempo gastado para obtener una solución aceptable es mucho menor comparado con los métodos exactos. Tal como señalan Raileanu et al. (2014), las heurísticas son válidas en muchos casos puesto que, en la práctica, se deben ser ágil, rápidas y flexibles, para responder de la mejor forma posible a las situaciones variables propias de la industria de manufactura; situaciones como averías de materiales, fallas de maquinaria, cambio en cantidades, fechas de entrega de órdenes de producción o modificaciones sobre la marcha de las prioridades de pedidos entre otras.

Los métodos metaheurísticos van un paso adelante de los heurísticos, pues a diferencia de estos últimos, los primeros buscan salirse de los óptimos locales para intentar aproximarse al óptimo global de una mejor forma.

Los métodos heurísticos y metaheurísticos son más estudiados y desarrollados que los exactos y se han logrado desarrollar desde métodos heurísticos centralizados basados en reglas de producción, pasando por métodos metaheurísticos basados en la población, hasta métodos descentralizados generalmente basados en sistemas de múltiples agentes (Raileanu et al. 2014). Entre los métodos típicos tenemos: algoritmo de búsqueda local, reglas de despacho de prioridad, sistemas expertos, optimización de colonias de hormigas, algoritmos genéticos, algoritmo de cuello de botella cambiante, búsqueda tabú, recocido simulado, red neuronal y teoría de grafos (Mahdavinejad, 2011).

A continuación, se indican algunos de los que se han aplicado al JSP:

Defersha y Movahed (2018). nos señalan como el problema de programación del taller de trabajo se ha afrontado con éxito durante años un método del cambio de cuello de botella, ellos mencionan como este método no tiene una garantía de rendimiento teórico, pero su histórico y sólido rendimiento práctico lo respaldan. Infortunadamente a medida que se complejiza el sistema que se quiere resolver, este método es limitado.

Así mismo, Ghedjati y Portmann (2009) propusieron una heurística para resolver un problema de programación por lotes en un taller de dos máquinas. El procedimiento de solución se basa en primero: resolver el problema del taller de flujo de dos máquinas para un conjunto de trabajos y segundo: procesar el segundo conjunto como un único lote. Los autores exploraron dos casos diferenciados por el tamaño del segundo conjunto de trabajos (pequeño o grande). El esfuerzo computacional de eficiencia  $O(\sqrt{n})$ , con n como el número de trabajos a realizar.

Por otro lado, Según Sharma y Jain (2016), Davis fue el primero en proponer el uso del Algoritmo genético (GA) en la solución de un problema de programación de taller, por su lado Ramalingam et al. (2015) desarrollaron un Algoritmo genético (GA) buscando reducir el flujo de material entre las máquinas y el makespan como un solo conjunto para un taller de trabajo basado en un sistema AGV. Los resultados optimizados por ellos muestran reducciones de tiempo respecto a si solo se optimiza el makespan o solo se optimiza el flujo de material.

Ennigrou y Ghédira (2008) presentaron un método con dos enfoques de múltiples agentes para resolver un JSP. Los enfoques se basan en un algoritmo de búsqueda tabú. Por su lado, los factores utilizados se clasifican en factores de trabajo, factores de recursos y un factor de interfaz. Cada clase de factor es responsable de la satisfacción de las restricciones bajo su jurisdicción. En el primer enfoque, cada factor tiene su propia búsqueda tabú y los factores de recursos buscan el óptimo global de forma conjunta. El segundo enfoque es una extensión del primero, con técnicas de diversificación a nivel global y local. Como resultado obtuvieron un mejor makespan en el segundo enfoque y este estaba muy cerca de los datos históricos.

Pérez et al. (2015) aplican un método de Algoritmo de Estimación de Distribuciones para Secuenciamiento (AEDS) para optimizar el makespan a partir de la cantidad de trabajos, operaciones y turnos de trabajo. Su principal enfoque es poder “aterrizar” los métodos académicos a la realidad de la industria. El desarrollo del modelo se apoyó en tres modelos gráficos probabilísticos cada uno para determinar una estimación del modelo de distribución para generar descendientes: el primero para asignación de operaciones, el segundo para asignación de máquinas y el tercero para asignación de horas fuera de servicio. Ellos concluyeron que en la práctica un método AEDS se desempeña mejor que un Algoritmo genético (AG).

### **2.3.Métodos metaheurísticos híbridos**

En los últimos años, se ha hecho evidente que las aplicaciones puras de metaheurísticas son limitantes al resolver problemas cada vez más complejos y grandes. Por lo tanto, muchos investigadores de diferentes disciplinas comenzaron a realizar trabajos para explorar las metaheurísticas híbridas (Defersha y Movahed, 2018). Estos métodos son considerados una evolución de los métodos metaheurísticos y se entienden como el uso de varios métodos en un solo algoritmo, para explotar los puntos fuertes de cada método y complementar las debilidades que los otros métodos presentan logrando así, mejorar la efectividad y eficiencia lograda al usar solo uno de los métodos hibridados. (Defersha y Movahed 2018).

Raidl (2006) desarrolló un completo resumen de las metaheurísticas híbridas y las clasificó según los siguientes criterios: Qué se va a hibridar, Nivel de hibridación, Orden de ejecución y Estrategia de control, la figura 7 muestra el detalle de la clasificación realizada.

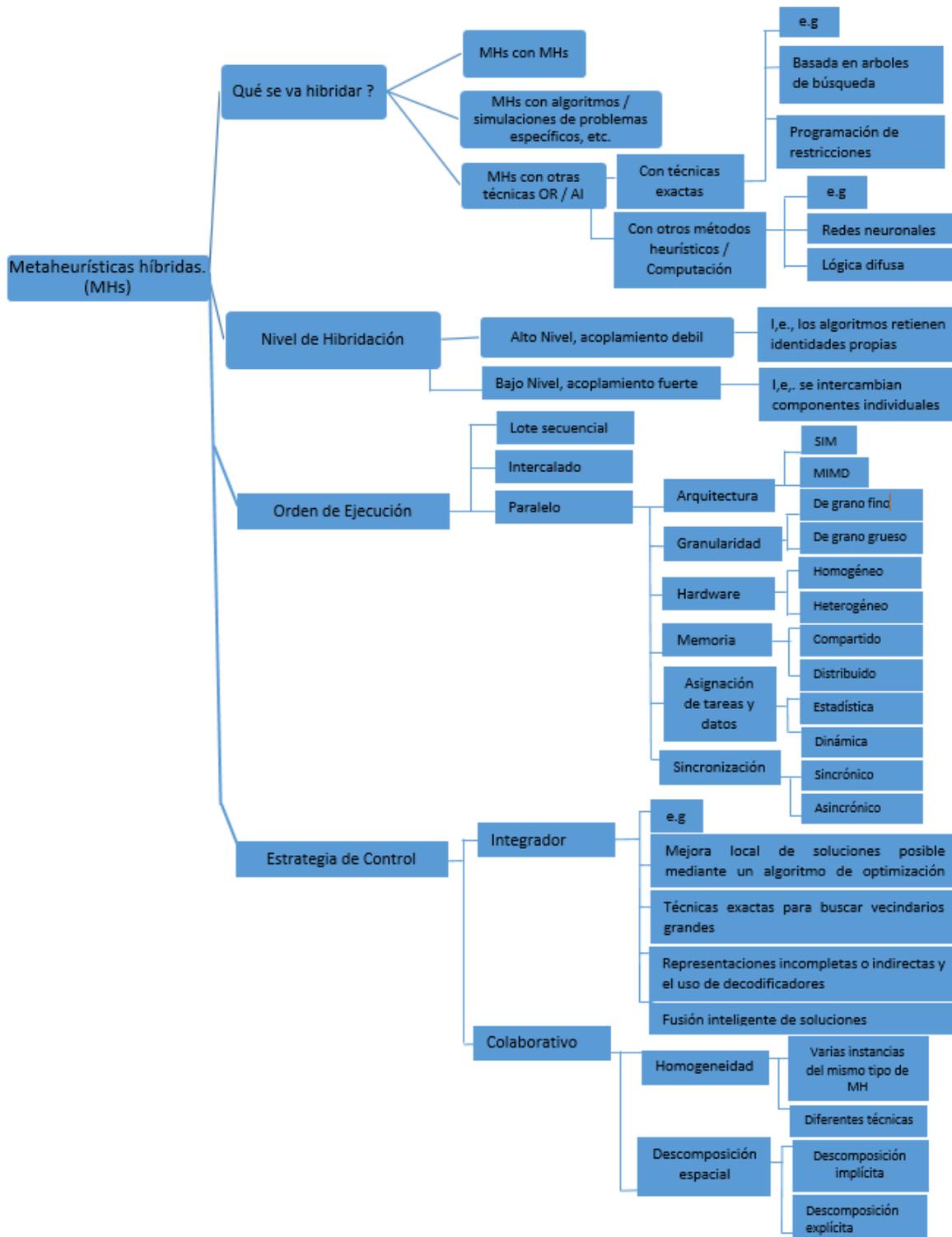


Figura 4 Clasificación de hibridación de metaheurísticas. Fuente: Adaptado de Raidl (2006)

Algunos de los métodos híbridos aplicados se muestran a continuación:

Artigues y Feillet (2008) en el desarrollo de su investigación propusieron un método Branch and Bound mejorado a través de una cooperación entre técnicas de propagación de restricciones aplicadas a los tiempos de alistamiento y una resolución dinámica truncada de relajaciones basadas en programación. Las soluciones factibles se obtienen mediante un esquema de generación de programación en serie, con una regla de prioridad basada en las soluciones de las relajaciones TSPTW (Traveling Salesman Problem with time Window).

Naderi et al. (2009) desarrollaron una investigación en la cual contemplan condiciones restrictivas de disponibilidad de máquinas por mantenimientos preventivos. Los autores presentan la metaheurística de Algoritmo artificial inmune (AIA por sus siglas en inglés) y la hibridan con un recocido mejorado (SA por sus siglas en inglés), así su propuesta se resume como AISA. Los autores comparan sus resultados obtenidos con tres métodos reconocidos por la literatura, concluyendo que el método AISA es superior al AIA y a los otros revisados en la literatura incluso con tamaños de trabajo grandes.

Sourirajan y Uzsoy (2007) propusieron un método híbrido para el desarrollo de un taller de semiconductores “wafer”. Ellos tomaron heurística de horizonte rodante, RH (por sus siglas en inglés) para descomponer el JSP en subproblemas más pequeños que pueden resolverse secuencialmente con el tiempo, utilizando una heurística de descomposición basada en un centro de trabajo. La metaheurística se aplicó a través de un modelo de simulación de una instalación industrial y se obtuvieron resultados que indican que, aunque los tiempos computacionales no son mejores, la optimización de los objetivos es muy buena y mejora en calidad, lo que respalda la viabilidad de la hibridación propuesta.

Gao et al. (2008) proponen una solución híbrida para un JSP, donde se busca minimizar el makespan, la carga de trabajo de cada máquina y la carga de trabajo total; para ello, desarrollaron

una hibridación entre un algoritmo genético (AG), mejorando los individuos mediante un descenso del vecindario variable (VND por sus siglas en inglés) que involucra dos procedimientos de búsqueda local: uno con un movimiento y el otro con dos movimientos. La propuesta se probó en 181 problemas de referencia, encontrando la mejor solución en 119 de los problemas y una mejor solución nueva en 38 de los problemas.

Heinonen y Pettersson (2007) resolvieron un JSP especial que habían propuesto anteriormente Muth y Thompson conocido como: MT10, la solución propuesta consiste en una propuesta de hibridación que denominan Optimización de Colonia de Hormigas (ACO por sus siglas en inglés), que buscaba preservar y mejorar las soluciones existentes, y se aplicó un algoritmo de postprocesamiento al recorrido de las hormigas, una vez lo hayan completado; en este caso se aplica un procedimiento de búsqueda local. Los resultados indican un aumento en la velocidad de generación de resultados notables, aunque en calidad, el resultado no fue el mejor, comparando sus resultados con otros métodos implementados.

Moghadam et al. (2017) estudiaron el JSP en un taller fabricante de piezas de tubería, con el objetivo de reducir el tiempo máximo de finalización de todos los trabajos programados. Los autores proponen una hibridación al AG con un operador de búsqueda local, de tal forma que se pueda mejorar la calidad de la solución. La propuesta es aplicada inicialmente en un conjunto de casos de referencia, obteniéndose resultados computacionales que muestran la eficacia y la efectividad del algoritmo propuesto. Finalmente, se implementó el algoritmo propuesto con los datos recopilados de un taller de tubería, los resultados generados eran viables y de alta calidad, aumentando hasta un 85.27% la productividad del taller.

Al Aqel et al. (2018) proponen un método híbrido para resolver un JSP en el cual usan el método codicioso iterativo (IG por sus siglas en inglés), apoyado por un enfoque de población telescópica (TP por sus siglas en inglés) para mantener a los individuos de las posibles soluciones en diferentes niveles de calidad, proporcionando un mejor barrido para el espacio de la solución. Los resultados

experimentales mostraron que el algoritmo propuesto enfatiza la efectividad de IG en problemas de pequeña y mediana escala, y mejora el rendimiento del IG en instancias a gran escala. En conclusión, el algoritmo basado en TP ha dominado a todos los demás algoritmos para problemas de pequeña y mediana escala, pero aún es limitado en los problemas de gran escala.

Finalmente, los autores Sharma y Jain (2016) señalan que hay mucho espectro aún por investigar en cuanto a problemas de programación de talleres, entre varias de las opciones que debería profundizar sobresalen:

- Soluciones a problemas que impliquen flexibilización en procesos, operaciones y productos.
- La existencia de limitaciones intermedias entre máquinas sucesivas.
- Considerar la opción de programación en modo lotes y teniendo variación del tamaño de estos.
- Programación con preferencia según la prioridad que pueda generarse.
- Considerar talleres donde haya procesamientos sin tiempos de procesamiento sin espera y de alistamiento separables.
- Desarrollar programaciones que generen indicadores de rendimiento asociados a los alistamientos ya sea por tiempo o cantidad.
- Considerar la solución al trabajo de talleres dinámicos y a aquellos que involucran procesos de recirculación.

### **3. DISEÑO METODOLÓGICO**

#### **3.1. Tipo de estudio**

La investigación desarrollada durante este proyecto es descriptiva pues muestra la situación actual del caso de estudio señalando las condiciones y parámetros de las actividades involucradas en el proceso de envasado de sustancias químicas, indicando las características de estas y las oportunidades de mejora que se tienen, la caracterización hecha es el punto de referencia del proceso en estudio. También es una investigación aplicada pues evalúa las brechas identificadas y genera una propuesta de mejoramiento y la plasma en un sistema que permite apoyar la toma de decisiones del proceso en pro de mejorarlo. En conjunto, la investigación define la situación inicial y plantea una propuesta de mejoramiento en la asignación de actividades del proceso de envasado de sustancias químicas en el caso particular de estudio, esta propuesta se materializa en un sistema de apoyo a la toma de decisiones que permite atacar las oportunidades de mejora halladas y validar el impacto de los resultados obtenidos de la aplicación de la propuesta en el cumplimiento de los planes de producción de sustancias envasadas en Brinsa S.A

#### **3.2. Fuentes y técnicas**

La información necesaria para el desarrollo de la investigación proviene de diferentes fuentes: compilación y consolidación de históricos de planeación y producción, observación y toma directa de datos en campo con el personal que desarrolla las actividades diarias de operación y entrevistas a personal de supervisión y operación del proceso de envasado. Por otro lado, también se tuvo en cuenta la revisión bibliográfica de artículos científicos indexados, libros de texto, tesis de grado previas y memorias de conferencias relacionadas con el tema desarrollado en este trabajo. Finalmente, los aportes de conocedores sobre problemas de asignación y personal administrativo de planeación y producción de la empresa del caso de estudio también han sido parte de la construcción de la base de información, de la propuesta y del sistema desarrollado.

#### **3.3. Método de investigación propuesto**

En el desarrollo de este proyecto se llevan a cabo las siguientes etapas: descripción y caracterización de la situación actual del proceso de envasado, consecución de información base, análisis de la información, generación y validación de propuesta de mejora, desarrollo de sistema de apoyo para toma de decisiones y evaluación del sistema de apoyo. A continuación, se entrará un poco más en detalle sobre cada una de las etapas mencionadas.

En la etapa de descripción y caracterización del proceso actual se recurre a la observación en campo y a la entrevista directa de las personas involucradas en el proceso de planeación, programación y ejecución del envasado de sustancias químicas en Brinsa S.A. para de esta forma entender qué información se manejaba durante el proceso, el flujo que esta información sigue, los mecanismos para la toma de decisiones por parte de los involucrados y las formas de ejecutar las tareas para asegurar el cumplimiento de las necesidades del negocio. Con este entendimiento se logra una descripción cualitativa del proceso y se determinan algunas de las variables, parámetros y restricciones de este.

En la siguiente etapa se realiza el trabajo de campo que permite recopilar la información básica sobre las actividades que realiza el auxiliar de envasado y el tiempo que cada una de estas le demanda, actividades asociadas o no directamente al envasado de sustancias químicas. Sobre las tareas exclusivas del envasado se hace una recolección más exhaustiva de los tiempos que tarda cada auxiliar en ellas. La información es tomada en diferentes condiciones del día a día de la operación para asegurar su ecuanimidad. Por otro lado, se realiza la consecución de los históricos de ventas y despachos de productos envasados para validar la distribución y ponderación en el mercado de cada una de las referencias. Toda esta información define la base de datos del proyecto.

La etapa siguiente es el análisis de la información recolectada en la fase anterior y a través de criterios de evaluación se establecieron parámetros, restricciones y objetivos del sistema propuesto. Inicialmente se determinan los tiempos estándar para cada una de las actividades del proceso de envasado de cada referencia. Del mismo modo se hace un análisis de ponderación de cada producto con base en el histórico de ventas y despachos y esto se cruza con los tiempos de

cada actividad para cada uno de ellos, de esta forma obtener una priorización de actividades y referencias que permite definir una estructura base de la programación.

La siguiente etapa, generación y validación de la propuesta de mejora, plantea un plan ejecutable inmediatamente en la operación con lineamientos sencillos hacia los tomadores de decisiones buscando un mejoramiento en el cumplimiento del programa de envasado. Luego de la modificación planteada se registran datos para verificar la validez de la propuesta respecto a la tendencia registrada en el proceso de envasado previo al desarrollo de este proyecto y fortalecer el desarrollo del sistema de toma de decisiones.

Con la información recopilada en las etapas previas se desarrolla un sistema de toma de decisiones en donde la información del pedido se evalúa a través de los parámetros, variables y restricciones del sistema para arrojar un reporte donde se señalan las actividades, referencias, personas y tiempos que componen la programación del proceso de envasado.

Finalmente se evalúa el funcionamiento del sistema desarrollado aplicándolo con solicitudes de producción reales, actuales y del pasado, y así analizar los beneficios y validar las ventajas de la aplicación de los criterios definidos en el método de solución.

La figura 5 muestra a continuación el desarrollo de las etapas definidas:



Figura 5 Secuencia del método de investigación propuesto. Fuente: Elaboración propia.

### 3.4. Delimitación del estudio

La recolección de datos que sustenta este proyecto se realizó en 8 meses directamente en las instalaciones de Brinsa S.A. y son susceptibles de reajustarse según la evolución del mercado de sustancias químicas envasadas y las mejoras en procedimientos que puedan afectar los tiempos, la disponibilidad de recurso humano, la duración de turnos de operación y la ejecución de cada actividad del proceso. El entregable del proyecto es el sistema de apoyo para tomar decisiones de programación de envasado, con una interfaz intuitiva y práctica que permitirá su uso a los involucrados del proceso. El sistema tiene un diseño tal que permite su redición y modificación como fruto de posibles investigaciones futuras que estén asociadas al mismo tema u otros similares

## 4. CARACTERIZACIÓN DEL PROCESO

### 4.1. Descripción del proceso

El proceso de envasado de sustancias químicas en Brinsa S.A. se define por un proceso *make to order* y tienen tres componentes para ejecutarse una primera parte administrativa referente a la entrada y preparación de los pedidos, un componente operativo referente a las actividades propiamente de envasado en campo y un componente administrativo de cierre de solicitudes y medición de cumplimiento. La figura 6 representa el proceso de envasado y sus componentes.



Figura 6 Proceso de envasado y sus componentes. Fuente: Elaboración propia.

#### 4.1.1. Primera parte administrativa

La primera parte administrativa hace referencia a las tareas que comprenden desde la entrada de pedidos a través del área de ventas hasta la generación del conjunto de instrucciones por parte del supervisor a los auxiliares de envasado. El inicio de todo el proceso se da cuando el equipo de ventas negocia con los clientes las cantidades que se deben despachar, la fecha y lugar en que estos pedidos deben entregarse, estos pedidos se formalizan a través de las órdenes de compra del cliente. Cada orden de compra de los clientes se valida por el área de cartera de Brinsa S.A. que da luz verde para consolidar el pedido y que sea transferido al área de planeación.

El área de planeación valida las órdenes de compras aprobadas y organiza según cada cita con el cliente el cumplimiento de condiciones previas como los inventarios necesarios de ME y producto terminado a granel. Bajo este análisis define la fecha en que deben ejecutarse los llenados o alistamientos pertinentes y consolida el total de necesidades para cada fecha, a través de órdenes de producción. El día anterior a la fecha definida, el área de planeación formaliza a la planta de producción vía correo electrónico corporativo la solicitud de necesidades de llenado y alistamiento. La solicitud se emite en la tarde del día 1 señalando las necesidades que deben atenderse durante las 6AM del día 2 y las 6AM del día 3 puesto que desde las 6AM del día 3 inician los procesos de despacho hacia los clientes.

Con la información consolidada por el área de planeación más las cantidades de llenados o alistamientos pendientes de días previos se consolida un pedido diario que el analista de control de producción transmite al supervisor de producción del primer turno. Por último, el supervisor de primer turno decide y da instrucciones al equipo de auxiliares operativos de ese mismo turno sobre qué tareas realizar y en qué orden. Las tareas que no se alcanzan a realizar en el primer turno se transfieren al segundo turno en el cual, el respectivo supervisor organiza y toma nuevas decisiones para continuar con las labores de llenado; este ciclo se repite en el tercer turno. En cada turno cada supervisor define a su criterio la priorización de actividades sin que haya un plan completo y estricto que establezca un orden adecuado a las tareas de envase y alistamiento. De esta forma, la programación de producción se convierte en un proceso manual que no ofrece ningún tipo de garantía de cumplimiento, más allá que la experiencia del supervisor.

El criterio del supervisor de turno para la definición de prioridades no contempla ningún estándar lógico o de programación, por esta razón no hay una definición de optimización de tiempos y recursos, mucho menos de eficiencia operativa. Esta forma de organizar y ordenar la ejecución de tareas limita seriamente el cumplimiento de las fechas de entrega de las órdenes de producción al equipo de despachos. Esta situación obliga a que en muchas oportunidades el equipo de operación trabaje de forma reactiva y sobre los límites de tiempo de entrega especialmente en las tareas finales de alistamiento para despacho. La suma de todas esas tardanzas afecta directamente la

organización global hecha por el área de planeación y va en detrimento de la oportunidad y, por tanto, la calidad del servicio prometidas por Brinsa S.A. a sus clientes pilar estratégico de la compañía.

#### *4.1.2. Parte operativa*

El proceso operativo de envasado se compone por el conjunto de tareas con las cuales las sustancias químicas que se producen a granel se transfieren a recipientes de diferentes volúmenes para ser comercializados a través de empresas comercializadoras y distribuidoras de sustancias químicas. Este proceso hace parte de la estructura operativa de la planta de derivados químicos y por su relativa baja complejidad se desarrolla en su mayoría, de forma manual, teniendo una participación importante en la mano de obra directa para su ejecución, equivalente al doble que la requerida por el resto de los procesos productivos.

Para dar inicio al proceso de envasado es necesario contar con luz verde desde dos frentes, estos deben asegurar la disponibilidad y liberación por calidad de: primero, material de empaque (ME) y segundo los productos químicos cada uno en su punto de almacenamiento. Cada referencia sigue un consecutivo de actividades hasta obtener el producto listo para ser despachado. Se confirma que el producto este certificado por el laboratorio y tomar esta información para asignar el lote de producto y asegurar su trazabilidad. Posteriormente va el alistamiento del material de empaque según la referencia programada, en esta actividad, que es totalmente manual, además de validar la calidad y cantidad de los recipientes que se van a llenar es necesario disponerlos de forma tal que facilita su llenado (la figura 7 muestra el alistamiento estándar de una estiba con tambores de 55 galones previo a su llenado).



Figura 7 Estiba de tambores de 55 galones previa a su llenado. Fuente: Elaboración propia.

La actividad que sigue es el llenado, así la sustancia química se envasa en su respectivo recipiente según las cantidades definidas en cada presentación, esta parte del proceso difiere entre cada referencia pudiendo ser manual o automática. Desde este punto y dependiendo la referencia, la programación y las necesidades del área de planeación se puede alistar inmediatamente el producto envasado o almacenarlo hasta cuando se programe su alistamiento. El alistamiento es la parte del proceso en la cual se tapan los recipientes, se asegura el producto con sellos de seguridad que eviten su alteración antes de llegar al cliente final y se ponen las etiquetas de identificación y seguridad correspondientes (la figura 8 muestra una estiba de tambores llena y lista para transferir al área de despachos); estas labores de alistamiento son totalmente manuales. La naturaleza química de algunas de las sustancias que se envasan hace que estas tengan una degradación y generación de gases que presionan y deforman los recipientes, por tanto, su alistamiento solo se realiza el día previo a su despacho.



Figura 8 Estiba con tambores lista para despachos. Fuente: Elaboración propia.

Por último, se entrega el producto listo para despachar al equipo del centro de distribución (CENDIS) quienes se encargan del despacho según la programación definida. (La figura 9 muestra el diagrama de flujo del proceso de envasado):

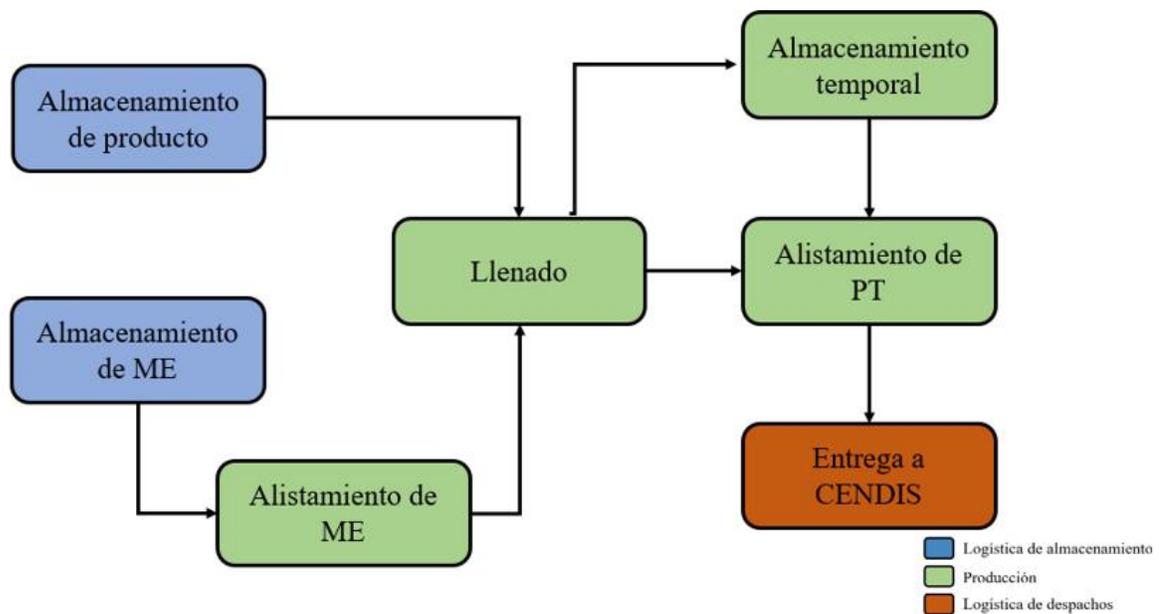


Figura 9 Proceso de Envasado de productos químicos. Fuente: Brinsa SA.

#### 4.1.3. Segunda parte administrativa

En cada turno operativo el equipo de auxiliares reporta a su supervisor las referencias y cantidades llenadas o alistadas; -esto se consolida en el último turno del día y se entrega como un informe al analista de control de producción quien realiza los reportes al sistema de ERP. La información reportada es la base para establecer los inventarios para despacho, calcula los índices de cumplimiento de las órdenes de producción y conocer los pendientes que deberán incluirse en programaciones posteriores.

#### 4.1.4. Particularidades del proceso

En el área de envasado se cuenta con equipos de llenado automatizado para algunas referencias, y para otras el llenado es manual. En ambos casos se requiere de un auxiliar de envasado para poder ejecutar las tareas asociadas ya sea manejo de montacargas, alimentación de ME en los puntos de

llenado, accionamiento de equipos automáticos, llenado directo con manguera, pesaje de recipientes, entre otras.

El proceso de envasado es un proceso continuo que se realiza todos los días de la semana y se distribuye en turnos de 8 horas cada uno. Para el desarrollo de cada una de las actividades del proceso se cuenta con un equipo de auxiliares que se distribuyen en cada turno, generalmente son 2 personas por turno, aunque según las particularidades del proceso esto puede modificarse. Los auxiliares tienen entre sus funciones: la recepción del material de empaque traído por los proveedores y su organización en la bodega correspondiente, alistamiento de material de empaque para el llenado programado, llenado del material de empaque según la referencia planeada, almacenamiento y organización de las referencias envasadas en la bodega correspondiente, alistamiento del producto envasado previo a su despacho.

Adicional a las labores mencionadas previamente y que están directamente asociadas al proceso de envasado, todos los días de la semana los auxiliares del área deben también cumplir con las siguientes tareas: toma y registro muestras de producto terminado a granel, apoyo en planta de sulfonación con las tareas de adición de azufre en bultos al tanque fusor una vez por turno y toma y registro de muestras de producto en proceso, por último, atender solicitudes de movimientos con el montacargas en las áreas que lo requieran. Estas funciones sumadas al cambio de turno y el refrigerio generalmente le toman a un auxiliar 2 horas por lo que el turno efectivo, horas-hombre efectivas para realizar tareas de envasado, se transforma de 8 horas a 6 horas por cada auxiliar. En las oportunidades que, debido a la demanda, los auxiliares no ocupan todas sus horas laborales se pueden realizar adelantamientos de actividades de alistamiento de material de empaque, pero no de actividades de llenados o alistamiento de producto envasado por las condiciones ya mencionadas en este capítulo.

La capacitación y entrenamiento del personal auxiliar de planta asegura que todos los integrantes del equipo sean capaces de realizar todas las tareas asociadas al cargo por tanto no hay selectividad o discriminación sobre el auxiliar a la hora de asignar las tareas de envasado durante la

programación. Por la disposición de equipos y personal con que se cuenta se pueden realizar los llenados o alistamientos de cualquier referencia al mismo tiempo siempre que se cuente con personal capacitado para ejecutar las actividades asociadas al proceso.

#### 4.2. Parámetros del proceso de envase

La planta de derivados químicos de Brinsa S.A. obtiene a través de operaciones unitarias diferentes sustancias químicas cuyas materias primas son principalmente Sal común, agua, azufre y solventes orgánicos como alquilbenceno lineal (LAB) o alcohol láurico etoxilado (LEA). Los productos terminados se obtienen a granel y se almacenan en tanques desde los cuales se despachan o se envasan. Los recipientes que se utilizan son los indicados en la tabla 3:

Tabla 3 Capacidad de recipientes utilizados. Fuente: Información Brinsa S.A.

Recipientes	Volumen
Garrafa	20 litros
Bidón	60 litros
Tambor	208 litros
Contenedor IBC	1000 litros

Con la información de la tabla anterior 3 y la de la *Tabla 1 Listado de sustancias químicas envasadas, referencias y cantidad* las referencias de envasado son las siguientes:

Tabla 4 Referencias. Fuente: Información Brinsa S.A.

Sustancia química	Presentación o recipiente	Referencia
Hipoclorito de sodio	Garrafa Pisciclor	<b>Pisciclor</b>
	Garrafa Agroclor	<b>Agroclor</b>
	Garrafa Blancox	<b>Hipo_garrafa</b>
	Bidón	<b>Hipo_bidones</b>
	Tambores x 55 gal	<b>Hipo_tambor</b>

	Contenedor IBC	<b>Hipo_IBC</b>
Soda Cáustica	Garrafa x 20 L	<b>Soda_garrafa</b>
	Contenedor IBC	<b>Soda_IBC</b>
Ácido Sulfónico	Garrafa x 20 L	<b>Labsa_garrafa</b>
	Tambor x 55 gal	<b>Labsa_tambor</b>
	Contenedor IBC	<b>Labsa_IBC</b>
Ácido Clorhídrico	Tambor x 55 gal Brinsa	<b>HCl_tambor</b>
	Contenedor IBC	<b>HCl_IBC</b>
Cloruro de calcio	Bidón	<b>Cloruro_bidon</b>

Como se mencionó anteriormente, el proceso de envasado de sustancias químicas se compone principalmente de dos actividades: el llenado y el alistamiento. No todas las referencias cumplen ambas actividades, algunos solamente una, la tabla 5 indica las actividades que cada referencia de envasado debe cumplir antes de ser entregada al área de despachos de Brinsa SA.

Tabla 5 Actividades en el proceso de envasado por referencia. Fuente: Elaboración propia.

<b>Referencia</b>	<b>Llenado</b>	<b>Alistamiento</b>
Pisciclor	X	No Aplica
Agroclor	X	No Aplica
Hipo_garrafa	X	No Aplica
Hipo_bidones	X	X
Hipo_tambor	X	X
Hipo_IBC	X	X
Soda_garrafa	X	No Aplica
Soda_IBC	X	X
Labsa_garrafa	X	No Aplica
Labsa_tambor	X	X
Labsa_IBC	X	X
HCl_tambor	X	X
HCl_IBC	X	X
Cloruro_bidon	X	X

Con la definición de las referencias de envasado y sus respectivas actividades, se realizó la toma de tiempo que los auxiliares necesitaban para realizar las actividades en cada referencia, durante el cumplimiento de una orden de producción completa; de esta forma se descartaba el sesgo por cansancio en las actividades. De la misma forma se establecieron las capacidades máximas de producción para cada actividad y referencia, estas se definieron como el número máximo de unidades que se pueden llenar o alistar de cada referencia durante un día. Consolidando esta información se establecen: los tiempos estándar para cada actividad y referencia, ver tabla 6 y las capacidades máximas de producción para cada actividad y referencia, ver tabla 7.

Tabla 6 Duración de cada actividad por referencia. Fuente: Elaboración propia.

<b>Referencia</b>	<b>Llenado (hh:mm:ss)</b>	<b>Alistamiento (hh:mm:ss)</b>
Pisciclor	00:00:39	No Aplica
Agroclor	00:00:39	No Aplica
Hipo_garrafa	00:00:39	No Aplica
Hipo_bidones	00:03:43	00:01:32
Hipo_tambor	00:04:08	00:02:02
Hipo_IBC	00:13:28	00:03:26
HCl_tambor	00:06:06	00:00:59
HCl_IBC	00:14:50	00:03:26
Soda_garrafa	00:01:12	No Aplica
Soda_IBC	00:14:50	00:03:26
Labsa_garrafa	00:01:32	No Aplica
Labsa_tambor	00:05:44	00:00:59
Labsa_IBC	00:18:56	00:03:26
Cloruro_bidon*	Sin datos	Sin datos

\* Durante el periodo de tiempo en que se tomaron datos, no hubo requerimientos de la referencia Cloruro\_bidon.

Tabla 7 Capacidades máximas de producción para cada actividad y referencia. Fuente: Elaboración propia.

<b>Referencia</b>	<b>Llenado (un/día)</b>	<b>Alistamiento (un/día)</b>
Pisciclor	3000	No Aplica

Agroclor	3000	No Aplica
Hipo_garrafa	3000	No Aplica
Hipo_bidones	300	300
Hipo_tambor	300	300
Hipo_IBC	100	100
HCl_tambor	300	300
HCl_IBC	100	100
Soda_garrafa	1000	No Aplica
Soda_IBC	100	100
Labsa_garrafa	1000	No Aplica
Labsa_tambor	300	300
Labsa_IBC	100	100
Cloruro_bidon	100	100

### 4.3. Modelo del proceso

Existen variedad de modelos de operaciones, que dependen de la configuración y el tipo de máquinas que se ven involucradas, como de las tareas que deben ejecutarse (Pinedo, 2005). Bajo las características y parámetros identificados en Brinsa S.A. el proceso de envasado de sustancias químicas se configura como un modelo tipo taller o Job Shop Problem (JSP). Como lo mencionan Zhang et al. (2008), los JSP son problemas típicos en la industria manufacturera, altamente estudiados y su desarrollo tiene buenas aplicaciones prácticas, pero, también son reconocidos como problemas de clase NP-Hard, los cuáles son difíciles de resolver y no pueden tener una solución óptima en tiempos computacionales razonables (Mahdavinejad, 2011).

En general, los JSP se enmarcan en la necesidad de distribuir  $n$  número de trabajos o tareas en  $m$  número de máquinas disponibles. La distribución se debe ajustar a un conjunto de restricciones propias de cada problema (Udaiyakumar y Chandrasekaran, 2014). Las restricciones se pueden englobar en dos conjuntos que limitan los planes de programación: el primero se asocia a la cantidad de recursos (máquinas o materiales disponibles, disponibilidad de personal, capacidades de almacenamiento); y el segundo hace referencia a los requerimientos de secuencia de las tareas a realizar.

Meidyani et al. (2018) esquematizan los JSP (Ver figura 5) indicando que cada trabajo tiene una secuencia única de operaciones y cada trabajo se mueve de una máquina a otra con un patrón diferente:

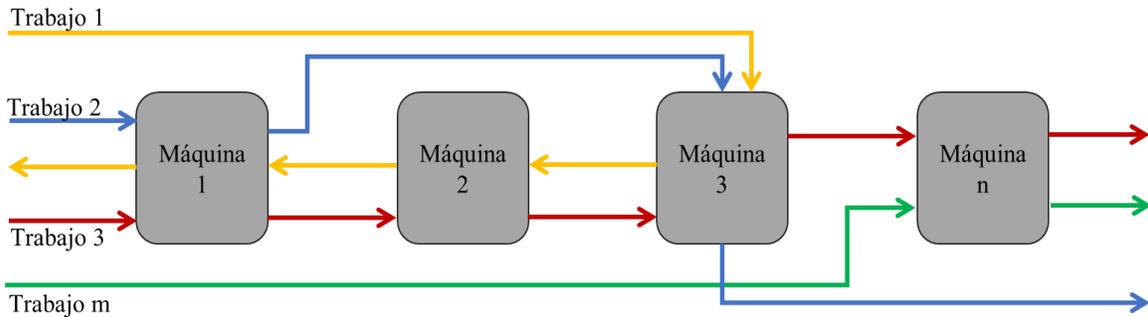


Figura 10 Patrón de flujo de Job Shop. Fuente: Adaptado de Meidyani et al. (2018)

Tal como lo señalan Udaiyakumar y Chandrasekaran (2014), los modelos matemáticos que intentan optimizar una asignación de tareas de un JSP buscan ofrecer:

- Una respuesta que indique la mejor forma en que se deben realizar las tareas propuestas.
- Los tiempos de inicio y final de todas las tareas.

Gráficamente y asociándolo a la figura 10, las soluciones de este tipo de problemas se representan como sigue:

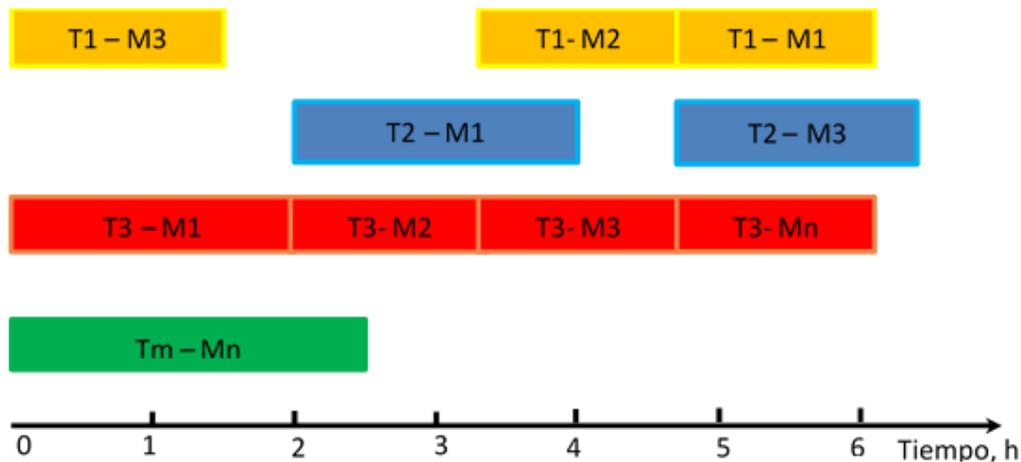


Figura 11 Programación de un Job Shop. Fuente: Adaptado de Pinedo (2005).

Estas soluciones son las que establecen cómo se debe proceder para realizar cada actividad en cada máquina, cumpliendo las restricciones definidas y respondiendo a la necesidad u objetivo específico. Estos objetivos están establecidos por la necesidad de cada problema y se relacionan con la duración de la producción, los límites de tiempo de producción o satisfacción de clientes.

El cumplimiento de los objetivos otorga a las empresas ganancias a varios niveles:

- Permite hacer efectiva la flexibilidad (Ramalingam, 2015) que varias máquinas dan a la operación y que en muchas oportunidades no puede ser aprovechada al no asignar correctamente las actividades.
- Mejora el uso de los recursos y por tanto la productividad y eficiencia de los procesos al reducir tiempos muertos y gasto en mano de obra.
- Asegura el cumplimiento de los tiempos exigidos de finalización de trabajos para cumplir con los compromisos adquiridos con los clientes, sean internos o externos.

Para el caso de estudio de este proyecto, el objetivo es atender las necesidades dadas por la política de fabricación *make to order* eliminando el retraso sobre la hora límite de la entrega de los trabajos programados (6AM del día 3) optimizando la mano de obra disponible (horas-hombre) bajo las particularidades propias del proceso de envasado.

#### **4.4.Descripción de variables y parámetros**

Para el desarrollo del sistema de apoyo de toma de decisiones de la programación del proceso de envasado de sustancias químicas se contemplan recursos, necesidades, parámetros, y restricciones que, en conjunto, permitirán desarrollar un método de programación que logre asegurar el envasado y alistamiento de las sustancias químicas según los requerimientos de la planeación.

Los recursos que se van a distribuir en la programación para cumplir con las necesidades del área de planeación son las personas y el tiempo que se dispone para realizar las actividades. Las personas son el número de auxiliares que asisten a cada uno de los turnos y que están disponibles para ejecutar las labores pertinentes, generalmente son dos personas por turno, aunque esto puede variar según la programación del personal u otras condiciones como permisos, calamidades, etc. Por otro lado, el tiempo disponible hace referencia al número de turnos que se disponen y las horas efectivas con las que se cuenta en cada turno para la ejecución de las actividades planteadas, respecto a los turnos siempre son tres y las horas se estandarizan en 5,5 horas descontando refrigerio, tiempos de cambio de turno y otras actividades propias del cargo.

Las necesidades son los pedidos que surgen desde el área de planeación según la demanda del mercado y son la combinación de una actividad con una referencia. Las actividades son las tareas que debe ejecutar el auxiliar y son dos, la primera es llenado, que es el hecho de completar un recipiente con una cantidad de una sustancia química; y la segunda es alistamiento, que es preparar un recipiente lleno para su despacho, con las etiquetas y protecciones de seguridad que cada referencia requiere. Las referencias indican la sustancia química y el tamaño de envase que se debe preparar tal como se indica en las Tablas 3 y 4. Como ejemplo una necesidad es: *Alistar tambores de hiposodio*, donde *Alistar* es la actividad y *tambores de hiposodio* es la referencia.

Existen parámetros en el proceso de envasado que son las condiciones iniciales que se dan o ya se tienen para cumplir con el plan de producción, entre estas tenemos: la capacidad de producción definida como el máximo número de unidades que se pueden llenar o alistar en el proceso de cada

referencia; el tiempo estándar que se debe demorar el desarrollo de cada actividad en cada referencia siendo este tiempo dependiente del tamaño y embalaje en que se despacha la referencia y de la tecnología con que se realiza la actividad; finalmente está la definición de importancia o prioridad que tenga cada necesidad establecida; la cual es manejada de forma subjetiva y según la experiencia o *feeling* del supervisor de turno.

Respecto a las restricciones o limitaciones que debe tener el método deben contemplarse los cumplimientos de tiempo, capacidad y asignación. Las necesidades que se generen desde planeación deben primero, no superar las cantidades de llenado o alistamiento en cada referencia según lo establecido por las capacidades nominales de cada máquina o proceso; segundo, no requerir un tiempo de trabajo superior al número de horas-hombre disponibles en cada jornada laboral; tercero no se debe superar las horas de trabajo disponibles de cada auxiliar en su turno asignado; por último, se debe cumplir con la asignación solo de un auxiliar a cada tarea, pues por la naturaleza del proceso cada máquina solo puede ser operada por una persona.

El sistema de apoyo para la toma de decisiones debe permitir el cumplimiento total de las necesidades solicitadas por planeación indicando quién debe realizar qué tarea, en qué referencia y los instantes en qué deben iniciarse y finalizarse esas labores. Este resultado será el que se comparta con los supervisores de operación para que asignen las tareas del personal en cada uno de sus turnos.

## **5. DISEÑO DEL MÉTODO Y SISTEMA DE APOYO PARA PROGRAMACIÓN**

En este capítulo se presenta inicialmente una descripción del método de solución propuesto y luego su implementación a través de un sistema que realiza la programación de actividades que atiendan las necesidades de envasado de sustancias químicas en Brinsa S.A. El sistema se basa en la parametrización de las condiciones y restricciones propias del proceso, cuenta con una priorización de tareas que permite definir la organización de estas. Como entradas al sistema, se cuenta con las necesidades indicadas por el área de planeación y como salida la programación que indica qué auxiliar realiza qué actividades y en qué periodo de tiempo. El método se presenta como un sistema para la toma de decisiones, DSS por sus siglas en inglés, y está desarrollado en una programación que combina Visual Basic y macros en Excel® con bases de datos consignadas en hojas de cálculo.

### **5.1. Parámetros iniciales**

#### *5.1.1. Particularidades del proceso*

Los parámetros iniciales hacen referencia a: primero, tiempo disponible (horas-hombre) para la realización de las actividades planeadas; segundo capacidades máximas de producción de cada actividad y referencia; y tercero, tiempos estándar de ejecución de cada actividad y referencia. Estos parámetros son los señalados en la sección 4.1. Descripción del proceso y 4.2. Parámetros del proceso de envase.

El método programado en el sistema evalúa las necesidades y establece la viabilidad de ejecución de estas, así se asegura que el pedido que solicita el área de planeación no supera las capacidades de producción tanto por productividad como por tiempo disponible, asociado al número de operadores y horas-hombre disponibles.

#### *5.1.2. Definición de priorización*

El primer escalón del método es definir una priorización del sistema de envasado que atienda a las necesidades del mercado de forma oportuna. Para definir la priorización se estableció una ponderación y posteriormente se asoció a los tiempos de llenado de cada referencia.

Las referencias tienen una demanda del mercado diferente, se consultaron los históricos de despacho para definir la ponderación de los envasados. La tabla 8 muestra la ponderación de cada uno respecto al total de ventas de unidades envasadas al mes, esta ponderación se basa en los datos de 6 meses comprendidos entre julio y diciembre de 2020:

Tabla 8 Ponderación de ventas de referencias. Fuente: Información Brinsa S.A.

<b>Referencia</b>	<b>Ponderación respecto a unidades vendidas</b>
Pisciclor	50,0%
Agrocior	22,3%
Soda_garrafa	8,5%
Labsa_garrafa	6,3%
Hipo_tambor	4,7%
HCl_tambor	4,3%
Labsa_tambor	2,3%
Hipo_bidones	0,7%
Hipo_garrafa	0,6%
Labsa_IBC	0,2%
Hipo_IBC	0,1%
Soda_IBC	0,1%
HCl_IBC	0,02%
Cloruro_bidon	0,00%

La ponderación se establece respecto a la cantidad de unidades vendidas de cada referencia y no respecto a la masa vendida, ni al tiempo que toma llenar cada referencia, esto debido a que cada sustancia que se envasa cuenta con propiedades fisicoquímicas específicas que afectan

directamente el tiempo de llenado de cada una y la cantidad de masa envasada y vendida en cada tipo de recipiente. El cálculo de la ponderación es como sigue:

$$Ponderación_{Pisciclor} = \frac{unidades\ vendidas_{Pisciclor}}{\sum unidades\ vendidas} \quad Ecuación\ (1)$$

Con la ponderación establecida se realizó una prueba de viabilidad para confirmar su efectividad en el cumplimiento de las necesidades del área de planeación, una explicación. Los resultados de la prueba se pueden revisar en el Anexo 1.

Los resultados indicaron el buen comportamiento de priorizar según la demanda de las referencias pues se evidenció que al establecer la lógica de llenar primero las referencias de mayor demanda histórica, se lograba un aumento en el porcentaje de cumplimiento de las órdenes de producción de productos envasados pasando de 29,7% en promedio en los 7 meses previos al inicio de la prueba, a 63,9% durante los tres primeros meses de prueba, esto es un crecimiento significativo (mayor al doble) en el cumplimiento del OTIF. Se estableció pues, que al enfocar el trabajo del área de envasado en el llenado de las referencias de mayor demanda se logra un mejor indicador de cumplimiento.

La prueba inicial no tenía una diferenciación entre las actividades que le corresponden a cada referencia, sino que se enfocó únicamente en la referencia sin tener en cuenta parámetros del proceso como las actividades asociadas y los tiempos de ejecución de cada una de estas. Para incluirlas y lograr un robustecimiento de la estrategia de solución se definió una priorización que discriminó cada actividad en cada referencia.

La priorización de la actividad-referencia se calculó asociando la ponderación de demanda de cada referencia con el tiempo que tarda realizar cada actividad, para esa referencia en minutos. En la tabla 9 se puede evidenciar el resultado obtenido para la priorización del conjunto actividad-

referencia, donde se muestra con una degradación de colores de verde a amarillo, siendo verde el de mayor priorización y amarillo el de menor.

Tabla 9 Priorización por referencia. Fuente Archivo Brinsa S.A.

Actividad	Referencia	Prioridad
Llenar	Pisciclor	0,3248
Llenar	HCl_tambor	0,2623
Llenar	Hipo_tambor	0,1942
Llenar	Agroclor	0,1447
Llenar	Labsa_tambor	0,1314
Llenar	Soda_garrafa	0,1024
Alistar	Hipo_tambor	0,0957
Llenar	Labsa_garrafa	0,0956
Alistar	HCl_tambor	0,0421
Llenar	Labsa_IBC	0,0284
Llenar	Hipo_bidones	0,0272
Alistar	Labsa_tambor	0,0224
Llenar	Hipo_IBC	0,0135
Llenar	Soda_IBC	0,0119
Alistar	Hipo_bidones	0,0112
Alistar	Labsa_IBC	0,0052
Llenar	Hipo_garrafa	0,0041
Alistar	Hipo_IBC	0,0034
Llenar	HCl_IBC	0,0030
Alistar	Soda_IBC	0,0028
Alistar	HCl_IBC	0,0007
Alistar*	Pisciclor	0,0000
Alistar*	Agroclor	0,0000
Alistar*	Hipo_garrafa	0,0000
Alistar*	Soda_garrafa	0,0000
Alistar*	Labsa_garrafa	0,0000
Llenar <sup>+</sup>	Cloruro_bidon	0,0000

Alistar <sup>+</sup>	Cloruro_bidon	0,0000
----------------------	---------------	--------

\* Los valores de cero en la priorización corresponden a actividades que no se realizan en esas referencias.

<sup>+</sup> Los valores de cero en la priorización corresponden a las referencias que no han sido requeridas por ventas en el último tiempo.

La priorización indicada en la tabla anterior se establece como una priorización estándar y es la que por defecto tendrá la herramienta y sobre la cual se realizará la programación de actividades en el sistema propuesto. Puesto que el sistema es un apoyo para la toma de decisiones de envasado, este cuenta con la opción de redefinir la priorización, situación que se puede presentar debido a directrices provenientes del equipo de ventas y se confirmara por medio del área de planeación. La priorización es el ordenador de actividades, indica cual conjunto actividad-referencia será el primero en atenderse, cual el siguiente y de igual forma con el resto hasta cumplir con el total de necesidades indicadas por planeación.

### 5.1.3. Asignación de actividades

Definido el orden en que se realizan las tareas el método establece qué auxiliar va a realizar cada una de las tareas y entre que instantes de tiempo. Para la asignación de los auxiliares la lógica toma al auxiliar que ingresa primero a turno, dato que se puede parametrizar, o en su defecto al primero en el orden predeterminado y le asigna la primera tarea ocupando esa máquina o línea de producción, la siguiente tarea se le asigna al siguiente auxiliar bajo la misma lógica, en caso de que en el turno haya más auxiliares, estos se seguirán programando en las siguientes actividades según la priorización hasta agotar los auxiliares disponibles.

La finalización de la ocupación de los auxiliares se da cuando se cumple la tarea o se acaba la jornada de trabajo. En el primer caso, el auxiliar que queda libre se le asigna la siguiente tarea disponible según la priorización y así se repetirá hasta que sus horas-hombre disponibles se agoten. En el segundo caso, cuando finalizar su jornada de trabajo y se agotan sus horas-hombre, se valida si la actividad asignada se ha finalizado o no, en caso de no finalizarse esta se asigna en el siguiente turno al primer auxiliar que esté disponible.

La lógica de distribución se repite en los tres turnos asegurando que cada auxiliar ocupe el total de sus horas-hombre y que se asignen y cumplan todas las tareas. La asignación de auxiliares y actividades es el objetivo final de método de solución y como tal se reporta para que sea ejecutado por el supervisor de producción. El anexo 2 muestra un ejemplo de ejecución del método propuesto y desarrollado en el sistema.

## **5.2.Sistema de apoyo para la toma de decisiones**

El método señalado anteriormente se incorpora y ejecuta a través de un sistema programable de tal forma que permita una interacción sencilla para el personal involucrado por medio de una interfaz que le permita ingresar la información necesaria y a su vez obtener un reporte que indica la programación detallada que debe llevarse a cabo en la operación en la planta de producción.

### *5.2.1. Descripción del sistema*

El sistema para la toma de decisiones (DSS) planteado, entrega a partir de información básica de las necesidades de llenado y alistamiento para cada referencia, un reporte detallado que indica que auxiliar debe realizar qué actividad en que referencia y entre que horas del día, esto facilita la organización de las tareas a lo largo del día en la operación de envasado de sustancias químicas, permitiendo una toma de decisiones con base en datos e información concreta más que en el *feeling* o experiencia de los supervisores, esta información hace referencia a:

- Recurso humano disponible.
- Hora de inicio y finalización de labores de cada uno de los auxiliares disponibles.
- Orden correcto de ejecución de cada actividad.
- Duración esperada de la ejecución de cada actividad.
- Horas-hombre no utilizadas en las tareas de envasado.

El sistema cuenta con una interfaz de recepción de información inicial muy sencilla que permite ajustar los parámetros de horas de entrada y salida de cada operador en cada turno, también una priorización diferente a la estándar y las cantidades necesarias de cada actividad en cada referencia, con esta información se validan las restricciones de tiempo y cantidad y se ejecuta la asignación de tareas que se refleja en un reporte de fácil entendimiento para poder guiar las decisiones.

### *5.2.2. Estructura del Sistema de toma de decisiones DSS.*

A continuación, se muestra el esquema estructural del DSS. Primero en la figura 12 se presenta un diagrama de flujo de información y segundo en la figura 13 la interacción a través de la interfaz de cada uno de los involucrados en el uso del sistema.

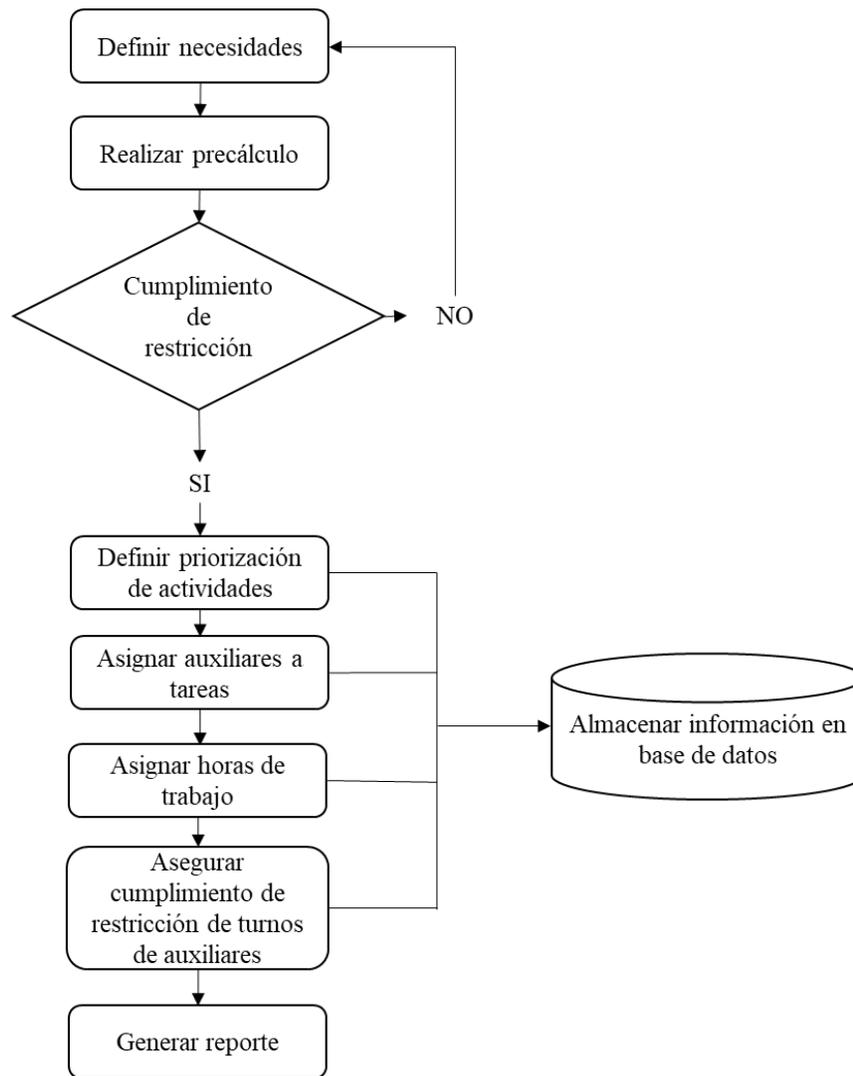


Figura 12 Diagrama de flujo de información. Fuente: Adaptado de Rojas (2019)

El funcionamiento del sistema se muestra en la figura 12. El proceso inicia con la entrada de la información que indica las necesidades de llenado y/o alistamiento para la jornada, esta información proviene del área de planeación y se ingresa directamente al sistema. El sistema evaluará inicialmente que las necesidades no superen las capacidades nominales de cada conjunto actividad-referencia, si estas capacidades son superadas se solicitará el ajuste de la solicitud. A continuación, el sistema calcula el tiempo necesario para cumplir las necesidades solicitadas y

valida que sea menor o igual a la cantidad de horas-hombre disponibles, si esta condición se cumple aprueba la solicitud, en caso contrario pedirá revisión y ajuste. Cuando ambas condiciones (capacidad y tiempo) se cumplen el sistema realiza las asignaciones de tareas a cada auxiliar y establece las horas de inicio y finalización de cada tarea garantizando el cumplimiento de las restricciones definidas. Por último, el sistema genera un reporte con la programación de tareas.

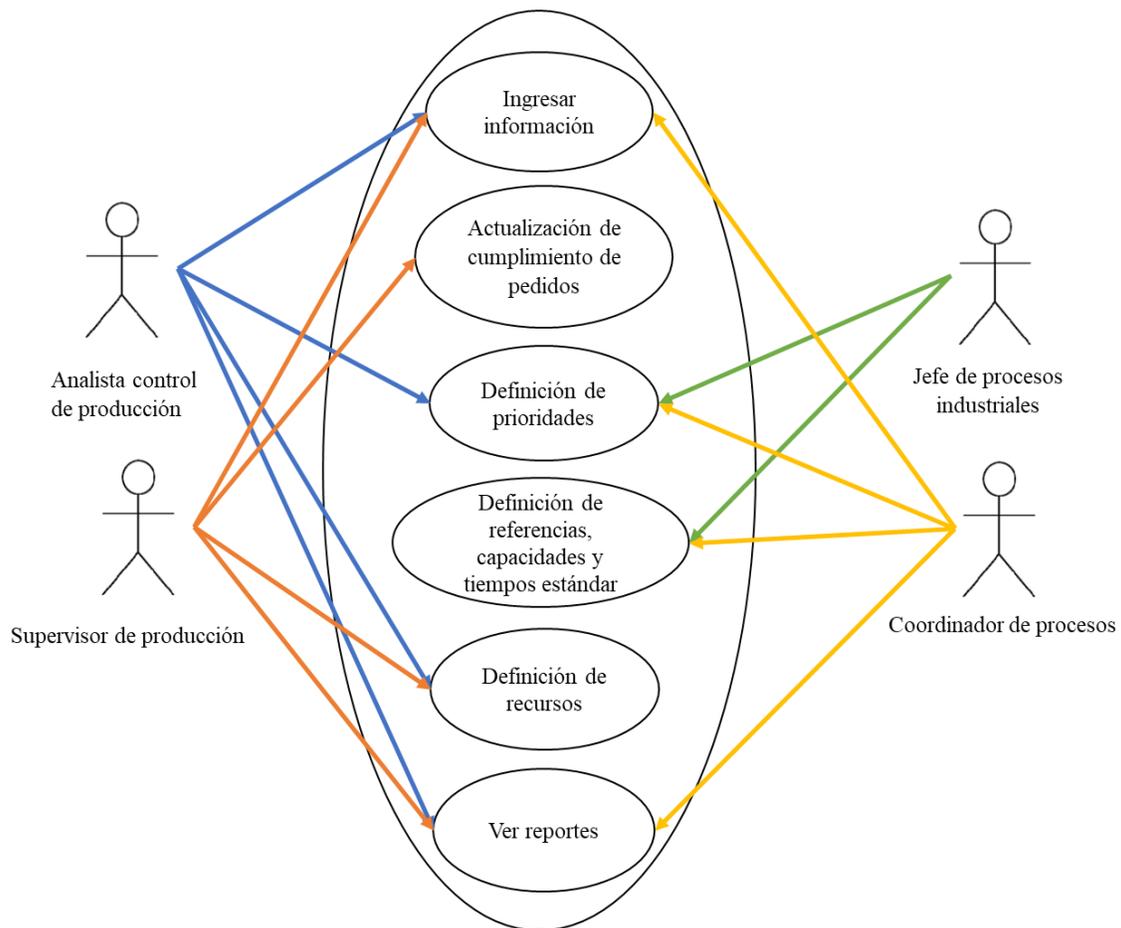


Figura 13 Interacción a través de la interfaz. Fuente: Adaptado de Rojas (2019)

La interacción del sistema con los diferentes involucrados del proceso se muestra en la figura 13, allí se notan las tareas o consultas que puede realizar cada uno en el sistema. El jefe de procesos industriales tiene acceso a la definición de prioridades y la definición de referencias y tiempos

estándar, por su parte el coordinador de procesos puede acceder a las mismas funciones del jefe más el ingreso de las necesidades enviadas por planeación y la consulta de reportes. El analista de control y el supervisor de producción son quienes tienen mayor interacción con el sistema, por lo tanto, comparten funciones como el ingreso de la información, la definición de recursos y la consulta de reportes; pero hay unas que si son exclusivas de cada uno, el analista puede definir prioridades pero el supervisor no, por otro lado, la actualización de cumplimiento de pedidos es una actividad únicamente ejecutada por el supervisor, que se puede hacer en cualquier momento del día en caso de que se requiera modificar la planeación que se había definido inicialmente.

La tabla 10 describe cada una de las tareas que se pueden realizar en el sistema:

Tabla 10 Tareas realizadas en el sistema. Elaboración: Adaptada de Rojas (2019)

<b>Tarea</b>	<b>Descripción</b>
<i>Ingresar información.</i>	Función que permite generar la solicitud de actividades y referencias para ser programadas.
<i>Actualización de cumplimiento de pedidos.</i>	Función que permite actualizar las tareas y cantidades pendientes en cada referencia para reajustar la programación del resto de jornada.
<i>Definición de prioridades.</i>	Función que da una prioridad mayor o menor a alguna referencia según la necesidad que pueda surgir.
<i>Definición de referencias, capacidades y tiempos estándar.</i>	Es la opción de incluir nuevas referencias con sus parámetros de capacidad y tiempo o modificar las existentes debido a cambios en el proceso productivo.
<i>Definición de recursos.</i>	Es la opción que permite definir los recursos de personal y tiempo con que se cuenta para desarrollar las tareas.
<i>Ver reportes.</i>	Función que permite validar los reportes con la programación designada para desarrollar las actividades durante la jornada laboral.

En el anexo 2 se presenta un ejemplo del funcionamiento del sistema con su interfaz.

## 6. RESULTADOS Y ANÁLISIS

En esta sección se presentan los resultados (teóricos) que se obtuvieron al utilizar el sistema propuesto en cada una de las ordenes de producción del proceso de envasado de sustancias químicas en Brinsa S.A. Los resultados obtenidos se comparan con los datos reales de cumplimiento obtenidos en la operación durante el periodo de estudio, diciembre del 2020 a julio del 2021. Para validar la diferencia entre los resultados reales y los teóricos se compara primero el cumplimiento de cada una de las ordenes de producción: actividad-referencia. Posteriormente se determina el indicador OTIF de los resultados teóricos y se compara con su homólogo real. Finalmente, se calcula, primero, el impacto en rentabilidad bruta que dejó de percibir la empresa oportunamente debido a los incumplimientos de las ordenes de producción, y segundo, el costo y *payback* de la implementación del sistema propuesto.

### 6.1. Cumplimiento de un día de producción

Usando el sistema desarrollado, se calcula la programación que se debería haber utilizado para cumplir con las necesidades del equipo de planeación, en el Anexo 2 “*Ejemplo de uso del sistema propuesto*” se puede ver la ejecución paso a paso de la lógica del sistema. La tabla 11 muestra el cumplimiento real que tuvo la solicitud hecha por planeación el 17 de diciembre de 2020. Igualmente, la tabla 12 muestra el cumplimiento teórico calculado con dos operadores por turno y tres turnos. En ambas tablas, los valores de la columna *Cumplimiento* están sombreados en verde si cumplen con la meta que exige el indicador OTIF (98% - 102% de cumplimiento), en rojo si no cumplen. En los anexos 3 al 10 se pueden ver los resultados de todos los días analizados para este proyecto.

La tabla 11 “*Cumplimiento real de pedido el día 17 de diciembre 2020*” muestra que los resultados del día analizado, tiene dos de las ordenes de producción incumplidas totalmente: Llenado de Labsa\_garrafa y Llenado de Labsa\_IBC; también que cuatro órdenes se sobreejecutaron, seguramente por atrasos acumulados de días anteriores, situación que era habitual antes del desarrollo de este proyecto. La situación de incumplimiento y sobreejecución de esas seis ordenes genera un OTIF de 50%, pues el total de pedidos era doce. La tabla 12 muestra que, utilizando el

sistema diseñado, se logra una programación tal que asegura el cumplimiento total de las ordenes de producción y por tanto un OTIF de 100%.

Se evidencia también que al comparar las tablas 11 y 12 el gasto total de tiempo, columna *Tiempo total de pedido completo*, el dato en la situación real fue mucho mayor que en la teórica calculada por el sistema, la diferencia es 09:04:26 atribuibles a que, en la situación real se gastó tiempo en adelantar tareas pendientes o adelantamientos innecesarios. El tiempo teórico estimado para cumplir las tareas del día tomado como ejemplo era de 25:25:34 lo que indica que había tiempo libre que podría aprovecharse para otras asociadas al cargo o necesarias en los procesos de planta.

Tabla 11 Cumplimiento real de pedido el día 17 de diciembre 2020. Fuente: Elaboración propia.

FECHA	ACTIVIDAD	REFERENCIA	PEDIDO (un)	Real				
				Llenados y alistamientos realizados	Tiempo por referencia (h)	Tiempo total de pedido completo (h)	Cumplimiento (%)	OTIF
17/12/2020	Llenado	Pisciclor	700	704	8:00:00	34:30:00	101%	1
	Llenado	Hipo garrafa	150	150	1:00:00		100%	1
	Llenado	Hipo tambor	40	64	4:30:00		160%	0
	Alistamiento	Hipo tambor	40	68	2:00:00		170%	0
	Llenado	Hipo IBC	1	1	0:30:00		100%	1
	Alistamiento	Hipo bidones	128	128	6:00:00		100%	1
	Llenado	HCl tambor	20	116	8:00:00		580%	0
	Alistamiento	HCl tambor	80	80	2:00:00		100%	1
	Llenado	Soda IBC	1	3	1:30:00		300%	0
	Llenado	Labsa garrafa	150	0	0:00:00		0%	0
	Alistamiento	Labsa IBC	4	4	1:00:00		100%	1
	Llenado	Labsa IBC	3	0	0:00:00		0%	0
<b>OTIF del día</b>				50,0%				

Tabla 12 Cumplimiento teórico de pedido el día 17 de diciembre 2020. Fuente: Elaboración propia.

FECHA	ACTIVIDAD	REFERENCIA	PEDIDO (un)	Teórico Con Sistema				
				Llenados y alistamiento según software	Tiempo por referencia (h)	Tiempo total de pedido completo (h)	Cumplimiento (%)	OTIF
17/12/2020	Llenado	Pisciclor	700	700	07:35:00	25:25:34	100%	1
	Llenado	Hipo garrafa	150	150	01:37:30		100%	1
	Llenado	Hipo tambor	40	40	02:45:36		100%	1
	Alistamiento	Hipo tambor	40	40	01:21:36		100%	1
	Llenado	Hipo IBC	1	1	00:13:28		100%	1
	Alistamiento	Hipo bidones	128	128	03:17:07		100%	1
	Llenado	HCl tambor	20	20	02:02:00		100%	1
	Alistamiento	HCl tambor	80	80	01:18:24		100%	1
	Llenado	Soda IBC	1	1	00:14:50		100%	1
	Llenado	Labsa garrafa	150	150	03:49:30		100%	1
	Alistamiento	Labsa IBC	4	4	00:13:46		100%	1
	Llenado	Labsa IBC	3	3	00:56:47		100%	1
<b>OTIF del día</b>								100,0%

## 6.2. Cumplimiento mensual

Con la información tabulada para todos los días de estudio se determinó la mejora en cada actividad y referencia, la figura 14 muestra la comparación de los promedios de cumplimiento de cada actividad para la referencia *HCl\_tambor*, se nota que, con un nivel de confianza del 95%, el *llenado* de esta referencia tiene un cumplimiento promedio de 100% al planear con el sistema propuesto versus un cumplimiento del 87% logrado con la planeación real, evidenciando un mejoramiento del 13% en el cumplimiento de las necesidades de producción. El 100% se logra debido a que la tarea *llenar\_HCl\_Tambor* tienen una prioridad de 0,2623, que es la segunda en la clasificación de priorización, tal como se aprecia en la tabla 9. Por su parte, para la tarea *alistamiento\_HCl\_Tambor*, con un nivel de confianza de 95%, se tiene una mejora de 20,6% entre el cumplimiento con la programación real y el cumplimiento con la programación apoyada con el sistema diseñado.

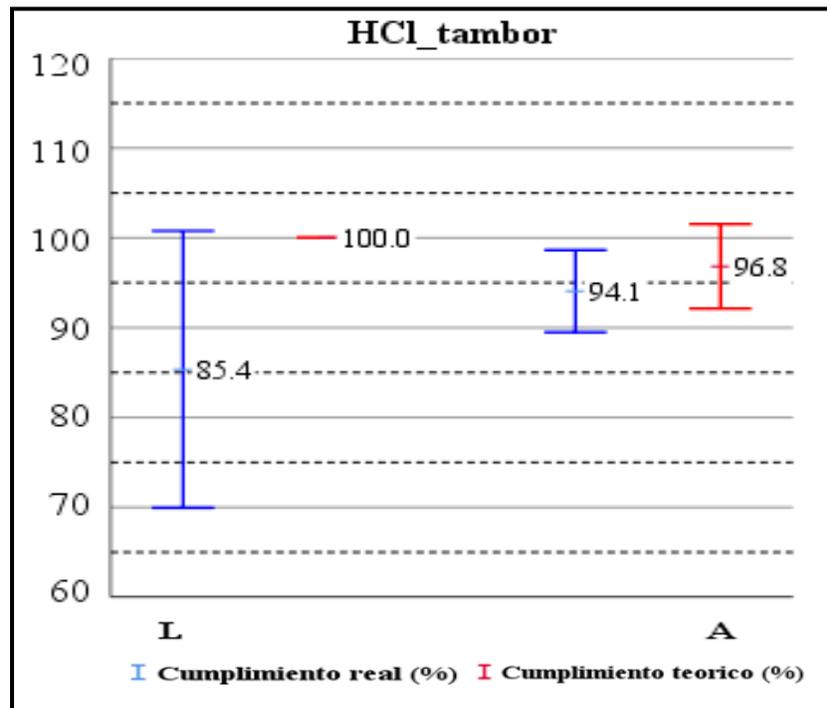


Figura 14 Comparación de medias para llenado y/o alistamiento de HCl\_tambor. Fuente: Elaboración propia.

\*L y A son las actividades e indican respectivamente: Llenado y Alistamiento.

En el anexo 11 se pueden ver las comparaciones de promedios de cada actividad para cada una de las referencias. También se determinó el cumplimiento de OTIF de cada día, similar a como se ve en las tablas 11 y 12, esta información se computó para cada mes y se comparó respecto a los valores reales obtenidos en la operación (ver figura 15).

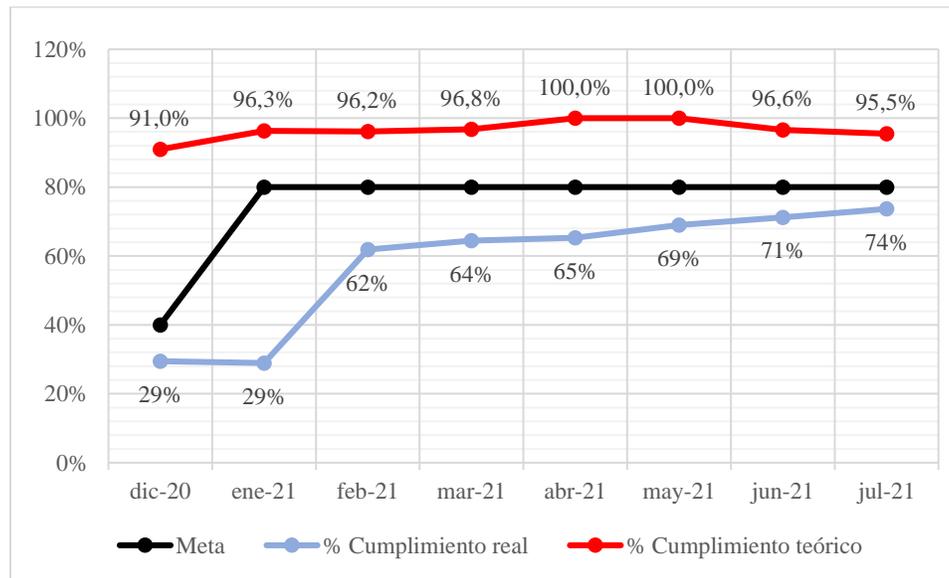


Figura 15 Comparación crecimiento de cumplimiento real, teórico versus meta. Fuente: Elaboración propia.

En la gráfica se nota el crecimiento significativo entre enero y febrero de 2020, 33%, asociado a la instrucción de programar según las prioridades de ventas. En general, se ve que el uso del sistema propuesto logra una programación del envasado de sustancias químicas que asegura un cumplimiento en el OTIF mayor a 90% por encima de la meta actual propuesta por la empresa (80%) y muy cercano a la meta que se tiene a mediano plazo de 95%.

Con el sistema propuesto y la programación de producción que surge de este, debería alcanzarse un cumplimiento ideal del 100%, tal como teóricamente se calculó para abril y mayo. Este cumplimiento se asegura con la restricción de que los pedidos no superen el número de horas-hombre disponibles para ejecutar los trabajos. En caso de que la solicitud desde planeación supere la disponibilidad de horas-hombre, la solicitud debe reajustarse desde planeación o debe asignarse más horas-hombre en la planta.

Durante el desarrollo del proyecto, se evidenció que en algunos días el cumplimiento de las ordenes de producción y por tanto el OTIF calculado a través de la programación con el sistema propuesto era menor a 100%, debido a que el pedido inicial superaba la disponibilidad de horas-hombre para

la ejecución de las tareas. En la tabla 13 se muestra un ejemplo del incumplimiento en el OTIF teórico calculado con el sistema, debido a un pedido que implicaba un tiempo de 42:02:02 para cumplirse, tiempo que superaba la disponibilidad de horas-hombre para un día con tres turnos y dos operadores en cada turno 38:36:00.

Tabla 13 Cumplimiento teórico de pedido el día 13 de febrero 2021. Fuente: Elaboración propia.

FECHA	ACTIVIDAD	REFERENCIA	PEDIDO (un)	Teórico Con Sistema				
				Llenados y alistamiento según software	Tiempo por referencia (h)	Tiempo total de pedido completo (h)	Cumplimiento (%)	OTIF
13/2/2021	Llenado	Pisciclor	1000	1000	10:50:00	42:02:02	100%	1
	Llenado	Agroclor	200	200	02:10:00		100%	1
	Llenado	Hipo bidones	128	79	07:56:10		62%	0
	Llenado	Hipo tambor	64	64	04:24:58		100%	1
	Alistamiento	Hipo tambor	14	14	00:28:34		100%	1
	Llenado	HCl tambor	80	80	08:08:00		100%	1
	Llenado	Soda IBC	1	0	00:14:50		0%	0
	Alistamiento	Labsa IBC	3	0	00:10:19		0%	0
	Llenado	Labsa tambor	80	80	07:39:12		100%	1
<b>OTIF del día</b>								66,7%

### 6.3. Impacto en Brinsa S.A.

Las cantidades de cada referencia que no se entregan oportunamente al CENDIS generan en la empresa los siguientes impactos: incumplimiento de pedidos, confiabilidad del cliente con la empresa, reducción en las venta y percepción oportuna de utilidad. Con la determinación de los incumplimientos en las ordenes de fabricación, se realizó un cálculo de cuanta utilidad bruta se dejó de percibir oportunamente durante cada uno de los meses de estudio. La tabla 14 muestra la utilidad bruta en millones de pesos por unidad de cada una de las referencias:

Tabla 14 Utilidad bruta en millones de pesos por unidad de cada una de las referencias. Fuente: Elaboración propia.

Referencia	Utilidad bruta (\$MM/un)
Pisciclor	\$ 0,01
Agroclor	\$ 0,01
Hipo_garrafa	\$ 0,01
Hipo_bidones	\$ 0,00
Hipo_tambor	\$ 0,06

Hipo_IBC	\$ 0,62
HCl_tambor	\$ 0,03
HCl_IBC	\$ 0,49
Soda_garrafa	\$ 0,03
Soda_IBC	\$ 0,90
Labsa_garrafa	\$ 0,03
Labsa_tambor	\$ 0,47
Labsa_IBC	\$ 1,32
Cloruro_bidon	\$ 0,01

La figura 16 muestra el resultado de utilidad dejada de percibir en cada mes de estudio. Los datos son congruentes con el mejoramiento del cumplimiento, pues desde febrero se presenta una reducción significativa en la utilidad bruta dejada de percibir, esta información es importante pues se evidencia un potencial a nivel rentable de la empresa si se logra un mejor cumplimiento y oportunidad en la entrega de las necesidades de los clientes. A medida que se logre un mayor cumplimiento en el OTIF y por ende en las ordenes de producción, la rentabilidad dejada de percibir será menor, favoreciendo las ganancias oportunas de la empresa.

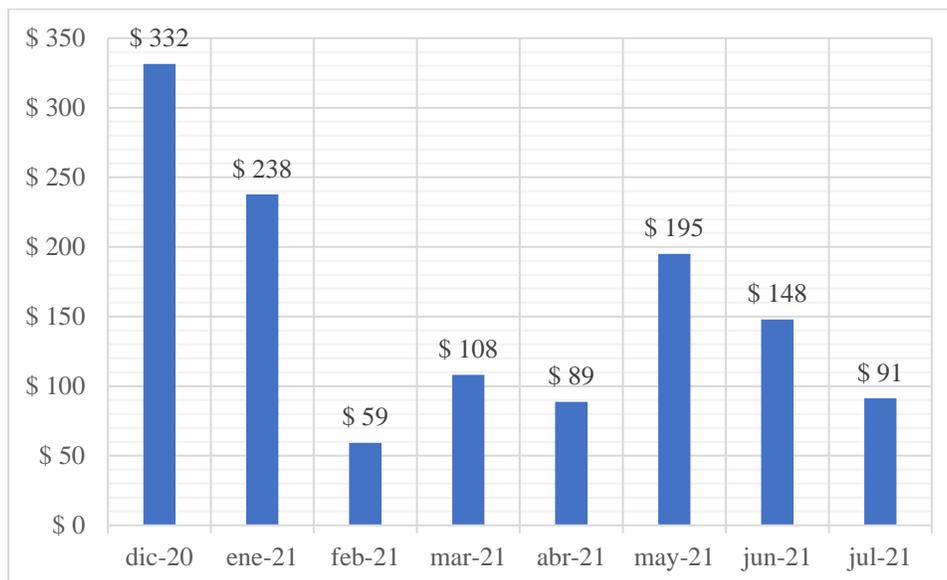


Figura 16 Utilidad dejada de percibir en cada mes de estudio Fuente: Elaboración propia.

De la figura anterior, se puede validar que el potencial de utilidad oportuna que la empresa podría estar recibiendo, se redujo desde el mes de febrero respecto a diciembre de 2020 y enero de 2021, esto es una señal del mejoramiento logrado con la implementación de la priorización definida en este proyecto. A pesar de la mejora lograda, el potencial aun es significativo y oscila entre \$59 y \$195 millones de pesos.

El desarrollo del sistema propuesto involucró a cuatro personas del staff de Brinsa: Un ingeniero de procesos, un analista de inventarios, un auxiliar de envasado y un practicante. Este conjunto de personas se encargó de la recolección de información, programación de la herramienta, registro de datos y consolidación de estos para poder llevar a cabo este proyecto. Los recursos de apoyo utilizados fueron 3 computadores portátiles y sus correspondientes licencias de software. Las tablas 15 y 16 indican el consolidado de costos asociados al personal y recursos informáticos necesarios para el desarrollo del sistema propuesto.

Tabla 15 Costo del recurso humano para desarrollo del sistema

Cargo	Costo hora	Tiempo trabajado			Horas Hombre	Costo por persona
		Horas	Días	Meses		
Ingeniero	\$ 116.702	4	21	3	252	\$ 29.408.898
Analista	\$ 23.340	4	21	8	672	\$ 15.684.746
Auxiliar	\$ 13.771	6	21	6	756	\$ 10.410.750
Practicante	\$ 12.523	6	21	8	1008	\$ 12.623.204
Costo total recurso humano						\$ 68.127.598

Tabla 16 Costo del recurso informático para el desarrollo del sistema

Recurso	Costo unitario por mes	Meses totales	Costo total recurso informático
Computador Portátil	\$ 130.000	19	\$ 3.610.000
Software/Office	\$ 60.000		

El costo total del desarrollo del sistema es \$ 71.737.598. Usando tres escenarios: optimista (\$ 195.000.000), promedio (\$ 115.000.000), y conservador (\$ 59.000.000), según los valores de la figura 16 se obtendría un tiempo de retorno aproximado según cada escenario así: optimista: 0,4 meses, promedio: 0,6 meses y conservador: 1,2 meses. Lo anterior demuestra una relación costo/beneficio adecuada para la implementación del sistema propuesto.

## 7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 7.1. Conclusiones.

El desarrollo de este proyecto permitió realizar una caracterización del proceso de envasado de sustancias químicas en Brinsa S.A. asociándolo a un modelo tipo taller o *Job Shop Problem* que busca distribuir las diferentes actividades del proceso en el personal disponible para realizarlas, cumpliendo diferentes restricciones de capacidad y tiempo. La caracterización logró identificar claramente las variables y parámetros del proceso que sentaron la base de un método que permitió solucionar el problema.

La propuesta de solución se basó en la priorización de actividades asociada por un lado a la demanda definida por el mercado y por otro, a los tiempos estandarizados de llenado, de esta forma el conjunto actividad-referencia de mayor índice de priorización será la que encabece la programación de envasado. Esta propuesta se validó en la operación diaria y se confirmó un mejoramiento en el índice de disponibilidad para venta, OTIF, de cerca de 32 puntos porcentuales.

Al aplicar el método propuesto a las solicitudes de producción del periodo de estudio, se encontró una mejora significativa en la satisfacción de las necesidades del área de planeación, en general se mejoró el porcentaje de cumplimiento de las ordenes de envasado, ubicando la mayoría de los conjuntos actividades-referencia con valores superiores a 90%, superior a los valores entre 60% y 80% que presentaron los valores reales; también se obtuvieron rangos de variabilidad menores en los datos calculados con el sistema propuesto, que los presentados por los datos reales.

De cara a las necesidades estratégicas de la empresa, la oportunidad de entrega a los clientes, medida a través del indicador OTIF logró un mejoramiento real, aunque los datos producto de la aplicación del sistema propuesto indican que el indicador puede mejorar aún más, llegando a valores por encima de la meta propuesta para el año 2021 e incluso para próximos años.

Finalmente, se evidenció un potencial económico al calcular las utilidades brutas que se podrían percibir al lograr los mejoramientos de cumplimiento de las ordenes de producción de envasado

de sustancias químicas que indica el sistema propuesto, pues se reducirían los pedidos con faltantes y se podrían recoger utilidades por valores de \$59 millones de pesos mensuales o más como se logró evidenciar durante el desarrollo del proyecto.

## **7.2. Oportunidades de mejora**

Luego de desarrollar y probar el sistema de apoyo para tomar decisiones en el proceso de envasado, se evidencian algunas oportunidades que pueden explotarse, para potencializar el uso de la herramienta y aplicarla en el mejoramiento de condiciones e incluso indicadores del proceso, estas posibles mejoras se indican a continuación.

Cuando se aplica el sistema propuesto a una solicitud de envasado se obtiene, además de la programación de actividades y personal, los tiempos estándar que deberían tardar cada una de las actividades y la ejecución del pedido completo. Con esta información se puede empezar a medir el correcto uso del tiempo en la operación, evidenciando tiempos ineficientes y facilitando la búsqueda de sus causas y la corrección de estas.

De igual forma, es posible utilizar el sistema como herramienta de cálculo para validar escenarios de base que permitan proponer mejoras al proceso de envasado o evidenciar mal uso de los recursos de personal, de esta forma simular posibilidades manipulando variables como la cantidad de operadores o la disponibilidad de horas laborables de cada uno de ellos.

A pesar de que el sistema puede ser acuatizado en cualquier instante de la operación, este requiere la intervención constante de una persona, supervisor o analista de producción, que ingrese la información necesaria en un momento determinado, poder asociar este sistema a uno de toma de información en línea sería valioso para tener mayor oportunidad en la toma de decisiones enfocada en el cumplimiento de las necesidades de envasado.

Finalmente, el método integrado al sistema propuesto no busca una optimización de tiempos y en si del proceso, pero es una posibilidad que puede desarrollarse en un trabajo futuro que dé continuidad al expuesto en este proyecto

## REFERENCIAS

- Al Aqel, G., Li, X., Gao, L., Gong, W., Wang, R., Ren, T., & Wu, G. (2018, December). Using Iterated Greedy with a New Population Approach for the Flexible Jobshop Scheduling Problem. *In 2018 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM)*, pp. 1235-1239.
- Aliev, R. A., Fazlollahi, B., Guirimov, B. G., & Aliev, R. R. (2007). Fuzzy-genetic approach to aggregate production–distribution planning in supply chain management. *Information Sciences*, 177(20), 4241-4255.
- Allahverdi, A., Ng, C. T., Cheng, T. E., & Kovalyov, M. Y. (2008). A survey of scheduling problems with setup times or costs. *European journal of operational research*, 187(3), 985-1032.
- Artigues, C., & Feillet, D. (2008). A branch and bound method for the job-shop problem with sequence-dependent setup times. *Annals of Operations Research*, 159(1), 135-159.
- Balas, E., Simonetti, N., & Vazacopoulos, A. (2008). Job shop scheduling with setup times, deadlines and precedence constraints. *Journal of Scheduling*, 11(4), 253-262.
- Brucker, P., Thiele, O. (1996). A branch & bound method for the general-shop problem with sequence dependent setup-times. *OR Spektrum* 18, 145–161.
- Davis L. Job shop scheduling with genetic algorithms. In: Grefenstette J (ed.) Proceedings of the first international conference on genetic algorithms. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates. 1985, pp.136–140.
- Defersha, F. M., & Movahed, S. B. (2018). Linear programming assisted (not embedded) genetic algorithm for flexible jobshop scheduling with lot streaming. *Computers & Industrial Engineering*, 117, 319-335.

- Doganis, P., & Sarimveis, H. (2008). Optimal production scheduling for the dairy industry. *Annals of Operations Research*, 159(1), 315-331.
- Ennigrou, M., & Ghédira, K. (2008). New local diversification techniques for flexible job shop scheduling problem with a multi-agent approach. *Autonomous Agents and Multi-Agent Systems*, 17(2), 270-287.
- Gao, J., Sun, L., & Gen, M. (2008). A hybrid genetic and variable neighborhood descent algorithm for flexible job shop scheduling problems. *Computers & Operations Research*, 35(9), 2892-2907.
- Ghedjati, F., & Portmann, M. C. (2009, October). Dynamic heuristics for the generalized job-shop scheduling problem. In *2009 IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics*, pp. 2562-2567.
- Heinonen, J., & Pettersson, F. (2007). Hybrid ant colony optimization and visibility studies applied to a job-shop scheduling problem. *Applied Mathematics and Computation*, 187(2), 989-998.
- Huang, K. L., & Liao, C. J. (2008). Ant colony optimization combined with taboo search for the job shop scheduling problem. *Computers & operations research*, 35(4), 1030-1046.
- Janak, S. L., & Floudas, C. A. (2008). Improving unit-specific event based continuous-time approaches for batch processes: Integrality gap and task splitting. *Computers & Chemical Engineering*, 32(4-5), 913-955.
- Mahdavinejad, R.A. (2011). Job shop-Scheduling Problems- Single Process. In *International Conference on Frontiers of Manufacturing and Design Science, Chongqing; China*, 44-47, pp. 330-334.
- Meidyani, B., Sarno, R., & Nurlaili, A. L. (2018, March). Time and cost optimization using scheduling job shop and linear goal programming model. In *2018 International Conference on Information and Communications Technology (ICOIACT)*, pp. 555-560.

- Moghadam, A. M., Wong, K. Y., & Piroozfard, H. (2017). Solving a hybrid job shop scheduling problem with space constraints and reentrant processes by using an improved hybrid genetic algorithm: a case study. *International Journal of Industrial Engineering: Theory, Applications and Practice*, 24(5), 483-504.
- Naderi, B., Khalili, M., & Tavakkoli-Moghaddam, R. (2009). A hybrid artificial immune algorithm for a realistic variant of job shops to minimize the total completion time. *Computers & Industrial Engineering*, 56(4), 1494-1501.
- Pérez, R., Jöns, S., & Hernández, A. (2015). Solution of a flexible jobshop scheduling problem using an estimation of distribution algorithm. *Revista Iberoamericana de Automática e Informática Industrial*, 12(1), 49-57.
- Pinedo, M., & Hadavi, K. (2008). Scheduling: theory, algorithms and systems development. *In Operations Research Proceedings 1991*. Springer, Berlin, Heidelberg.
- Pinedo, M. (2005). Planning and scheduling in manufacturing and services. *Springer* (New York).
- Ping, Y., & Minghai, J. (2014, July). A chaotic particle swarm optimization algorithm for the jobshop scheduling problem. *In 2014 IEEE Congress on Evolutionary Computation (CEC)*, pp. 218-222.
- Raidl, G. R. (2006, October). A unified view on hybrid metaheuristics. *In International Workshop on Hybrid Metaheuristics* (pp. 1-12). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Raileanu, S., Borangiu, T., Morariu, O., & Stocklosa, O. (2014, May). ILOG-based mixed planning and scheduling system for job-shop manufacturing. *In 2014 IEEE International Conference on Automation, Quality and Testing, Robotics*, pp. 1-6.
- Ramalingam, P. S., Chandrasekar, K., & Raj, M. V. (2015). GA approach to optimise material flow and makespan in an AGV-based flexible jobshop manufacturing system. *International Journal of Computer Aided Engineering and Technology*, 7(1), 109-120.

- Rojas-Reyes, J., Solano-Charris, E. and Montoya-Torres, J. (2019) ‘The storage location assignment problem: a literature review’, *International Journal of Industrial Engineering Computations*, Vol. 10, No. 2, pp.199–224.
- Sharma, P., & Jain, A. (2016). A review on job shop scheduling with setup times. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, *Part B: Journal of Engineering Manufacture*, 230(3), 517-533.
- Sourirajan, K., & Uzsoy, R. (2007). Hybrid decomposition heuristics for solving large-scale scheduling problems in semiconductor wafer fabrication. *Journal of Scheduling*, 10(1), 41-65.
- Udaiyakumar, K. C., & Chandrasekaran, M. (2014). Application of firefly algorithm in job shop scheduling problem for minimization of makespan. *Procedia Engineering*, 97, 1798-1807.
- Vidal, C. J., & Goetschalckx, M. (1997). Strategic production-distribution models: A critical review with emphasis on global supply chain models. *European journal of operational research*, 98(1), 1-18.
- Zhang, C. Y., Li, P., Rao, Y., & Guan, Z. (2008). A very fast TS/SA algorithm for the job shop scheduling problem. *Computers & Operations Research*, 35(1), 282-294.

## ANEXOS

### ANEXO 1 PRUEBA DE PRIORIZACIÓN EN EL ENVASADO DE SUSTANCIAS QUÍMICAS

Teniendo en cuenta la ponderación den la Tabla 8 *Ponderación de ventas de referencias*, se procedió a plantear y llevar a cabo una prueba en campo en la cual se estableció que a partir de febrero de 2021 se cambiaría la lógica de priorización que definía el supervisor de forma subjetiva, por una lógica establecida por la ponderación de ventas según la cual debe empezarse por el envasado de la referencia de mayor ponderación, de esta forma se aseguró que primero se llenaría la referencia que tiene mayor demanda.

La definición de cumplimiento que tiene la empresa establece que una orden de producción se cumple si la cantidad producida en esa orden está entre el 98% y 102% del total programado. Se penaliza el indicador de cumplimiento (OTIF) si la cantidad es menor o mayor a la definida. La figura 17 muestra la evolución del indicador de cumplimiento entre julio de 2020 y abril de 2021.

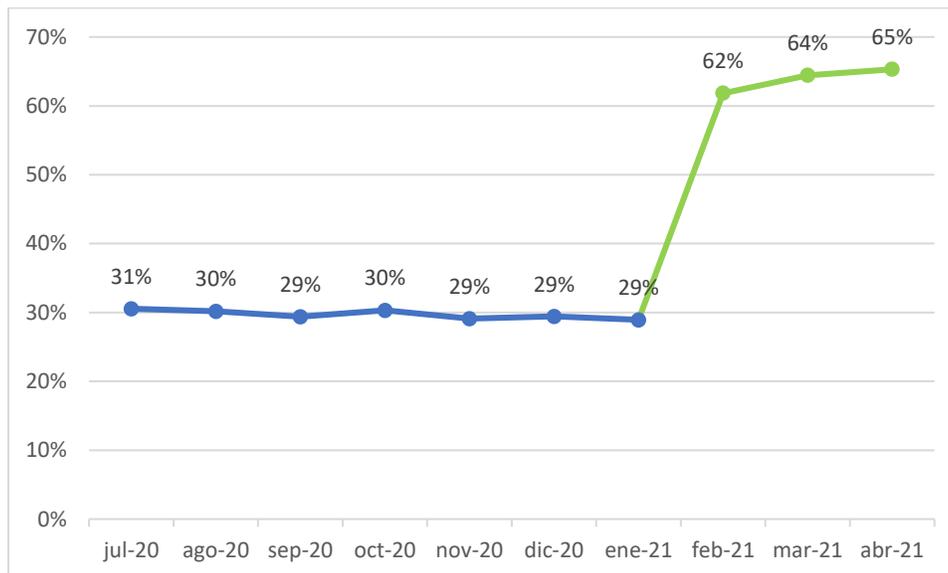


Figura 17 Porcentaje de cumplimiento OTIF Julio-20 a Abril-21. Fuente: Información Brinsa S.A.

## ANEXO 2 EJEMPLO DE USO DEL SISTEMA PROPUESTO

En este anexo, se describe a través de un ejemplo, el desarrollo del método planteado en el sistema diseñado con Visual Basic y macros en Excel®. Se parte de la solicitud que realiza el área de planeación, y contemplando las variables, parámetros y restricciones descritas en la caracterización del proceso se realizan los cálculos necesarios para obtener la programación que define que actividad debe ejecutarse, a que referencia, por cual auxiliar y en qué momento de cada turno. Este ejemplo se basa en la solicitud hecha para el día 21 de septiembre.

El proceso de solicitud que hace el equipo de planeación a la planta de producción de sustancias químicas se puede evidenciar en las figuras 18 y 19, las cuales realizan a diario.

Buen día,

Adjunto la programación del 21 de septiembre

Químicos		martes, 21 de septiembre de 2021	
Código	Descripción	Unidades	Ton
10022204	ACIDO CLORHIDRICO AL 33% TBX55GL	100	24
10028485	HIPOCLORITO IBC	3	3,6
10022302	PISCICLOR GARRAFA X 20 lt	600	14,4
10022308	AGROCLOR GARRAFA X 20 lt	200	4,8
10027198	SODA CAUSTICA 20L	250	7,5
10022280	SODA CAUSTICA IBC	5	6
10024172	LABSA BRENNTAG TAMBOR X 215 Kg	80	17,2

Figura 18 Requerimiento de producción enviado por el área de planeación. Fuente: Correo corporativo Brinsa S.A.

Buen día,

Adjunto relación de despachos en tambores

Fecha despacho	Cantidad	Producto
22-sep	80	HIPOCLORITO - TAMBOR
22-sep	80	LABSA BRENNTAG - TAMBOR

Figura 19 Requerimiento de despachos enviado por el área de planeación. Fuente: Correo corporativo Brinsa S.A.

El planteamiento de solución requiere inicialmente ingresar los datos indicados por planeación en las casillas de requerimientos, estas están parametrizadas para permitir ingresar únicamente

valores iguales o inferiores a las capacidades máximas de producción de cada actividad para cada referencia, con esto se cumple la restricción de no superar las capacidades nominales de cada actividad para cada referencia. La figura 20 muestra el error que aparece en caso de que no se cumpla esta restricción:

ORDEN DE PRODUCCION				Tiempos Estandar por Actividad		Maxima Operación por Actividad	
Referencia solicitada	Requerimiento		Llenar	Alistar	Llenar	Alistar	
	Llenar	Alistar					
Pisciclor	3100		0:00:39	0:00:00	3000	NA	

Figura 20 Error al superar la capacidad nominal en la actividad "llenar" del sujeto Pisciclor. Fuente: Resultados software.

En caso de que en la solicitud de planeación el requerimiento de alguna de las actividades de una referencia supere a la capacidad nominal del proceso, se debe replantear el valor con el equipo de planeación.

Con los datos de la solicitud ingresados y los tiempos estandarizados de ejecución de cada actividad por cada referencia, se calcula el tiempo necesario para cumplir las órdenes de producción (Figura 21), para este caso son 36 horas con 32 segundos.

ORDEN DE PRODUCCION			Tiempos Estandar por Actividad		Maxima Operación por Actividad	
Referencia solicitada	Requerimiento		Llenar	Alistar	Llenar	Alistar
	Llenar	Alistar				
Pisciclor	600		0:00:39	0:00:00	3000	NA
Agroclor	200		0:00:39	0:00:00	3000	NA
Hipo_garrafa			0:00:39	0:00:00	3000	NA
Hipo_bidones			0:03:43	0:01:32	300	300
Hipo_tambor			0:04:08	0:02:02	300	300
Hipo_IBC	3		0:13:28	0:03:26	100	100
HCl_tambor	100	80	0:06:06	0:00:59	300	300
HCl_IBC			0:14:50	0:03:26	100	100
Soda_garrafa	250		0:01:12	0:00:00	1000	NA
Soda_IBC	5		0:14:50	0:03:26	100	100
Labsa_garrafa			0:01:32	0:00:00	1000	NA
Labsa_tambor	80	80	0:05:44	0:00:59	300	300
Labsa_IBC			0:18:56	0:03:26	100	100
Cloruro_bidon			0:04:05	0:05:00	100	100
Duración de orden de producción:			36:00:32			

Figura 21 Cálculo de tiempo por orden de producción. Fuente: Resultados software.

El desarrollo continúa con la definición y evaluación de disponibilidad de recursos (número de auxiliares por turno, hora de inicio o entrada y finalización o salida de cada turno), con esto se calcula la cantidad de horas hombre con que se cuenta para ejecutar las tareas del día utilizando un factor de eficiencia de 99% (Figura 22), para este caso hay 38 horas con 36 min disponibles para cumplir la solicitud de planeación.

HORARIO DE JORNADAS LABORALES			
Jornada	Mañana (A)	Tarde (B)	Noche (C)
# Personal (T)	2	2	2
Hora de Entrada	7:30	15:30	23:30
Hora de Salida	14:00	22:00	6:00
Horas Hombre	13:00	13:00	13:00
	38:36		

Figura 22 Recursos y cálculo de horas hombre. Fuente: Resultados software.

Al comparar la cantidad de horas hombre disponibles y la duración de las actividades según las ordenes de producción, se valida la restricción de disponibilidad de horas-hombre diaria y se define si la orden de producción es factible y aprobada de realizarse o si por el contrario no lo es, en este ejemplo es aprobada por lo tanto sale un aviso como el que se muestra en la figura 23.



Figura 23 Representación de pedido aprobado. Fuente: Resultados software.

Si el pedido no fuera aprobado, ya sea por sobrepasar las horas requeridas frente a las horas hombre o la cantidad de sustancias que se pueden envasar al día, se reflejaría en el programa un anuncio como se muestra en la figura 24.



Figura 24 Representación de pedido no aprobado. Fuente: Resultados software.

Al tener la orden de producción aprobada se da clic sobre el icono “EVALUAR ORDEN DE PRODUCCIÓN”, este desarrolla la lógica de asignación de actividades programada. El sistema organiza las actividades y las referencias con mayor priorización según lo definido en la Tabla 9 “*Priorización por referencia*”. Para el caso en desarrollo, las actividades y referencias priorizados se muestran en la figura 25, donde la mayor prioridad está en la primera fila y la menor prioridad en la última fila.

N	Actividad	Referencia	Cantidad	Duración	Prioridad
			[Und]	Total	
1	Llenar	Pisciclor	600	06:30:00	0,3248
2	Llenar	HCl_tambor	100	10:10:00	0,2623
4	Llenar	Agroclor	200	02:10:00	0,1447
5	Llenar	Labsa_tambor	80	07:39:12	0,1314
6	Llenar	Soda_garrafa	250	05:00:00	0,1024
9	Alistar	HCl_tambor	80	01:18:24	0,0421
12	Alistar	Labsa_tambor	80	01:18:24	0,0224
13	Llenar	Hipo_IBC	3	00:40:23	0,0135
14	Llenar	Soda_IBC	5	01:14:09	0,0119

Figura 25 Actividades y sujetos de proceso priorizados para el caso. Fuente: Resultados software.

Luego de definir la priorización, se da paso a la asignación de auxiliares para cada línea que representa una tarea compuesta por la pareja actividad-referencia, en la figura 16 la primera tarea es “Llenar Pisciclor”. La asignación de los auxiliares se ordena empezando por quien inicia primero labores, pues el sistema permite definir las horas de entrada y salida de cada operador en caso de alguna novedad laboral como permisos, calamidades, entre otras.

La lógica de asignación ubica al auxiliar del primer turno que inicia labores primero (TA - #) en la primera tarea, iniciándola desde que arranca su turno y alargándose hasta cuando la tarea finalice o hasta que concluya el turno. En el primer caso, cuando aún no finaliza el turno, se asigna de nuevo al auxiliar a la siguiente tarea disponible según el orden de priorización, esto se repetirá hasta que todas las horas hombre disponibles de ese auxiliar quedan cubiertas y finalice el turno. En el segundo caso si todas las horas disponibles del auxiliar se gastan sin terminar la primera tarea, esta tarea queda pendiente para continuarse en el siguiente turno. En cualquiera de los dos casos se asegura que se copen todas las horas disponibles de trabajo de cada auxiliar y se cumpla la restricción dada por la ecuación (4).

De forma similar, se asigna al auxiliar del primer turno que inicia labores más tarde (TA - #) en la segunda tarea, iniciándola desde la primera hora de su turno y siguiendo la misma lógica explicada

anteriormente. Esto se repetirá con cada auxiliar que esté en el primer turno. En caso de que todos los auxiliares ingresen al mismo tiempo a labores, la asignación se hará por orden numérico TA - 1, TA - 2, etc.

Si al finalizar el primer turno quedan tareas que no se han cumplido totalmente, estas serán las tareas con las que el grupo de auxiliares del siguiente turno comenzará su jornada. Para este segundo turno se usará la misma lógica de asignación.

Finalmente, para el tercer turno se aplicarán las mismas condiciones de continuidad de tareas y asignación que se utilizan en el segundo turno y se garantiza la finalización de todas las tareas, cumpliendo así con la solicitud de planeación y asegurando la disponibilidad del producto requerido al inicio de la jornada laboral del día siguiente.

El sistema arroja el resultado de la programación de actividades y personal como se muestra en la figura 26:

CRONOGRAMA DEL DIA					RESUMEN DE ACTIVIDADES											
ORDEN DE PRODUCCIÓN					JORNADA MAÑANA				JORNADA TARDE				JORNADA NOCHE			
#	Actividad	Referencia solicitada	Cantidad [Und]	Duración Total	Hora inicio actividad	Hora final actividad	Cantidad	Auxiliar	Hora inicio actividad	Hora final actividad	Cantidad	Auxiliar	Hora inicio actividad	Hora final actividad	Cantidad	Auxiliar
1	Llenar	Pisciclor	600	06:30:00	7:30	14:00	600	TA-1								
2	Llenar	HCl_tambor	100	10:10:00	7:30	14:00	64	TA-2	15:30	19:10	36	TB-1				
3	Llenar	Agroclor	200	02:10:00					15:30	17:40	200	TB-2				
4	Llenar	Labsa_tambor	80	07:39:12					17:40	22:00	45	TB-2	23:30	2:49	35	TC-1
5	Llenar	Soda_garrafa	250	05:00:00					19:10	22:00	142	TB-1	23:30	1:40	108	TC-2
6	Alistar	HCl_tambor	80	01:18:24									1:40	2:58	80	TC-2
7	Alistar	Labsa_tambor	80	01:18:24									2:49	4:07	80	TC-1
8	Llenar	Hipo_IBC	3	00:40:23									2:58	3:38	3	TC-2
9	Llenar	Soda_IBC	5	01:14:09									3:38	4:52	5	TC-2

Figura 26 Programación de actividades y personal. Fuente: Resultados software.

Como se puede observar, dentro de la figura 26 se encuentran los resultados arrojados el sistema para el pedido aprobado del día 21 de septiembre, de los cuales se puede concluir:

- El turno de la mañana inicia a las 7:30 con dos auxiliares, los cuales durante su turno deben envasar 600 unidades de Pisciclor y 64 unidades de HCl\_tambor respectivamente, finalizando a las 14:00 horas.
- Para el turno de la tarde también se dispone de dos auxiliares, quienes inician actividades a las 15:30. El auxiliar 1 (TB-1) de la tarde, primero envasa 36 unidades de pisciclor lo cual le toma 3 horas con 20 minutos, apenas termina esta actividad alcanza a llenar 142 unidades de soda\_garrafa hasta terminar su turno a las 22:00 horas. En el caso del auxiliar 2 (TB-2) de la tarde, alcanza a envasar 200 unidades de agroclor y 45 unidades de LABSA\_tambor hasta el final de su turno.
- Para el turno de la noche el primer auxiliar TC-1 inicia su turno completando el pedido de envasado de LABSA\_tambor envasando y finaliza sus tareas a las 4:07 con el alistamiento de 80 unidades de LABSA\_tambor. Por su parte el segundo auxiliar TC-2 inicia el turno completando el pedido de envasado de soda\_garrafa, continua con el alistamiento de 80 unidades de HCl\_tambor, luego el llenado de 3 unidades de Hipo\_IBC y finaliza el turno a las 4:52 con el llenado de 5 unidades de soda\_IBC.

### ANEXO 3 CUMPLIMIENTO REAL, TEÓRICO PARA EL MES DE DICIEMBRE 2020

Tabla 17 Cumplimiento real, teórico para el mes de diciembre 2020. Fuente: Elaboración propia.

FECHA	Actividad	REFERENCIA	PEDIDO	Real					Teórico Con Sistema					Ganancia	
				Llenados y alistamientos realizados	Tiempo llenado y alistado por referencia (h)	Tiempo total de pedido completo (h)	Cumplimiento por referencia (%)	OTIF	Llenados y alistamiento según software	Tiempo llenado y alistado por referencia (h)	Tiempo total de pedido completo (h)	Cumplimiento teórico	OTIF	Unidades faltantes	Utilidad dejada de recibir
30/11/2020	L	Pisciclor	600	256	3:00:00	11:30:00	42,67%	0	600	06:30:00	18:00:31	100%	1	344	\$ 2,88
	L	Hipo_tambor	80	80	6:00:00		100,00%	1	80	05:31:12		100%	1	0	
	L	Soda_garrafa	250	96	2:30:00		38,40%	0	250	05:00:00		100%	1	154	\$ 4,11
	L	Soda_IBC	4	0	0:00:00		0,00%	0	4	00:59:19		100%	1	4	\$ 3,58
1/12/2020	L	Pisciclor	600	484	9:00:00	20:30:00	80,67%	0	600	06:30:00	17:01:12	100%	1	116	\$ 0,97
	L	Hipo_tambor	80	80	5:30:00		100,00%	1	80	05:31:12		100%	1	0	
	L	Soda_garrafa	250	240	6:00:00		96,00%	0	250	05:00:00		100%	1	10	\$ 0,27
2/12/2020	L	Pisciclor	400	640	6:30:00	18:00:00	160,00%	0	400	04:20:00	20:32:55	100%	1	0	
	L	Agroclor	200	200	3:00:00		100,00%	1	200	02:10:00		100%	1	0	
	L	Hipo_tambor	80	28	2:00:00		35,00%	0	80	05:31:12		100%	1	52	\$ 2,96
	A	Hipo_tambor	40	28	1:00:00		70,00%	0	40	01:21:36		100%	1	12	\$ 0,68
	L	Soda_garrafa	150	64	1:30:00		42,67%	0	150	03:00:00		100%	1	86	\$ 2,29
	A	HCl_tambor	120	88	2:00:00		73,33%	0	120	01:57:36		100%	1	32	\$ 0,83
3/12/2020	L	Labsa_IBC	7	4	2:00:00	19:00:00	57,14%	0	7	02:12:31	15:51:26	100%	1	3	\$ 3,96
	L	Pisciclor	300	420	6:30:00		140,00%	0	300	03:15:00		100%	1	0	
	L	Agroclor	200	300	4:30:00		150,00%	0	200	02:10:00		100%	1	0	
	L	Hipo_tambor	80	0	0:00:00		0,00%	0	80	05:31:12		100%	1	80	\$ 4,56
	A	Hipo_tambor	40	36	1:00:00		90,00%	0	40	01:21:36		100%	1	4	\$ 0,23
	L	Hipo_IBC	2	0	0:00:00		0,00%	0	2	00:26:55		100%	1	2	\$ 1,24
	A	Hipo_IBC	3	3	0:30:00		100,00%	1	3	00:10:19		100%	1	0	
4/12/2020	L	Soda_garrafa	147	333	6:30:00	19:00:00	226,53%	0	147	02:56:24	14:14:59	100%	1	0	
	L	Pisciclor	400	0	0:00:00		0,00%	0	400	04:20:00		100%	1	400	\$ 3,34
	L	Agroclor	500	468	9:30:00		93,60%	0	500	05:25:00		100%	1	32	\$ 0,18
	L	Hipo_tambor	12	48	4:00:00		400,00%	0	12	00:49:41		100%	1	0	
	A	Hipo_tambor	40	36	1:30:00		90,00%	0	40	01:21:36		100%	1	4	\$ 0,23
	A	HCl_tambor	40	36	1:00:00		90,00%	0	40	00:39:12		100%	1	4	\$ 0,10
	A	Soda_IBC	3	3	1:00:00		100,00%	1	3	00:10:19		100%	1	0	
	L	Labsa_IBC	4	3	1:30:00		75,00%	0	4	01:15:43		100%	1	1	\$ 1,32
5/12/2020	L	Hipo_IBC	1	0	0:30:00	43:00:00	0,00%	0	1	00:13:28	43:53:35	100%	1	1	\$ 0,62
	L	Pisciclor	200	700	12:00:00		350,00%	0	200	02:10:00		100%	1	0	
	L	Agroclor	200	132	2:00:00		66,00%	0	200	02:10:00		100%	1	68	\$ 0,39
	L	Hipo_garrafa	16	16	0:30:00		100,00%	1	0	00:10:24		0%	0	0	
	L	Hipo_tambor	40	156	3:00:00		390,00%	0	40	02:45:36		100%	1	0	
	A	Hipo_tambor	120	104	4:00:00		86,67%	0	120	04:04:48		100%	1	16	\$ 0,91
	L	HCl_tambor	40	40	4:00:00		100,00%	1	40	04:04:00		100%	1	0	
	A	HCl_tambor	80	80	3:00:00		100,00%	1	0	01:18:24		0%	0	0	
	L	Soda_IBC	4	0	1:00:00		0,00%	0	0	00:59:19		0%	0	4	\$ 3,58
	L	Labsa_garrafa	400	400	6:00:00		100,00%	1	376	10:12:00		94%	0	0	

Diseño de un sistema de apoyo para la programación de operaciones de envasado de sustancias químicas. Caso de estudio en Brinsa S.A.  
LUIS DAVID FAJARDO CELY

	L	Labsa_tambor	144	64	6:00:00		44,44%	0	144	13:46:34		100%	1	80	\$	37,57
	L	Labsa_IBC	7	7	1:30:00		100,00%	1	0	02:12:31		0%	0	0		
8/12/2020	L	Hipo_tambor	80	60	5:00:00		75,00%	0	80	05:31:12		100%	1	20	\$	1,14
	A	Hipo_tambor	40	14	0:30:00		35,00%	0	40	01:21:36		100%	1	26	\$	1,48
	L	Hipo_IBC	2	0	0:00:00	111:00:00	0,00%	0	2	00:26:55	17:51:14	100%	1	2	\$	1,24
	A	Labsa_IBC	8	8	1:00:00		100,00%	1	8	00:27:31		100%	1	0		
	L	HCl_tambor	40	40	96:00:00		100,00%	1	40	04:04:00		100%	1	0		
	L	Soda_garrafa	300	300	8:30:00		100,00%	1	300	06:00:00		100%	1	0		
9/12/2020	L	Hipo_tambor	40	60	5:00:00		150,00%	0	40	02:45:36		100%	1	0		
	A	Hipo_tambor	160	164	7:30:00		102,50%	0	160	05:26:24		100%	1	0		
	A	Hipo_IBC	4	4	1:00:00		100,00%	1	4	00:13:46		100%	1	0		
	A	Labsa_tambor	80	80	3:00:00	22:00:00	100,00%	1	80	01:18:24	27:09:44	100%	1	0		
	A	Labsa_IBC	7	7	1:00:00		100,00%	1	7	00:24:05		100%	1	0		
	L	HCl_tambor	60	32	2:00:00		53,33%	0	60	06:06:00		100%	1	28	\$	0,73
	L	Soda_garrafa	100	0	2:30:00		0,00%	0	100	02:00:00		100%	1	100	\$	2,67
	L	Labsa_garrafa	350	0	0:00:00		0,00%	0	350	08:55:30		100%	1	350	\$	12,04
10/12/2020	L	Pisciclor	1000	576	9:00:00		57,60%	0	1000	10:50:00		100%	1	424	\$	3,55
	L	Agroclor	600	288	4:00:00		48,00%	0	600	06:30:00		100%	1	312	\$	1,77
	A	Hipo_IBC	6	6	1:30:00		100,00%	1	6	00:20:38		100%	1	0		
	A	Labsa_IBC	3	3	1:00:00	17:30:00	100,00%	1	3	00:10:19	23:35:46	100%	1	0		
	A	Labsa_tambor	80	76	2:00:00		95,00%	0	80	01:18:24		100%	1	4	\$	1,88
	L	Hipo_tambor	20	0	0:00:00		0,00%	0	20	01:22:48		100%	1	20	\$	1,14
	L	Soda_garrafa	153	0	0:00:00		0,00%	0	153	03:03:36		100%	1	153	\$	4,08
11/12/2020	L	Pisciclor	1000	64	1:00:00		6,40%	0	1000	10:50:00		100%	1	936	\$	7,83
	L	Agroclor	300	612	7:00:00		204,00%	0	300	03:15:00		100%	1	0		
	L	Hipo_tambor	40	40	4:30:00	14:00:00	100,00%	1	40	02:45:36	23:37:48	100%	1	0		
	A	Hipo_tambor	80	72	1:30:00		90,00%	0	80	02:43:12		100%	1	8	\$	0,46
	L	HCl_tambor	40	0	0:00:00		0,00%	0	40	04:04:00		100%	1	40	\$	1,04
12/12/2020	L	Pisciclor	1400	2248	29:00:00		160,57%	0	1400	15:10:00		100%	1	0		
	L	Agroclor	300	300	4:00:00		100,00%	1	300	03:15:00		100%	1	0		
	L	Hipo_tambor	80	80	5:30:00		100,00%	1	80	05:31:12		100%	1	0		
	A	Hipo_tambor	80	49	1:30:00	53:30:00	61,25%	0	78	02:43:12	41:21:34	98%	0	31	\$	1,77
	L	HCl_tambor	88	80	6:00:00		90,91%	0	88	08:56:48		100%	1	8	\$	0,21
	L	Soda_garrafa	153	153	5:00:00		100,00%	1	153	03:03:36		100%	1	0		
	A	Soda_IBC	3	3	0:30:00		100,00%	1	0	00:10:19		0%	0	0		
L	Labsa_IBC	8	8	2:00:00		100,00%	1	0	02:31:26		0%	0	0			
15/12/2020	L	Pisciclor	400	740	11:00:00		185,00%	0	400	04:20:00		100%	1	0		
	L	Agroclor	300	0	0:00:00		0,00%	0	300	03:15:00		100%	1	300	\$	1,70
	L	Hipo_bidones	128	56	2:00:00		43,75%	0	128	07:56:10		100%	1	72	\$	0,31
	L	Hipo_IBC	2	1	0:30:00	19:30:00	50,00%	0	2	00:26:55	20:31:14	100%	1	1	\$	0,62
	A	Hipo_tambor	8	8	0:30:00		100,00%	1	8	00:16:19		100%	1	0		
	L	HCl_tambor	20	0	0:00:00		0,00%	0	20	02:02:00		100%	1	20	\$	0,52
	L	Soda_garrafa	100	130	4:30:00		130,00%	0	100	02:00:00		100%	1	0		
L	Soda_IBC	1	2	1:00:00		200,00%	0	1	00:14:50		100%	1	0			
16/12/2020	L	Pisciclor	500	480	7:00:00		96,00%	0	500	05:25:00		100%	1	20	\$	0,17
	L	Agroclor	500	612	8:00:00		122,40%	0	500	05:25:00		100%	1	0		
	L	Hipo_tambor	80	68	6:30:00	22:30:00	85,00%	0	80	05:31:12	19:01:56	100%	1	12	\$	0,68
	A	Hipo_tambor	40	22	1:00:00		55,00%	0	40	01:21:36		100%	1	18	\$	1,03
	L	Hipo_IBC	1	0	0:00:00		0,00%	0	1	00:13:28		100%	1	1	\$	0,62
	L	HCl_IBC	1	0	0:00:00		0,00%	0	1	00:14:50		100%	1	1	\$	0,49

	L	Soda_garrafa	30	0	0:00:00		0,00%	0	30	00:36:00		100%	1	30	\$	0,80
	L	Soda_IBC	1	0	0:00:00		0,00%	0	1	00:14:50		100%	1	1	\$	0,90
17/12/2020	L	Pisciclor	700	704	8:00:00		100,57%	1	700	07:35:00		100%	1	0		
	L	Hipo_garrafa	150	150	1:00:00		100,00%	1	150	01:37:30		100%	1	0		
	L	Hipo_tambor	40	64	4:30:00		160,00%	0	40	02:45:36		100%	1	0		
	A	Hipo_tambor	40	68	2:00:00		170,00%	0	40	01:21:36		100%	1	0		
	L	Hipo_IBC	1	1	0:30:00		100,00%	1	1	00:13:28		100%	1	0		
	A	Hipo_bidones	128	128	6:00:00	34:30:00	100,00%	1	128	03:17:07	25:25:34	100%	1	0		
	L	HCl_tambor	20	116	8:00:00		580,00%	0	20	02:02:00		100%	1	0		
	A	HCl_tambor	80	80	2:00:00		100,00%	1	80	01:18:24		100%	1	0		
	L	Soda_IBC	1	3	1:30:00		300,00%	0	1	00:14:50		100%	1	0		
	L	Labsa_garrafa	150	0	0:00:00		0,00%	0	150	03:49:30		100%	1	150	\$	5,16
	A	Labsa_IBC	4	4	1:00:00		100,00%	1	4	00:13:46		100%	1	0		
L	Labsa_IBC	3	0	0:00:00		0,00%	0	3	00:56:47		100%	1	3	\$	3,96	
18/12/2020	L	Pisciclor	1500	992	13:30:00		66,13%	0	1500	16:15:00		100%	1	508	\$	4,25
	L	Agroclor	86	0	0:00:00		0,00%	0	86	00:55:54		100%	1	86	\$	0,49
	L	Hipo_tambor	24	12	1:00:00	18:30:00	50,00%	0	24	01:39:22	25:10:29	100%	1	12	\$	0,68
	A	Hipo_tambor	80	68	3:00:00		85,00%	0	80	02:43:12		100%	1	12	\$	0,68
	A	Hipo_bidones	64	12	1:00:00		18,75%	0	64	01:38:34		100%	1	52	\$	0,22
	L	Soda_garrafa	74	0	0:00:00		0,00%	0	74	01:28:48		100%	1	74	\$	1,97
L	Soda_IBC	2	0	0:00:00		0,00%	0	2	00:29:40		100%	1	2	\$	1,79	
19/12/2020	L	Pisciclor	900	1532	18:00:00		170,22%	0	900	09:45:00		100%	1	0		
	L	Agroclor	700	700	7:00:00		100,00%	1	700	07:35:00		100%	1	0		
	L	Hipo_tambor	124	124	7:30:00		100,00%	1	124	08:33:22		100%	1	0		
	L	Hipo_IBC	2	0	0:25:00		0,00%	0	0	00:26:55		0%	0	2	\$	1,24
	L	HCl_IBC	1	1	0:30:00		100,00%	1	0	00:14:50		0%	0	0		
	A	HCl_IBC	1	1	0:30:00	36:25:00	100,00%	1	0	00:03:26	45:22:58	0%	0	0		
	L	Soda_garrafa	30	24	1:00:00		80,00%	0	30	00:36:00		100%	1	6	\$	0,16
	A	Soda_IBC	2	2	0:30:00		100,00%	1	0	00:06:53		0%	0	0		
	L	Labsa_garrafa	400	0	0:00:00		0,00%	0	175	10:12:00		44%	0	400	\$	13,76
A	Labsa_IBC	3	3	1:00:00		100,00%	1	0	00:10:19		0%	0	0			
L	Labsa_tambor	80	0	0:00:00		0,00%	0	80	07:39:12		100%	1	80	\$	37,57	
22/12/2020	L	Agroclor	300	0	0:00:00		0,00%	0	300	03:15:00		100%	1	300	\$	1,70
	L	HCl_IBC	1	0	0:00:00		0,00%	0	1	00:14:50		100%	1	1	\$	0,49
	A	HCl_tambor	80	72	4:00:00	12:00:00	90,00%	0	80	01:18:24	28:19:36	100%	1	8	\$	0,21
	L	Labsa_garrafa	400	0	0:00:00		0,00%	0	400	10:12:00		100%	1	400	\$	13,76
	A	Hipo_tambor	160	158	7:00:00		98,75%	1	160	05:26:24		100%	1	2	\$	0,11
	A	Labsa_IBC	4	4	1:00:00		100,00%	1	4	00:13:46		100%	1	0		
L	Labsa_tambor	80	0	0:00:00		0,00%	0	80	07:39:12		100%	1	80	\$	37,57	
23/12/2020	L	Pisciclor	500	178	2:00:00		35,60%	0	500	05:25:00		100%	1	322	\$	2,69
	L	Agroclor	500	672	9:00:00		134,40%	0	500	05:25:00		100%	1	0		
	A	HCl_IBC	1	1	1:00:00	15:30:00	100,00%	1	1	00:03:26	12:26:40	100%	1	0		
	A	Labsa_tambor	80	80	3:30:00		100,00%	1	80	01:18:24		100%	1	0		
	L	Soda_IBC	1	0	0:00:00		0,00%	0	1	00:14:50		100%	1	1	\$	0,90
24/12/2020	L	Pisciclor	400	420	5:00:00		105,00%	0	400	04:20:00		100%	1	0		
	L	Agroclor	500	605	6:30:00	20:00:00	121,00%	0	500	05:25:00	15:16:12	100%	1	0		
	L	Hipo_tambor	80	100	8:30:00		125,00%	0	80	05:31:12		100%	1	0		
25/12/2020	L	Pisciclor	300	280	3:30:00	11:00:00	93,33%	0	300	03:15:00	35:25:11	100%	1	20	\$	0,17
	L	Agroclor	300	0	0:00:00		0,00%	0	300	03:15:00		100%	1	300	\$	1,70

	L	Hipo_tambor	100	0	0:00:00		0,00%	0	100	06:54:00		100%	1	100	\$ 5,70
	L	HCl_tambor	44	0	0:00:00		0,00%	0	44	04:28:24		100%	1	44	\$ 1,14
	L	Soda_garrafa	400	0	0:00:00		0,00%	0	400	08:00:00		100%	1	400	\$ 10,67
	L	Labsa_tambor	80	80	6:00:00		100,00%	1	80	07:39:12		100%	1	0	
	L	Labsa_IBC	6	6	1:30:00		100,00%	1	6	01:53:35		100%	1	0	
26/12/2020	L	Pisciclor	300	0	0:00:00		0,00%	0	300	03:15:00		100%	1	300	\$ 2,51
	L	Agroclor	300	23	0:30:00		7,67%	0	300	03:15:00		100%	1	277	\$ 1,57
	A	Hipo_tambor	40	36	2:00:00		90,00%	0	40	01:21:36		100%	1	4	\$ 0,23
	L	Soda_garrafa	400	426	9:00:00	12:30:00	106,50%	0	400	08:00:00	25:38:08	100%	1	0	
	A	Soda_IBC	4	4	1:00:00		100,00%	1	4	00:13:46		100%	1	0	
	L	Labsa_tambor	80	0	0:00:00		0,00%	0	80	07:39:12		100%	1	80	\$ 37,57
	L	Labsa_IBC	6	0	0:00:00		0,00%	0	6	01:53:35		100%	1	6	\$ 7,91
29/12/2020	L	Soda_garrafa	200	180	6:00:00	12:00:00	90,00%	0	200	04:00:00		100%	1	20	\$ 0,53
	L	Labsa_tambor	66	68	6:00:00		103,03%	0	66	06:18:50	10:18:50	100%	1	0	
30/12/2020	L	Pisciclor	200	200	4:00:00		100,00%	1	200	02:10:00		100%	1	0	
	L	HCl_tambor	20	40	3:00:00	16:30:00	200,00%	0	20	02:02:00		100%	1	0	
	L	Soda_garrafa	200	160	7:00:00		80,00%	0	200	04:00:00	14:03:54	100%	1	40	\$ 1,07
	L	Labsa_garrafa	230	120	2:30:00		52,17%	0	230	05:51:54		100%	1	110	\$ 3,78

### ANEXO 4 CUMPLIMIENTO REAL, TEÓRICO PARA EL MES DE ENERO 2021

Tabla 18 Cumplimiento real, teórico para el mes de enero 2021. Fuente: Elaboración propia.

FECHA	Actividad	REFERENCIA	PEDIDO	Real					Teórico con sistema					Ganancia	
				Llenados y alistamientos realizados	Tiempo llenado y alistado por referencia (h)	Tiempo total de pedido completo (h)	Cumplimiento por referencia (%)	OTIF	Llenados y alistamiento según software	Tiempo llenado y alistado por referencia (h)	Tiempo total de pedido completo (h)	Cumplimiento teórico	OTIF	Unidades faltantes	Utilidad dejada de recibir
2020-12-30 al 01	L	Pisciclor	700	1374	22:00:00		196,3%	0	700	07:35:00		100%	1	0	
	L	Hipo_tambor	40	80	6:00:00		200,0%	0	40	02:45:36		100%	1	0	
	L	HCl_tambor	108	148	12:00:00	55:30:00	137,0%	0	108	10:58:48	39:56:07	100%	1	0	
	L	Soda_garrafa	336	366	10:00:00		108,9%	0	336	06:43:12		100%	1	0	
	L	Labsa_garrafa	230	120	2:30:00		52,2%	0	178	05:51:54		77%	0	110	\$ 3,78
	L	Labsa_tambor	63	63	3:00:00		100,0%	1	63	06:01:37		100%	1	0	
2021-01-02 al 04	L	Hipo_tambor	40	0	0:00:00		0,0%	0	40	02:45:36		100%	1	40	\$ 2,28
	L	Hipo_IBC	4	0	0:00:00		0,0%	0	4	00:53:50		100%	1	4	\$ 2,48
	L	Pisciclor	1100	426	5:30:00	05:30:00	38,7%	0	1100	11:55:00	20:44:06	100%	1	674	\$ 5,64
	L	HCl_tambor	40	0	0:00:00		0,0%	0	40	04:04:00		100%	1	40	\$ 1,04
	L	Soda_garrafa	30	0	0:00:00		0,0%	0	30	00:36:00		100%	1	30	\$ 0,80
	L	Soda_IBC	2	0	0:00:00		0,0%	0	2	00:29:40		100%	1	2	\$ 1,79
6/1/2021	L	Hipo_IBC	4	1	0:30:00		25,0%	0	4	00:53:50		100%	1	3	\$ 1,86
	A	HCl_tambor	80	80	0:00:00	03:00:00	100,0%	1	80	01:18:24	10:20:14	100%	1	0	
	L	HCl_tambor	80	40	2:30:00		50,0%	0	80	08:08:00		100%	1	40	\$ 1,04
8/1/2021	L	Labsa_IBC	9	0	0:00:00	00:00:00	0,0%	0	9	02:50:22	03:01:51	100%	1	9	\$ 11,87
	L	Labsa_tambor	2	0	0:00:00		0,0%	0	2	00:11:29		100%	1	2	\$ 0,94
9/1/2021	L	HCl_tambor	80	80	7:30:00		100,0%	1	80	08:08:00		100%	1	0	
	A	Labsa_IBC	6	6	0:00:00	07:30:00	100,0%	1	6	00:20:38	11:15:06	100%	1	0	
	L	Labsa_tambor	29	0	0:00:00		0,0%	0	29	02:46:28		100%	1	29	\$ 13,62
12/1/2021	L	Pisciclor	300	0	0:00:00		0,0%	0	300	03:15:00		100%	1	300	\$ 2,51
	A	Labsa_tambor	80	80	0:00:00	00:00:00	100,0%	1	80	01:18:24	07:19:00	100%	1	0	
	L	Hipo_tambor	40	0	0:00:00		0,0%	0	40	02:45:36		100%	1	40	\$ 2,28
13/1/2021	L	Hipo_IBC	2	0	0:00:00		0,0%	0	2	00:26:55		100%	1	2	\$ 1,24
	A	Hipo_IBC	3	3	0:00:00		100,0%	1	3	00:10:19		100%	1	0	
	L	Soda_IBC	4	2	1:00:00	04:00:00	50,0%	0	4	00:59:19	09:26:05	100%	1	2	\$ 1,79
	A	Soda_IBC	3	3	0:00:00		100,0%	1	3	00:10:19		100%	1	0	
	L	Labsa_tambor	80	32	3:00:00		40,0%	0	80	07:39:12		100%	1	48	\$ 22,54
14/1/2021	L	Pisciclor	1000	392	6:00:00		39,2%	0	1000	10:50:00		100%	1	608	\$ 5,08
	A	Hipo_IBC	3	3	0:00:00		100,0%	1	3	00:10:19		100%	1	0	
	L	HCl_tambor	40	0	0:00:00		0,0%	0	40	04:04:00		100%	1	40	\$ 1,04
	A	HCl_tambor	80	80	0:00:00	06:00:00	100,0%	1	80	01:18:24	18:17:15	100%	1	0	
	A	Labsa_tambor	80	80	0:00:00		100,0%	1	80	01:18:24		100%	1	0	
	A	Labsa_IBC	5	5	0:00:00		100,0%	1	5	00:17:12		100%	1	0	

	L	Labsa IBC	1	0	0:00:00		0,0%	0	1	00:18:56		100%	1	1	\$	1,32
15/1/2021	L	Agroclor	793	0	0:00:00		0,0%	0	793	08:35:27		100%	1	793	\$	4,49
	L	HCl_IBC	2	2	1:00:00		100,0%	1	2	00:29:41		100%	1	0		
	A	HCl_IBC	2	2	0:00:00	07:30:00	100,0%	1	2	00:06:53	25:06:53	100%	1	0		
	L	Soda_garrafa	280	0	0:00:00		0,0%	0	280	05:36:00		100%	1	280	\$	7,47
	A	Soda_IBC	2	2	0:00:00		100,0%	1	2	00:06:53		100%	1	0		
	L	Labsa_garrafa	400	400	6:30:00		100,0%	1	400	10:12:00		100%	1	0		
16/1/2021	L	Pisciclor	500	1340	17:00:00		268,0%	0	500	05:25:00		100%	1	0		
	L	Agroclor	200	993	13:30:00		496,5%	0	200	02:10:00		100%	1	0		
	L	Hipo_tambor	160	160	10:30:00		100,0%	1	160	11:02:24		100%	1	0		
	A	Hipo_tambor	40	36	0:00:00	55:00:00	90,0%	0	40	01:21:36	32:22:35	100%	1	4	\$	0,23
	L	Hipo_IBC	3	0	0:00:00		0,0%	0	3	00:40:23		100%	1	3	\$	1,86
	L	HCl_tambor	40	80	7:00:00		200,0%	0	40	04:04:00		100%	1	0		
L	Labsa_tambor	80	80	7:00:00		100,0%	1	80	07:39:12		100%	1	0			
19/1/2021	L	Agroclor	500	127	2:30:00		25,4%	0	500	05:25:00		100%	1	373	\$	2,11
	L	Hipo_tambor	40	52	4:30:00	12:30:00	130,0%	0	40	02:45:36	17:20:36	100%	1	0		
	L	HCl_tambor	40	0	0:00:00		0,0%	0	40	04:04:00		100%	1	40	\$	1,04
	L	Labsa_garrafa	200	240	5:30:00		120,0%	0	200	05:06:00		100%	1	0		
20/1/2021	L	Pisciclor	255	0	0:00:00		0,0%	0	255	02:45:45		100%	1	255	\$	2,13
	L	Hipo_tambor	40	28	2:00:00		70,0%	0	40	02:45:36		100%	1	12	\$	0,68
	A	Hipo_tambor	120	104	0:00:00		86,7%	0	120	04:04:48		100%	1	16	\$	0,91
	A	Hipo_IBC	4	3	0:00:00	09:00:00	75,0%	0	4	00:13:46	23:27:53	100%	1	1	\$	0,62
	L	HCl_tambor	24	24	1:30:00		100,0%	1	24	02:26:24		100%	1	0		
	L	Soda_garrafa	210	100	3:00:00		47,6%	0	210	04:12:00		100%	1	110	\$	2,93
	L	Labsa_garrafa	200	160	2:30:00		80,0%	0	200	05:06:00		100%	1	40	\$	1,38
	L	Labsa_IBC	6	0	0:00:00		0,0%	0	6	01:53:35		100%	1	6	\$	7,91
21/1/2021	L	Hipo_tambor	80	52	4:00:00		65,0%	0	80	05:31:12		100%	1	28	\$	1,60
	L	HCl_tambor	20	60	6:00:00		300,0%	0	20	02:02:00		100%	1	0		
	A	HCl_tambor	80	80	0:00:00	12:00:00	100,0%	1	80	01:18:24	17:18:48	100%	1	0		
	L	Soda_garrafa	40	78	2:00:00		195,0%	0	40	00:48:00		100%	1	0		
	L	Labsa_tambor	80	0	0:00:00		0,0%	0	80	07:39:12		100%	1	80	\$	37,57
22/1/2021	L	Agroclor	700	768	9:00:00		109,7%	0	700	07:35:00		100%	1	0		
	L	Hipo_tambor	52	0	0:00:00		0,0%	0	52	03:35:17		100%	1	52	\$	2,96
	A	Hipo_tambor	40	32	0:00:00		80,0%	0	40	01:21:36		100%	1	8	\$	0,46
	A	Hipo_IBC	4	3	0:00:00	12:00:00	75,0%	0	4	00:13:46	21:56:00	100%	1	1	\$	0,62
	A	Labsa_tambor	80	80	0:00:00		100,0%	1	80	01:18:24		100%	1	0		
	L	Labsa_garrafa	92	92	3:00:00		100,0%	1	92	02:20:46		100%	1	0		
L	Hipo_tambor	80	0	0:00:00		0,0%	0	80	05:31:12		100%	1	80	\$	4,56	
23/1/2021	L	Agroclor	760	1000	14:30:00		131,6%	0	760	08:14:00		100%	1	0		
	A	Hipo_tambor	120	100	0:00:00		83,3%	0	120	04:04:48		100%	1	20	\$	1,14
	A	Labsa_IBC	6	6	0:00:00		100,0%	1	0	00:20:38		0%	0	0		
	L	Soda_garrafa	330	370	7:00:00	27:30:00	112,1%	0	330	06:36:00	43:29:08	100%	1	0		
	L	Labsa_garrafa	100	0	0:00:00		0,0%	0	100	02:33:00		100%	1	100	\$	3,44
	L	Labsa_garrafa	550	0	0:00:00		0,0%	0	372	14:01:30		68%	0	550	\$	18,92
L	Labsa_tambor	80	80	6:00:00		100,0%	1	80	07:39:12		100%	1	0			
26/1/2021	L	Pisciclor	600	300	3:00:00		50,0%	0	600	06:30:00		100%	1	300	\$	2,51
	A	Hipo_tambor	40	36	0:00:00	04:00:00	90,0%	0	40	01:21:36	12:48:55	100%	1	4	\$	0,23
	A	Hipo_IBC	16	16	0:00:00		100,0%	1	16	00:55:02		100%	1	0		
	L	Hipo_IBC	18	2	1:00:00		11,1%	0	18	04:02:17		100%	1	16	\$	9,92

27/1/2021	L	Pisciclor	300	300	3:00:00		100,0%	1	300	03:15:00		100%	1	0	
	A	Hipo_tambor	80	60	0:00:00		75,0%	0	80	02:43:12		100%	1	20	\$ 1,14
	A	Hipo_IBC	2	2	0:00:00		100,0%	1	2	00:06:53		100%	1	0	
	L	HCl_tambor	120	92	8:30:00	12:30:00	76,7%	0	120	12:12:00	19:32:08	100%	1	28	\$ 0,73
	A	Soda_IBC	1	1	0:00:00		100,0%	1	1	00:03:26		100%	1	0	
	L	Soda_IBC	1	0	0:00:00		0,0%	0	1	00:14:50		100%	1	1	\$ 0,90
	L	Labsa_IBC	3	3	1:00:00		100,0%	1	3	00:56:47		100%	1	0	
28/1/2021	L	Pisciclor	300	300	5:30:00		100,0%	1	300	03:15:00		100%	1	0	
	L	Hipo_IBC	2	0	0:00:00		0,0%	0	2	00:26:55		100%	1	2	\$ 1,24
	L	HCl_tambor	80	88	8:30:00	15:30:00	110,0%	0	80	08:08:00	21:45:16	100%	1	0	
	L	Labsa_garrafa	352	74	1:30:00		21,0%	0	352	08:58:34		100%	1	278	\$ 9,57
L	Labsa_IBC	3	0	0:00:00		0,0%	0	3	00:56:47		100%	1	3	\$ 3,96	
29/1/2021	L	Pisciclor	700	400	4:00:00		57,1%	0	700	07:35:00		100%	1	300	\$ 2,51
	L	Hipo_tambor	80	0	0:00:00		0,0%	0	80	05:31:12		100%	1	80	\$ 4,56
	A	Hipo_tambor	2	2	0:00:00		100,0%	1	2	00:04:05		100%	1	0	
	L	Hipo_IBC	1	0	0:00:00	04:30:00	0,0%	0	1	00:13:28	19:03:04	100%	1	1	\$ 0,62
	L	HCl_tambor	40	0	0:00:00		0,0%	0	40	04:04:00		100%	1	40	\$ 1,04
	L	HCl_IBC	1	0	0:00:00		0,0%	0	1	00:14:50		100%	1	1	\$ 0,49
	L	Soda_garrafa	30	0	0:00:00		0,0%	0	30	00:36:00		100%	1	30	\$ 0,80
L	Soda_IBC	3	2	0:30:00		66,7%	0	3	00:44:29		100%	1	1	\$ 0,90	
31/1/2021	L	Pisciclor	1000	712	9:00:00		71,2%	0	1000	10:50:00		100%	1	288	\$ 2,41
	L	Agroclor	900	901	11:00:00		100,1%	1	900	09:45:00		100%	1	0	
	L	HCl_tambor	80	72	6:30:00	33:30:00	90,0%	0	80	08:08:00	39:22:12	100%	1	8	\$ 0,21
	L	Soda_garrafa	150	0	0:00:00		0,0%	0	111	03:00:00		74%	0	150	\$ 4,00
	L	Labsa_tambor	80	84	7:00:00		105,0%	0	80	07:39:12		100%	1	0	

## ANEXO 5 CUMPLIMIENTO REAL, TEÓRICO PARA EL MES DE FEBRERO 2021

Tabla 19 Cumplimiento real, teórico para el mes de febrero 2021. Fuente: Elaboración propia.

FECHA	Actividad	REFERENCIA	PEDIDO	Real					Teórico con sistema					Ganancia	
				Llenados y alistamientos realizados	Tiempo llenado y alistado por referencia (h)	Tiempo total de pedido completo (h)	Cumplimiento por referencia (%)	OTIF	Llenados y alistamiento según software	Tiempo llenado y alistado por referencia (h)	Tiempo total de pedido completo (h)	Cumplimiento teorico	OTIF	Unidades faltantes	Utilidad dejada de recibir
2/2/2021	L	Pisciclor	200	200	5:00:00	18:00:00	100%	1	200	02:10:00	18:37:35	100%	1	0	
	L	Hipo_IBC	3	3	2:00:00		100%	1	3	00:40:23		100%	1	0	
	L	HCl_tambor	80	56	5:00:00		70%	0	80	08:08:00		100%	1	24	\$ 0,62
	L	Labsa tambor	80	76	6:00:00		95%	0	80	07:39:12		100%	1	4	\$ 1,88
3/2/2021	L	Pisciclor	400	600	5:00:00	20:30:00	150%	0	400	04:20:00	18:57:29	100%	1	0	
	L	Agroclor	200	200	2:00:00		100%	1	200	02:10:00		100%	1	0	
	L	Hipo_tambor	40	40	2:00:00		100%	1	40	02:45:36		100%	1	0	
	A	Hipo_tambor	120	100	3:00:00		83%	0	120	04:04:48		100%	1	20	\$ 1,14
	L	Hipo_IBC	4	4	2:00:00		100%	1	4	00:53:50		100%	1	0	
	L	HCl_tambor	44	96	6:00:00		218%	0	44	04:28:24		100%	1	0	
4/2/2021	L	HCl_IBC	1	1	0:30:00	19:30:00	100%	1	1	00:14:50	16:36:56	100%	1	0	
	L	Hipo_tambor	12	12	1:00:00		100%	1	12	00:49:41		100%	1	0	
	L	HCl_tambor	40	52	4:30:00		130%	0	40	04:04:00		100%	1	0	
	A	HCl_tambor	240	240	5:00:00		100%	1	240	03:55:12		100%	1	0	
	A	Labsa_tambor	80	80	2:00:00		100%	1	80	01:18:24		100%	1	0	
	L	Soda_garrafa	300	300	6:00:00		100%	1	300	06:00:00		100%	1	0	
5/2/2021	L	Soda_IBC	2	2	1:00:00	26:00:00	100%	1	2	00:29:40	22:57:29	100%	1	0	
	L	Pisciclor	900	900	12:30:00		100%	1	900	09:45:00		100%	1	0	
	A	Labsa_IBC	6	6	1:00:00		100%	1	6	00:20:38		100%	1	0	
	L	Hipo_tambor	12	12	1:00:00		100%	1	12	00:49:41		100%	1	0	
	A	Hipo_tambor	40	36	1:00:00		90%	0	40	01:21:36		100%	1	4	\$ 0,23
	L	HCl_tambor	80	80	6:30:00		100%	1	80	08:08:00		100%	1	0	
6/2/2021	A	HCl_tambor	80	80	2:00:00	32:30:00	100%	1	80	01:18:24	33:26:29	100%	1	0	
	L	HCl_IBC	1	1	1:00:00		100%	1	1	00:14:50		100%	1	0	
	L	Soda_IBC	4	4	1:00:00		100%	1	4	00:59:19		100%	1	0	
	L	Pisciclor	1300	1100	12:30:00		85%	0	1300	14:05:00		100%	1	200	\$ 1,67
	L	Hipo_garrafa	150	150	2:30:00		100%	1	150	01:37:30		100%	1	0	
	L	Hipo_tambor	40	40	3:30:00		100%	1	40	02:45:36		100%	1	0	
	A	Hipo_tambor	40	40	2:00:00		100%	1	40	01:21:36		100%	1	0	
L	HCl_tambor	84	84	7:00:00	100%	1	84	08:32:24	100%	1	0				
	L	Soda_garrafa	159	159	3:00:00		100%	1	159	03:10:48		100%	1	0	
	L	Labsa_IBC	6	6	2:00:00		100%	1	6	01:53:35		100%	1	0	
	A	Hipo_tambor	40	36	1:00:00		90%	0	40	01:21:36		100%	1	4	\$ 0,23

8/2/2021	A	Hipo_IBC	2	2	0:30:00	10:05:00	100%	1	2	00:06:53	09:11:26	100%	1	0	
	A	HCl_tambor	160	160	4:00:00		100%	1	160	02:36:48		100%	1	0	
	A	HCl_IBC	80	80	2:30:00		100%	1	80	04:35:12		100%	1	0	
	A	Soda_IBC	3	3	1:00:00		100%	1	3	00:10:19		100%	1	0	
	A	Labsa_IBC	6	6	1:05:00		100%	1	6	00:20:38		100%	1	0	
9/2/2021	L	Pisciclor	600	262	4:00:00	18:30:00	44%	0	600	06:30:00	17:12:07	100%	1	338	\$ 2,83
	L	Hipo_tambor	60	60	6:00:00		100%	1	60	04:08:24		100%	1	0	
	L	HCl_tambor	40	0	0:00:00		0%	0	40	04:04:00		100%	1	40	\$ 1,04
	A	HCl_IBC	1	1	5:00:00		100%	1	1	00:03:26		100%	1	0	
	A	Soda_IBC	4	4	1:00:00		100%	1	4	00:13:46		100%	1	0	
10/2/2021	L	Labsa_IBC	7	7	2:30:00	100%	1	7	02:12:31	100%	1	0			
	L	Pisciclor	400	404	5:30:00	101%	1	400	04:20:00	100%	1	0			
	L	Hipo_tambor	44	12	1:00:00	27%	0	44	03:02:10	100%	1	32		\$ 1,82	
	A	Hipo_tambor	40	44	1:30:00	110%	0	40	01:21:36	100%	1	0			
	L	Hipo_IBC	2	2	1:00:00	100%	1	2	00:26:55	100%	1	0			
	A	Hipo_IBC	1	1	0:30:00	100%	1	1	00:03:26	100%	1	0			
	L	HCl_tambor	44	44	5:00:00	100%	1	44	04:28:24	100%	1	0			
	A	HCl_tambor	80	84	3:30:00	105%	0	80	01:18:24	100%	1	0			
	A	Soda_IBC	3	3	0:30:00	100%	1	3	00:10:19	100%	1	0			
11/2/2021	L	Soda_IBC	1	1	0:30:00	100%	1	1	00:14:50	100%	1	0			
	L	HCl_tambor	150	172	14:00:00	115%	0	150	15:15:00	100%	1	0			
	A	HCl_tambor	160	164	3:00:00	103%	0	160	02:36:48	100%	1	0			
	L	Soda_garrafa	101	101	4:12:00	100%	1	101	02:01:12	100%	1	0			
12/2/2021	L	Soda_IBC	4	2	1:00:00	50%	0	4	00:59:19	100%	1	2	\$ 1,79		
	L	Pisciclor	1200	868	12:30:00	72%	0	1200	13:00:00	100%	1	332	\$ 2,78		
	L	Agroclor	600	800	8:00:00	133%	0	600	06:30:00	100%	1	0			
	A	Hipo_tambor	40	40	1:00:00	100%	1	40	01:21:36	100%	1	0			
	L	HCl_tambor	4	0	0:00:00	0%	0	4	00:24:24	100%	1	4	\$ 0,10		
13/2/2021	L	HCl_tambor	1000	1012	11:00:00	101%	1	1000	10:50:00	100%	1	0			
	L	Agroclor	200	0	0:00:00	0%	0	200	02:10:00	100%	1	200		\$ 1,13	
	L	Hipo_bidones	128	128	6:00:00	100%	1	79	07:56:10	62%	0	0			
	L	Hipo_tambor	64	0	0:00:00	0%	0	64	04:24:58	100%	1	64		\$ 3,65	
	A	Hipo_tambor	14	14	0:30:00	100%	1	14	00:28:34	100%	1	0			
	L	HCl_tambor	80	80	6:00:00	100%	1	80	08:08:00	100%	1	0			
	L	Soda_IBC	1	6	2:30:00	600%	0	0	00:14:50	0%	0	0			
	A	Labsa_IBC	3	3	0:30:00	100%	1	0	00:10:19	0%	0	0			
16/2/2021	L	Labsa_tambor	80	80	7:00:00	100%	1	80	07:39:12	100%	1	0			
	L	Pisciclor	282	282	3:00:00	100%	1	282	03:03:18	100%	1	0			
	L	Hipo_tambor	40	76	6:00:00	190%	0	40	02:45:36	100%	1	0			
	A	Hipo_tambor	40	32	1:00:00	80%	0	40	01:21:36	100%	1	8		\$ 0,46	
	L	HCl_tambor	40	40	4:00:00	100%	1	40	04:04:00	100%	1	0			
	A	HCl_IBC	1	1	1:00:00	100%	1	1	00:03:26	100%	1	0			
17/2/2021	L	Soda_garrafa	150	0	0:00:00	0%	0	150	03:00:00	100%	1	150	\$ 4,00		
	L	Soda_IBC	5	5	3:00:00	100%	1	5	01:14:09	100%	1	0			
	L	Pisciclor	400	240	4:30:00	60%	0	400	04:20:00	100%	1	160	\$ 1,34		
	L	Agroclor	400	0	0:00:00	0%	0	400	04:20:00	100%	1	400	\$ 2,27		
	L	Hipo_tambor	36	36	5:30:00	100%	1	36	02:29:02	100%	1	0			
17/2/2021	A	Hipo_bidones	128	128	2:00:00	100%	1	128	03:17:07	100%	1	0			
	A	HCl_tambor	80	80	2:30:00	100%	1	80	01:18:24	100%	1	0			
	L	HCl_tambor	40	40	4:00:00	100%	1	40	04:04:00	100%	1	0			

18/2/2021	L	Hipo_tambor	72	68	7:00:00	13:30:00	94%	0	72	04:58:05	14:24:29	100%	1	4	\$	0,23
	A	HCl_tambor	80	80	2:00:00		100%	1	80	01:18:24		100%	1	0		
	L	HCl_tambor	80	52	4:30:00		65%	0	80	08:08:00		100%	1	28		
19/2/2021	L	Hipo_tambor	68	0	0:00:00	07:30:00	0%	0	68	04:41:31	23:11:55	100%	1	68	\$	3,87
	A	Hipo_tambor	80	80	3:00:00		100%	1	80	02:43:12		100%	1	0		
	L	HCl_tambor	80	0	0:00:00		0%	0	80	08:08:00		100%	1	80		
	L	Labsa_tambor	80	80	4:30:00		100%	1	80	07:39:12		100%	1	0		
20/2/2021	L	Pisciclor	700	224	2:30:00	34:00:00	32%	0	700	07:35:00	40:57:23	100%	1	476	\$	3,98
	L	Agroclor	200	0	0:00:00		0%	0	200	02:10:00		100%	1	200		
	L	Hipo_garrafa	150	100	1:00:00		67%	0	0	01:37:30		0%	0	50		
	L	Hipo_tambor	112	180	12:30:00		161%	0	112	07:43:41		100%	1	0		
	A	Hipo_tambor	40	36	1:00:00		90%	0	40	01:21:36		100%	1	4		
	L	HCl_tambor	40	40	3:30:00		100%	1	40	04:04:00		100%	1	0		
	L	Soda_garrafa	210	210	4:30:00		100%	1	210	04:12:00		100%	1	0		
	L	Labsa_garrafa	68	68	1:30:00		100%	1	68	01:44:02		100%	1	0		
	L	Labsa_tambor	80	80	5:00:00		100%	1	80	07:39:12		100%	1	0		
23/2/2021	L	Labsa_IBC	9	9	2:30:00	100%	1	6	02:50:22	67%	0	0	\$	2,05		
	L	Pisciclor	400	752	11:00:00	188%	0	400	04:20:00	100%	1	0				
	L	Agroclor	300	300	3:30:00	100%	1	300	03:15:00	100%	1	0				
	L	Hipo_tambor	68	32	2:30:00	47%	0	68	04:41:31	100%	1	36				
	A	Hipo_tambor	120	122	3:30:00	102%	1	120	04:04:48	100%	1	0				
	L	HCl_tambor	44	0	0:00:00	0%	0	44	04:28:24	100%	1	44				
	A	Labsa_IBC	7	7	1:00:00	100%	1	7	00:24:05	100%	1	0				
	A	Labsa_tambor	80	80	2:00:00	100%	1	80	01:18:24	100%	1	0				
	A	Soda_IBC	6	6	1:00:00	100%	1	6	00:20:38	100%	1	0				
24/2/2021	L	Soda_IBC	1	1	0:45:00	100%	1	1	00:14:50	100%	1	0	\$	2,94		
	L	Pisciclor	500	148	3:00:00	30%	0	500	05:25:00	100%	1	352				
	L	Agroclor	500	512	5:00:00	102%	0	500	05:25:00	100%	1	0				
	A	Soda_IBC	3	3	1:00:00	100%	1	3	00:10:19	100%	1	0				
	A	HCl_tambor	80	80	3:00:00	100%	1	80	01:18:24	100%	1	0				
	A	Hipo_tambor	120	122	4:00:00	102%	1	120	04:04:48	100%	1	0				
25/2/2021	L	Hipo_tambor	80	128	7:00:00	160%	0	80	05:31:12	100%	1	0	\$	4,56		
	L	Pisciclor	500	416	5:00:00	83%	0	500	05:25:00	100%	1	84				
	L	Agroclor	500	510	5:30:00	102%	1	500	05:25:00	100%	1	0				
	L	Hipo_tambor	80	0	0:00:00	0%	0	80	05:31:12	100%	1	80				
	A	Labsa_IBC	4	4	1:00:00	100%	1	4	00:13:46	100%	1	0				
	A	Hipo_tambor	40	40	1:00:00	100%	1	40	01:21:36	100%	1	0				
26/2/2021	L	Soda_garrafa	30	30	1:00:00	100%	1	30	00:36:00	100%	1	0	\$	2,27		
	L	Pisciclor	1400	1312	16:00:00	94%	0	1400	15:10:00	100%	1	88				
	L	Agroclor	400	0	0:00:00	0%	0	400	04:20:00	100%	1	400				
	A	Hipo_IBC	3	3	0:30:00	100%	1	3	00:10:19	100%	1	0				
	A	Hipo_tambor	40	40	1:30:00	100%	1	40	01:21:36	100%	1	0				
27/2/2021	L	Soda_garrafa	30	30	1:00:00	100%	1	30	00:36:00	100%	1	0	\$	1,82		
	L	Pisciclor	500	1572	19:30:00	314%	0	500	05:25:00	100%	1	0				
	L	Hipo_tambor	52	20	1:30:00	38%	0	52	03:35:17	100%	1	32				
	L	HCl_tambor	80	20	1:30:00	25%	0	80	08:08:00	100%	1	60				
L	Soda_garrafa	30	30	2:30:00	100%	1	30	00:36:00	100%	1	0	\$	1,56			

## ANEXO 6 CUMPLIMIENTO REAL, TEÓRICO PARA EL MES DE MARZO 2020

Tabla 20 Cumplimiento real, teórico para el mes de marzo 2021. Fuente: Elaboración propia.

FECHA	Actividad	REFERENCIA	PEDIDO	Real					Teórico con sistema					Ganancia	
				Llenados y alistamientos realizados	Tiempo llenado y alistado por referencia (h)	Tiempo total de pedido completo (h)	Cumplimiento por referencia (%)	OTIF	Llenados y alistamiento según software	Tiempo llenado y alistado por referencia (h)	Tiempo total de pedido completo (h)	Cumplimiento teorico	OTIF	Unidades faltantes	Utilidad dejada de recibir
1/3/2021	L	Pisciclor	900	188	02:30:00	05:00:00	21%	0	900	09:45:00	16:24:48	100%	1	712	\$ 5,95
	L	Agroclor	300	0	00:00:00		0%	0	300	03:15:00		100%	1	300	\$ 1,70
	L	Hipo_tambor	20	20	01:00:00		100%	1	20	01:22:48		100%	1	0	
	L	HCl_tambor	20	20	01:30:00		100%	1	20	02:02:00		100%	1	0	
2/3/2021	L	Pisciclor	342	104	01:30:00	13:00:00	30%	0	342	03:42:18	22:10:07	100%	1	238	\$ 1,99
	L	Hipo_tambor	20	20	01:30:00		100%	1	20	01:22:48		100%	1	0	
	L	Hipo_IBC	1	1	00:30:00		100%	1	1	00:13:28		100%	1	0	
	A	Hipo_IBC	80	80	01:00:00		100%	1	80	04:35:12		100%	1	0	
	A	HCl_tambor	2	2	00:30:00		100%	1	2	00:01:58		100%	1	0	
	A	HCl_IBC	80	80	02:00:00		100%	1	80	04:35:12		100%	1	0	
3/3/2021	L	Labsa_tambor	80	80	06:00:00	09:00:00	100%	1	80	07:39:12	13:10:29	100%	1	0	
	L	Hipo_tambor	80	72	04:30:00		90%	0	80	05:31:12		100%	1	8	\$ 0,46
	L	HCl_tambor	68	40	03:30:00		59%	0	68	06:54:48		100%	1	28	\$ 0,73
4/3/2021	L	Soda_IBC	3	3	01:00:00	13:30:00	100%	1	3	00:44:29	16:52:07	100%	1	0	
	L	Pisciclor	500	320	06:00:00		64%	0	500	05:25:00		100%	1	180	\$ 1,51
	L	Hipo_tambor	56	0	00:00:00		0%	0	56	03:51:50		100%	1	56	\$ 3,19
	A	Hipo_tambor	4	4	00:30:00		100%	1	4	00:08:10		100%	1	0	
	L	HCl_tambor	44	44	04:00:00		100%	1	44	04:28:24		100%	1	0	
	L	Soda_IBC	3	3	02:00:00		100%	1	3	00:44:29		100%	1	0	
	A	Labsa_IBC	6	6	01:00:00		100%	1	6	00:20:38		100%	1	0	
5/3/2021	L	Labsa_IBC	6	0	00:00:00	19:15:00	0%	0	6	01:53:35	19:08:49	100%	1	6	\$ 7,91
	L	Pisciclor	500	508	05:30:00		102%	1	500	05:25:00		100%	1	0	
	L	Agroclor	300	300	04:00:00		100%	1	300	03:15:00		100%	1	0	
	L	Hipo_tambor	60	104	07:30:00		173%	0	60	04:08:24		100%	1	0	
	A	Hipo_tambor	40	32	01:00:00		80%	0	40	01:21:36		100%	1	8	\$ 0,46
	L	HCl_tambor	40	0	00:00:00		0%	0	40	04:04:00		100%	1	40	\$ 1,04
6/3/2021	A	Soda_IBC	3	3	00:15:00	38:00:00	100%	1	3	00:10:19	37:50:07	100%	1	0	
	L	Soda_IBC	3	3	01:00:00		100%	1	3	00:44:29		100%	1	0	
	L	Pisciclor	1050	1062	10:30:00		101%	1	1050	11:22:30		100%	1	0	
	L	Agroclor	300	200	02:00:00		67%	0	300	03:15:00		100%	1	100	\$ 0,57
6/3/2021	L	Hipo_tambor	44	44	05:00:00	38:00:00	100%	1	44	03:02:10	37:50:07	100%	1	0	
	A	Hipo_tambor	40	48	01:30:00		120%	0	40	01:21:36		100%	1	0	

	L	HCl_tambor	40	40	06:00:00		100%	1	40	04:04:00		100%	1	0	
	L	Labsa_tambor	80	80	06:00:00		100%	1	80	07:39:12		100%	1	0	
	L	Soda_IBC	2	2	01:00:00		100%	1	2	00:29:40		100%	1	0	
	L	Soda_garrafa	330	330	06:00:00		100%	1	330	06:36:00		100%	1	0	
9/3/2021	L	Pisciclor	500	510	05:30:00		102%	1	500	05:25:00		100%	1	0	
	L	Agroclor	200	150	01:30:00		75%	0	200	02:10:00		100%	1	50	\$ 0,28
	L	Hipo_tambor	60	0	00:00:00		0%	0	60	04:08:24		100%	1	60	\$ 3,42
	L	Hipo_IBC	1	1	00:30:00		100%	1	1	00:13:28		100%	1	0	
	A	Hipo_IBC	3	3	01:00:00	15:39:36	100%	1	3	00:10:19	20:24:47	100%	1	0	
	L	HCl_IBC	1	1	00:39:36		100%	1	1	00:14:50		100%	1	0	
	A	HCl_IBC	1	1	01:00:00		100%	1	1	00:03:26		100%	1	0	
	L	Soda_IBC	1	1	00:30:00		100%	1	1	00:14:50		100%	1	0	
	A	Labsa_IBC	80	80	02:00:00		100%	1	80	04:35:12		100%	1	0	
L	Labsa_IBC	10	10	03:00:00		100%	1	10	03:09:18		100%	1	0		
10/3/2021	L	Pisciclor	150	150	01:45:00		100%	1	150	01:37:30		100%	1	0	
	L	Agroclor	150	152	03:30:00		101%	1	150	01:37:30		100%	1	0	
	L	Hipo_tambor	80	44	04:30:00	16:15:00	55%	0	80	05:31:12	19:54:36	100%	1	36	\$ 2,05
	A	Hipo_tambor	80	81	01:30:00		101%	1	80	02:43:12		100%	1	0	
	A	Labsa_IBC	5	5	01:30:00		100%	1	5	00:17:12		100%	1	0	
L	HCl_tambor	80	40	03:30:00		50%	0	80	08:08:00		100%	1	40	\$ 1,04	
11/3/2021	L	Agroclor	800	0	00:00:00		0%	0	800	08:40:00		100%	1	800	\$ 4,53
	L	Hipo_tambor	44	32	03:00:00		73%	0	44	03:02:10		100%	1	12	\$ 0,68
	A	Hipo_tambor	80	80	02:00:00	10:00:00	100%	1	80	02:43:12	19:27:03	100%	1	0	
	A	Labsa_IBC	5	5	01:00:00		100%	1	5	00:17:12		100%	1	0	
	L	Soda_garrafa	200	128	02:00:00		64%	0	200	04:00:00		100%	1	72	\$ 1,92
	L	Soda_IBC	3	3	02:00:00		100%	1	3	00:44:29		100%	1	0	
12/3/2021	L	Agroclor	600	531	06:00:00	09:00:00	89%	0	600	06:30:00	08:42:29	100%	1	69	\$ 0,39
	L	Hipo_tambor	32	32	03:00:00		100%	1	32	02:12:29		100%	1	0	
13/3/2021	L	Pisciclor	250	250	03:00:00		100%	1	250	02:42:30		100%	1	0	
	L	Agroclor	250	0	00:00:00		0%	0	250	02:42:30		100%	1	250	\$ 1,42
	L	Hipo_bidones	128	128	06:00:00		100%	1	128	07:56:10		100%	1	0	
	L	Hipo_tambor	48	24	01:30:00	16:30:00	50%	0	48	03:18:43	28:31:47	100%	1	24	\$ 1,37
	L	HCl_tambor	80	0	00:00:00		0%	0	80	08:08:00		100%	1	80	\$ 2,07
	A	HCl_tambor	160	160	04:00:00		100%	1	160	02:36:48		100%	1	0	
	A	Soda_IBC	3	3	01:00:00		100%	1	3	00:10:19		100%	1	0	
L	Labsa_IBC	3	3	01:00:00		100%	1	3	00:56:47		100%	1	0		
16/3/2021	L	Pisciclor	400	400	05:00:00		100%	1	400	04:20:00		100%	1	0	
	L	Agroclor	395	395	05:00:00		100%	1	395	04:16:45		100%	1	0	
	L	Hipo_tambor	40	56	04:30:00	19:00:00	140%	0	40	02:45:36	15:40:44	100%	1	0	
	A	Hipo_tambor	40	40	02:00:00		100%	1	40	01:21:36		100%	1	0	
	L	Soda_garrafa	100	100	01:30:00		100%	1	100	02:00:00		100%	1	0	
L	Labsa_IBC	3	3	01:00:00		100%	1	3	00:56:47		100%	1	0		
17/3/2021	L	Pisciclor	300	295	06:30:00		98%	1	300	03:15:00		100%	1	5	\$ 0,04
	L	Hipo_garrafa	150	150	02:00:00		100%	1	150	01:37:30		100%	1	0	
	L	Hipo_tambor	40	40	03:00:00		100%	1	40	02:45:36		100%	1	0	
	A	Hipo_tambor	120	122	03:30:00	21:30:00	102%	1	120	04:04:48	26:46:26	100%	1	0	
	L	Hipo_IBC	2	0	00:00:00		0%	0	2	00:26:55		100%	1	2	\$ 1,24
	A	Hipo_IBC	2	2	00:30:00		100%	1	2	00:06:53		100%	1	0	
	A	Hipo_bidones	128	128	01:30:00		100%	1	128	03:17:07		100%	1	0	
	L	Soda_IBC	2	0	00:00:00		0%	0	2	00:29:40		100%	1	2	\$ 1,79

	A	Soda_IBC	3	3	00:30:00		100%	1	3	00:10:19		100%	1	0	
	A	Labsa_IBC	6	6	01:00:00		100%	1	6	00:20:38		100%	1	0	
	L	Labsa garrafa	400	128	03:00:00		32%	0	400	10:12:00		100%	1	272	\$ 9,36
18/3/2021	L	Pisciclor	300	301	04:00:00	17:00:00	100%	1	300	03:15:00	18:02:12	100%	1	0	
	L	Hipo_tambor	80	0	00:00:00		0%	0	80	05:31:12		100%	1	80	\$ 4,56
	A	Hipo_tambor	40	16	01:00:00		40%	0	40	01:21:36		100%	1	24	\$ 1,37
	A	HCl_tambor	80	80	02:30:00		100%	1	80	01:18:24		100%	1	0	
	L	Soda garrafa	330	336	09:30:00		102%	1	330	06:36:00		100%	1	0	
19/3/2021	L	Agroclor	700	640	09:00:00	18:00:00	91%	0	700	07:35:00	16:08:09	100%	1	60	\$ 0,34
	L	HCl_tambor	80	81	07:00:00		101%	1	80	08:08:00		100%	1	0	
	A	Soda_IBC	3	3	01:00:00		100%	1	3	00:10:19		100%	1	0	
	L	Soda_IBC	1	1	01:00:00		100%	1	1	00:14:50		100%	1	0	
20/3/2021	L	Pisciclor	1200	700	08:30:00	38:30:00	58%	0	1200	13:00:00	52:47:20	100%	1	500	\$ 4,18
	L	Agroclor	600	610	09:00:00		102%	1	297	06:30:00		50%	0	0	
	L	Hipo_tambor	124	64	06:00:00		52%	0	124	08:33:22		100%	1	60	\$ 3,42
	A	Hipo_tambor	40	36	01:30:00		90%	0	0	01:21:36		0%	0	4	\$ 0,23
	L	HCl_tambor	136	56	05:30:00		41%	0	136	13:49:36		100%	1	80	\$ 2,07
	L	Labsa_tambor	80	80	06:00:00		100%	1	0	07:39:12		0%	0	0	
	L	Labsa_IBC	6	6	02:00:00	100%	1	0	01:53:35	0%	0	0			
24/3/2021	L	Agroclor	300	0	00:00:00	06:30:00	0%	0	300	03:15:00	10:20:34	100%	1	300	\$ 1,70
	L	Hipo_tambor	32	0	00:00:00		0%	0	32	02:12:29		100%	1	32	\$ 1,82
	L	HCl_IBC	1	1	01:00:00		100%	1	1	00:14:50		100%	1	0	
	A	HCl_IBC	40	40	01:30:00		100%	1	40	02:17:36		100%	1	0	
	A	Labsa_IBC	6	6	01:30:00		100%	1	6	00:20:38		100%	1	0	
	L	Soda garrafa	100	100	02:30:00	100%	1	100	02:00:00	100%	1	0			
25/3/2021	L	HCl_tambor	80	76	06:30:00	17:30:00	95%	0	80	08:08:00	18:48:40	100%	1	4	\$ 0,10
	A	Hipo_tambor	80	79	03:00:00		99%	1	80	02:43:12		100%	1	1	\$ 0,06
	A	HCl_IBC	1	1	01:00:00		100%	1	1	00:03:26		100%	1	0	
	L	Soda_IBC	1	1	01:00:00		100%	1	1	00:14:50		100%	1	0	
	L	Labsa_tambor	80	68	06:00:00		85%	0	80	07:39:12		100%	1	12	\$ 5,64
26/3/2021	L	HCl_tambor	80	4	00:45:00	00:45:00	5%	0	80	08:08:00	08:08:00	100%	1	76	\$ 1,97
27/3/2021	L	Pisciclor	500	244	03:00:00	16:30:00	49%	0	500	05:25:00	26:34:25	100%	1	256	\$ 2,14
	L	Agroclor	400	400	05:30:00		100%	1	400	04:20:00		100%	1	0	
	L	Hipo_tambor	80	0	00:00:00		0%	0	80	05:31:12		100%	1	80	\$ 4,56
	A	Hipo_tambor	80	66	01:30:00		83%	0	80	02:43:12		100%	1	14	\$ 0,80
	L	Labsa_tambor	20	0	00:00:00		0%	0	20	01:54:48		100%	1	20	\$ 9,39
	A	Labsa_tambor	80	80	02:00:00		100%	1	80	01:18:24		100%	1	0	
	L	Labsa_IBC	17	17	04:30:00	100%	1	17	05:21:49	100%	1	0			
30/3/2021	L	HCl_tambor	52	52	05:00:00	11:30:00	100%	1	52	05:17:12	10:36:39	100%	1	0	
	L	Labsa_IBC	5	0	00:00:00		0%	0	5	01:34:39		100%	1	5	\$ 6,59
	A	Labsa_IBC	17	17	02:00:00		100%	1	17	00:58:29		100%	1	0	
	A	Soda_IBC	3	3	00:30:00		100%	1	3	00:10:19		100%	1	0	
	L	Soda garrafa	130	130	04:00:00		100%	1	130	02:36:00		100%	1	0	

## ANEXO 7 CUMPLIMIENTO REAL, TEÓRICO PARA EL MES DE ABRIL 2021

Tabla 21 Cumplimiento real, teórico para el mes de abril 2021. Fuente: Elaboración propia.

FECHA	Actividad	REFERENCIA	PEDIDO	Real					Teórico con sistema					Ganancia	
				Llenados y alistamientos realizados	Tiempo llenado y alistado por referencia (h)	Tiempo total de pedido completo (h)	Cumplimiento por referencia (%)	OTIF	Llenados y alistamiento según software	Tiempo llenado y alistado por referencia (h)	Tiempo total de pedido completo (h)	Cumplimiento teórico	OTIF	Unidades faltantes	Utilidad dejada de recibir
¼/2021	L	Pisciclor	700	700	09:00:00	21:30:00	100%	1	700	07:35:00	24:20:38	100%	1	0	
	L	Agroclor	300	280	04:00:00		93%	0	300	03:15:00		100%	1	20	\$ 0,11
	L	Hipo_tambor	80	40	02:00:00		50%	0	80	05:31:12		100%	1	40	\$ 2,28
	L	Hipo_IBC	3	3	01:00:00		100%	1	3	00:40:23		100%	1	0	
	L	Labsa_tambor	60	60	03:30:00		100%	1	60	05:44:24		100%	1	0	
	L	Labsa_IBC	5	5	02:00:00		1	5	01:34:39		1	0			
6/4/2021	L	Pisciclor	500	500	06:30:00	14:15:00	100%	1	500	05:25:00	18:39:44	100%	1	0	
	L	Hipo_bidones	128	128	04:00:00		100%	1	128	07:56:10		100%	1	0	
	L	Hipo_tambor	44	44	02:45:00		100%	1	44	03:02:10		100%	1	0	
	A	Hipo_tambor	40	8	00:30:00		20%	0	40	01:21:36		100%	1	32	\$ 1,82
	A	Labsa_IBC	3	3	00:30:00		100%	1	3	00:10:19		100%	1	0	
	L	Soda_IBC	3	0	00:00:00		0	3	00:44:29		1	3	\$ 2,69		
7/4/2021	L	Pisciclor	300	300	05:00:00	18:00:00	100%	1	300	03:15:00	16:31:29	100%	1	0	
	L	Hipo_tambor	80	80	05:00:00		100%	1	80	05:31:12		100%	1	0	
	A	Hipo_tambor	80	64	02:00:00		80%	0	80	02:43:12		100%	1	16	\$ 0,91
	A	Hipo_bidones	128	128	03:30:00		100%	1	128	03:17:07		100%	1	0	
	A	Soda_IBC	3	3	01:00:00		100%	1	3	00:10:19		100%	1	0	
	L	Labsa_IBC	5	5	01:30:00		1	5	01:34:39		1	0			
8/4/2021	L	Pisciclor	200	500	08:00:00	20:30:00	250%	0	200	02:10:00	15:30:12	100%	1	0	
	L	Agroclor	200	200	03:30:00		100%	1	200	02:10:00		100%	1	0	
	L	Hipo_IBC	3	2	01:30:00		67%	0	3	00:40:23		100%	1	1	\$ 0,62
	L	Soda_garrafa	70	70	01:30:00		100%	1	70	01:24:00		100%	1	0	
	A	Labsa_IBC	3	3	00:30:00		100%	1	3	00:10:19		100%	1	0	
	L	Labsa_garrafa	350	350	05:30:00		1	350	08:55:30		1	0			
09/04/2021	L	Pisciclor	500	530	08:00:00	20:30:00	106%	0	500	05:25:00	20:31:56	100%	1	0	
	L	Hipo_tambor	20	20	01:00:00		100%	1	20	01:22:48		100%	1	0	
	A	Hipo_tambor	40	32	01:30:00		80%	0	40	01:21:36		100%	1	8	\$ 0,46
	A	Hipo_IBC	3	3	01:00:00		100%	1	3	00:10:19		100%	1	0	
	L	Soda_IBC	3	2	01:00:00		67%	0	3	00:44:29		100%	1	1	\$ 0,90
	L	Labsa_garrafa	400	400	09:30:00		100%	1	400	10:12:00		100%	1	0	
	L	Labsa_IBC	4	4	01:00:00		1	4	01:15:43		1	0			
	L	Pisciclor	1150	1150	15:30:00		1	1150	12:27:30		1	0			

10/04/2021	L	Agroclor	170	170	03:00:00	39:00:00	100%	1	170	01:50:30	35:56:40	100%	1	0	\$ 3,76
	L	Hipo_garrafa	50	50	01:00:00		100%	1	50	00:32:30		100%	1	0	
	L	Hipo_tambor	84	84	07:00:00		100%	1	84	05:47:46		100%	1	0	
	L	Labsa_tambor	160	152	12:30:00		95%	0	160	15:18:24		100%	1	8	
13/04/2021	L	Pisciclor	650	650	07:30:00	17:30:00	100%	1	650	07:02:30	17:44:36	100%	1	0	\$ 1,24
	L	Hipo_tambor	80	80	05:00:00		100%	1	80	05:31:12		100%	1	0	
	L	Hipo_IBC	2	0	00:00:00		0%	0	2	00:26:55		100%	1	2	
	L	HCl_tambor	40	40	04:00:00		100%	1	40	04:04:00		100%	1	0	
	A	Soda_IBC	3	3	01:00:00		100%	1	3	00:10:19		100%	1	0	
	L	Soda_IBC	2	0	00:00:00		0%	0	2	00:29:40		100%	1	2	
14/04/2021	L	Pisciclor	550	550	07:00:00	21:00:00	100%	1	550	05:57:30	20:51:34	100%	1	0	\$ 0,11
	L	Hipo_tambor	52	50	03:30:00		96%	0	52	03:35:17		100%	1	2	
	A	Hipo_tambor	120	100	03:00:00		83%	0	120	04:04:48		100%	1	20	
	L	Soda_garrafa	300	300	05:30:00		100%	1	300	06:00:00		100%	1	0	
	A	Labsa_IBC	5	5	01:00:00		100%	1	5	00:17:12		100%	1	0	
	L	Labsa_IBC	3	3	01:00:00		100%	1	3	00:56:47		100%	1	0	
15/04/2021	L	Pisciclor	500	500	06:00:00	20:30:00	100%	1	500	05:25:00	17:53:44	100%	1	0	\$ 1,03
	L	Hipo_tambor	48	48	03:00:00		100%	1	48	03:18:43		100%	1	0	
	L	Hipo_IBC	3	3	01:30:00		100%	1	3	00:40:23		100%	1	0	
	L	HCl_IBC	1	1	01:00:00		100%	1	1	00:14:50		100%	1	0	
	A	Labsa_tambor	80	80	01:00:00		100%	1	80	01:18:24		100%	1	0	
	L	Soda_garrafa	347	347	08:00:00		100%	1	347	06:56:24		100%	1	0	
16/04/2021	L	Hipo_tambor	140	140	11:00:00	20:30:00	100%	1	140	09:39:36	19:18:19	100%	1	0	\$ 0,52
	A	Hipo_tambor	160	142	04:30:00		89%	0	160	05:26:24		100%	1	18	
	A	Hipo_IBC	3	3	01:00:00		100%	1	3	00:10:19		100%	1	0	
	L	Soda_IBC	1	1	00:30:00		100%	1	1	00:14:50		100%	1	0	
	L	Labsa_IBC	12	12	03:30:00		100%	1	12	03:47:10		100%	1	0	
17/04/2021	L	HCl_tambor	80	60	06:00:00	09:30:00	75%	0	80	08:08:00	13:27:46	100%	1	20	\$ 5,02
	A	HCl_IBC	1	1	00:30:00		100%	1	1	00:03:26		100%	1	0	
	A	Labsa_IBC	3	3	00:30:00		100%	1	3	00:10:19		100%	1	0	
	L	Labsa_garrafa	200	200	02:30:00		100%	1	200	05:06:00		100%	1	0	
	L	Pisciclor	1000	400	04:00:00		40%	0	1000	10:50:00		100%	1	600	
18/04/2021	L	Labsa_tambor	80	80	05:30:00	11:00:00	100%	1	80	07:39:12	21:38:30	100%	1	0	\$ 6,59
	L	Labsa_IBC	10	5	01:30:00		50%	0	10	03:09:18		100%	1	5	
	L	Pisciclor	500	500	06:00:00		100%	1	500	05:25:00		100%	1	0	
20/04/2021	L	Agroclor	700	700	08:30:00	21:30:00	100%	1	700	07:35:00	21:29:35	100%	1	0	\$ 0,46
	L	Hipo_IBC	3	3	01:00:00		100%	1	3	00:40:23		100%	1	0	
	A	Hipo_tambor	80	72	02:00:00		90%	0	80	02:43:12		100%	1	8	
	L	Labsa_garrafa	200	180	04:00:00		90%	0	200	05:06:00		100%	1	20	
	L	Pisciclor	300	300	03:12:00		100%	1	300	03:15:00		100%	1	0	
21/04/2021	L	Agroclor	500	500	07:00:00	18:42:00	100%	1	500	05:25:00	17:23:13	100%	1	0	\$ 1,32
	L	Soda_garrafa	300	300	05:00:00		100%	1	300	06:00:00		100%	1	0	
	L	Soda_IBC	3	3	01:00:00		100%	1	3	00:44:29		100%	1	0	
	A	Soda_IBC	7	7	01:30:00		100%	1	7	00:24:05		100%	1	0	
	L	Labsa_IBC	5	4	01:00:00		80%	0	5	01:34:39		100%	1	1	
	L	Pisciclor	500	500	05:30:00		100%	1	500	05:25:00		100%	1	0	
22/04/2021	L	Agroclor	300	300	05:00:00	24:00:00	100%	1	300	03:15:00	21:19:54	100%	1	0	\$ 0,23
	L	Hipo_tambor	20	20	01:30:00		100%	1	20	01:22:48		100%	1	0	
	A	Hipo_tambor	40	36	02:00:00		90%	0	40	01:21:36		100%	1	4	
	A	Hipo_IBC	3	3	00:30:00		100%	1	3	00:10:19		100%	1	0	
	L	Pisciclor	500	500	05:30:00		100%	1	500	05:25:00		100%	1	0	

	L	HCl_tambor	40	40	04:00:00		100%	1	40	04:04:00		100%	1	0	
	A	HCl_tambor	80	80	04:30:00		100%	1	80	01:18:24		100%	1	0	
	L	Soda_garrafa	110	0	00:00:00		0%	0	110	02:12:00		100%	1	110	\$ 2,93
	A	Labsa_IBC	5	5	01:00:00		100%	1	5	00:17:12		100%	1	0	
	L	Labsa_IBC	6	0	00:00:00		0%	0	6	01:53:35		100%	1	6	\$ 7,91
23/04/2021	L	Pisciclor	600	600	06:30:00		100%	1	600	06:30:00		100%	1	0	
	L	Hipo_tambor	56	0	00:00:00		0%	0	56	03:51:50		100%	1	56	\$ 3,19
	A	Hipo_tambor	40	32	01:00:00	14:30:00	80%	0	40	01:21:36		100%	1	8	\$ 0,46
	A	Labsa_IBC	23	23	03:00:00		100%	1	23	01:19:07	25:05:46	100%	1	0	
	A	Labsa_tambor	80	80	02:00:00		100%	1	80	01:18:24		100%	1	0	
	A	HCl_tambor	160	160	02:00:00		100%	1	160	02:36:48		100%	1	0	
	L	HCl_tambor	80	0	00:00:00		0%	0	80	08:08:00		100%	1	80	\$ 2,07
24/04/2021	L	Pisciclor	753	500	05:30:00		66%	0	753	08:09:27		100%	1	253	\$ 2,12
	L	Agroclor	300	64	01:00:00		21%	0	300	03:15:00		100%	1	236	\$ 1,34
	L	Hipo_tambor	84	80	05:00:00		95%	0	84	05:47:46		100%	1	4	\$ 0,23
	A	Hipo_tambor	2	2	00:30:00	25:30:00	100%	1	2	00:04:05	34:40:13	100%	1	0	
	L	HCl_tambor	152	152	13:00:00		100%	1	152	15:27:12		100%	1	0	
	A	HCl_tambor	4	4	00:30:00		100%	1	4	00:03:55		100%	1	0	
	L	Soda_garrafa	94	0	00:00:00		0%	0	94	01:52:48		100%	1	94	\$ 2,51
25/04/2021	L	Agroclor	500	236	03:00:00		47%	0	500	05:25:00		100%	1	264	\$ 1,49
	L	Hipo_tambor	12	60	05:30:00		500%	0	12	00:49:41	14:15:13	100%	1	0	
	L	HCl_tambor	36	52	04:00:00		144%	0	36	03:39:36		100%	1	0	
	L	HCl_IBC	1	0	00:00:00		0%	0	1	00:14:50		100%	1	1	\$ 0,49
	L	Labsa_IBC	13	0	00:00:00		0%	0	13	04:06:05		100%	1	13	\$ 17,14
26/04/2021	L	Pisciclor	500	500	06:00:00		100%	1	500	05:25:00		100%	1	0	
	L	HCl_tambor	40	0	00:00:00		0%	0	40	04:04:00		100%	1	40	\$ 1,04
	A	HCl_tambor	80	80	02:30:00	16:00:00	100%	1	80	01:18:24	24:27:05	100%	1	0	
	A	Hipo_tambor	80	68	02:30:00		85%	0	80	02:43:12		100%	1	12	\$ 0,68
	L	Soda_IBC	3	0	00:00:00		0%	0	3	00:44:29		100%	1	3	\$ 2,69
	L	Labsa_garrafa	400	400	05:00:00		100%	1	400	10:12:00		100%	1	0	
28/04/2021	L	Pisciclor	700	700	08:00:00		100%	1	700	07:35:00		100%	1	0	
	L	Hipo_tambor	72	72	04:00:00		100%	1	72	04:58:05		100%	1	0	
	A	Hipo_tambor	80	36	01:00:00	24:30:00	45%	0	80	02:43:12	23:13:58	100%	1	44	\$ 2,51
	A	HCl_tambor	240	240	06:00:00		100%	1	240	03:55:12		100%	1	0	
	A	HCl_IBC	1	1	01:00:00		100%	1	1	00:03:26		100%	1	0	
	L	Soda_garrafa	134	134	02:30:00		100%	1	134	02:40:48		100%	1	0	
	L	Soda_IBC	4	7	02:00:00		175%	0	4	00:59:19		100%	1	0	
	L	Labsa_IBC	1	0	00:00:00		0%	0	1	00:18:56		100%	1	1	\$ 1,32
29/04/2021	L	Pisciclor	600	600	08:00:00		100%	1	600	06:30:00		100%	1	0	
	L	Hipo_tambor	52	52	03:30:00		100%	1	52	03:35:17		100%	1	0	
	A	Hipo_tambor	80	72	02:00:00	20:00:00	90%	0	80	02:43:12	18:37:59	100%	1	8	\$ 0,46
	A	Labsa_IBC	6	6	02:00:00		100%	1	6	00:20:38		100%	1	0	
	L	Hipo_IBC	3	3	01:00:00		100%	1	3	00:40:23		100%	1	0	
	L	HCl_tambor	40	40	02:30:00		100%	1	40	04:04:00		100%	1	0	
	L	Soda_IBC	3	3	01:00:00		100%	1	3	00:44:29		100%	1	0	
30/04/2021	L	Pisciclor	600	600	09:00:00		100%	1	600	06:30:00		100%	1	0	
	L	Agroclor	358	358	06:30:00	15:30:00	100%	1	358	03:52:42	15:53:54	100%	1	0	
	L	Hipo_tambor	80	0	00:00:00		0%	0	80	05:31:12		100%	1	80	\$ 4,56

## ANEXO 8 CUMPLIMIENTO REAL, TEÓRICO PARA EL MES DE MAYO 2021

Tabla 22 Cumplimiento real, teórico para el mes de mayo 2021. Fuente: Elaboración propia.

FECHA	Actividad	REFERENCIA	Pedido	Real					Teórico con sistema					Ganancia	
				Llenados y alistamientos realizados	Tiempo llenado y alistado por referencia (h)	Tiempo total de pedido completo (h)	Cumplimiento por referencia (%)	OTIF	Llenados y alistamiento según software	Tiempo llenado y alistado por referencia (h)	Tiempo total de pedido completo (h)	Cumplimiento teórico	OTIF	Unidades faltantes	Utilidad dejada de recibir
1/5/2021	L	Hipo_tambor	60	20	01:00:00		33%	0	60	04:08:24		100%	1	40	\$ 2,28
	A	HCl_tambor	40	16	01:00:00		40%	0	40	00:39:12		100%	1	24	\$ 0,62
	A	Soda_IBC	6	6	01:00:00	14:30:00	100%	1	6	00:20:38	37:21:10	100%	1	0	
	L	Soda_garrafa	160	162	05:00:00		101%	1	160	03:12:00		100%	1	0	
	L	Labsa_tambor	300	80	06:00:00		27%	0	300	28:42:00		100%	1	220	\$ 103,33
	L	Labsa_IBC	1	1	00:30:00		100%	1	1	00:18:56		100%	1	0	
3/5/2021	L	Pisciclor	400	400	06:00:00		100%	1	400	04:20:00		100%	1	0	
	A	Soda_IBC	3	3	01:00:00		100%	1	3	00:10:19		100%	1	0	
	A	Labsa_tambor	80	80	02:00:00	13:00:00	100%	1	80	01:18:24	13:07:43	100%	1	0	
	L	Agroclor	300	0	00:00:00		0%	0	300	03:15:00		100%	1	300	\$ 1,70
	L	HCl_tambor	40	40	04:00:00		100%	1	40	04:04:00		100%	1	0	
4/5/2021	L	Pisciclor	100	100	01:30:00		100%	1	100	01:05:00		100%	1	0	
	L	Agroclor	300	305	04:00:00		102%	1	300	03:15:00		100%	1	0	
	L	Hipo_tambor	40	40	03:00:00		100%	1	40	02:45:36		100%	1	0	
	A	Hipo_tambor	40	40	01:00:00	16:18:00	100%	1	40	01:21:36	14:05:31	100%	1	0	
	A	Labsa_IBC	3	3	01:00:00		100%	1	3	00:10:19		100%	1	0	
	L	HCl_tambor	40	40	04:00:00		100%	1	40	04:04:00		100%	1	0	
	L	Soda_garrafa	70	69	01:48:00		99%	1	70	01:24:00		100%	1	1	\$ 0,03
5/5/2021	L	Agroclor	500	500	06:30:00		100%	1	500	05:25:00		100%	1	0	
	L	HCl_tambor	28	28	02:30:00	10:00:00	100%	1	28	02:50:48	08:45:28	100%	1	0	
	L	Soda_IBC	2	2	01:00:00		100%	1	2	00:29:40		100%	1	0	
6/5/2021	L	Labsa_garrafa	502	161	03:30:00		32%	0	502	12:48:04		100%	1	341	\$ 11,73
	L	Labsa_tambor	55	54	05:00:00	10:00:00	98%	1	55	05:15:42	19:19:29	100%	1	1	\$ 0,47
	L	Labsa_IBC	4	4	01:30:00		100%	1	4	01:15:43		100%	1	0	
07/05/2021	L	Hipo_IBC	10	10	02:30:00		100%	1	10	02:14:36		100%	1	0	
	A	Hipo_IBC	10	10	01:00:00	11:30:00	100%	1	10	00:34:24	12:59:00	100%	1	0	
	L	HCl_tambor	100	100	08:00:00		100%	1	100	10:10:00		100%	1	0	
11/05/2021	L	Hipo_tambor	80	80	05:30:00		100%	1	80	05:31:12		100%	1	0	
	A	Hipo_tambor	40	40	01:30:00		100%	1	40	01:21:36		100%	1	0	
	L	Hipo_IBC	30	10	02:30:00		33%	0	30	06:43:48		100%	1	20	\$ 12,40
	A	Hipo_IBC	5	5	01:00:00	32:00:00	100%	1	5	00:17:12	23:07:00	100%	1	0	
	L	HCl_tambor	68	0	00:00:00		0%	0	68	06:54:48		100%	1	68	\$ 1,76
	A	HCl_tambor	80	80	20:00:00		100%	1	80	01:18:24		100%	1	0	
	L	Soda_garrafa	50	50	01:30:00		100%	1	50	01:00:00		100%	1	0	

12/05/2021	L	Pisciclor	1000	1016	09:30:00		102%	1	1000	10:50:00		100%	1	0	
	L	Agroclor	300	295	03:00:00		98%	1	300	03:15:00		100%	1	5	\$ 0,03
	A	Hipo_tambor	40	32	01:00:00		80%	0	40	01:21:36		100%	1	8	\$ 0,46
	L	Hipo_IBC	2	2	01:00:00	16:30:00	100%	1	2	00:26:55	19:45:02	100%	1	0	
	A	Hipo_IBC	5	5	01:00:00		100%	1	5	00:17:12		100%	1	0	
	A	Soda_IBC	3	3	01:00:00		100%	1	3	00:10:19		100%	1	0	
	L	Soda_garrafa	170	0	00:00:00		0%	0	170	03:24:00		100%	1	170	\$ 4,54
13/05/2021	L	Pisciclor	600	612	06:30:00		102%	1	600	06:30:00		100%	1	0	
	L	Hipo_IBC	10	10	02:30:00		100%	1	10	02:14:36		100%	1	0	
	A	Hipo_IBC	5	5	01:00:00	13:00:00	100%	1	5	00:17:12	19:49:48	100%	1	0	
	A	Hipo_tambor	40	34	01:00:00		85%	0	40	01:21:36		100%	1	6	\$ 0,34
	A	HCl_tambor	80	80	02:00:00		100%	1	80	01:18:24		100%	1	0	
	L	HCl_tambor	80	0	00:00:00		0%	0	80	08:08:00		100%	1	80	\$ 2,07
14/05/2021	L	Pisciclor	700	700	11:00:00		100%	1	700	07:35:00		100%	1	0	
	L	Hipo_IBC	10	10	04:00:00		100%	1	10	02:14:36		100%	1	0	
	A	Hipo_IBC	2	2	00:30:00	29:30:00	100%	1	2	00:06:53	17:18:16	100%	1	0	
	A	Hipo_tambor	80	72	02:00:00		90%	0	80	02:43:12		100%	1	8	\$ 0,46
	L	HCl_tambor	40	120	10:30:00		300%	0	40	04:04:00		100%	1	0	
	A	HCl_tambor	5	5	00:30:00		100%	1	5	00:04:54		100%	1	0	
	L	HCl_IBC	2	2	01:00:00		100%	1	2	00:29:41		100%	1	0	
15/05/2021	L	Pisciclor	750	500	05:00:00		67%	0	750	08:07:30		100%	1	250	\$ 2,09
	L	Hipo_IBC	13	3	01:30:00		23%	0	13	02:54:59		100%	1	10	\$ 6,20
	A	Hipo_IBC	15	15	01:30:00	18:30:00	100%	1	15	00:51:36	27:23:41	100%	1	0	
	A	Hipo_tambor	40	16	01:00:00		40%	0	40	01:21:36		100%	1	24	\$ 1,37
	L	HCl_tambor	80	40	02:30:00		50%	0	80	08:08:00		100%	1	40	\$ 1,04
	L	Soda_garrafa	300	300	07:00:00		100%	1	300	06:00:00		100%	1	0	
17/05/2021	L	Hipo_tambor	80	0	00:00:00	00:00:00	0%	0	80	05:31:12	05:31:12	100%	1	80	\$ 4,56
18/05/2021	L	Pisciclor	750	200	02:00:00		27%	0	750	08:07:30		100%	1	550	\$ 4,60
	L	Hipo_tambor	40	60	04:30:00		150%	0	40	02:45:36		100%	1	0	
	A	Hipo_tambor	40	40	02:30:00		100%	1	40	01:21:36		100%	1	0	
	L	Hipo_IBC	10	0	00:00:00	13:30:00	0%	0	10	02:14:36	19:04:16	100%	1	10	\$ 6,20
	A	Hipo_IBC	7	7	01:00:00		100%	1	7	00:24:05		100%	1	0	
	A	HCl_IBC	2	2	00:30:00		100%	1	2	00:06:53		100%	1	0	
	L	HCl_tambor	40	40	03:00:00		100%	1	40	04:04:00		100%	1	0	
19/05/2021	L	Pisciclor	700	700	08:00:00		100%	1	700	07:35:00		100%	1	0	
	L	Agroclor	800	100	01:00:00		13%	0	800	08:40:00		100%	1	700	\$ 3,96
	L	Hipo_garrafa	179	0	00:00:00	14:00:00	0%	0	179	01:56:21	25:28:09	100%	1	179	\$ 1,01
	A	Hipo_tambor	40	12	00:30:00		30%	0	40	01:21:36		100%	1	28	\$ 1,60
	A	HCl_tambor	240	240	04:30:00		100%	1	240	03:55:12		100%	1	0	
	L	Soda_garrafa	100	0	00:00:00		0%	0	100	02:00:00		100%	1	100	\$ 2,67
20/05/2021	L	Agroclor	300	700	09:00:00		233%	0	300	03:15:00		100%	1	0	
	L	Hipo_IBC	7	0	00:00:00		0%	0	7	01:34:13		100%	1	7	\$ 4,34
	A	Hipo_IBC	15	15	03:00:00	19:00:00	100%	1	15	00:51:36	17:26:49	100%	1	0	
	L	HCl_tambor	100	40	04:00:00		40%	0	100	10:10:00		100%	1	60	\$ 1,56
	L	Soda_garrafa	80	81	03:00:00		101%	1	80	01:36:00		100%	1	0	
21/05/2021	L	Agroclor	400	300	04:00:00		75%	0	400	04:20:00		100%	1	100	\$ 0,57
	L	Hipo_IBC	10	10	04:00:00		100%	1	10	02:14:36		100%	1	0	
	A	Hipo_IBC	3	3	01:00:00	23:00:00	100%	1	3	00:10:19	16:24:13	100%	1	0	
	L	HCl_tambor	68	128	12:30:00		188%	0	68	06:54:48		100%	1	0	
	L	Soda_garrafa	100	80	01:30:00		80%	0	100	02:00:00		100%	1	20	\$ 0,53

	L	Soda_IBC	3	0	00:00:00		0%	0	3	00:44:29		100%	1	3	\$	2,69
22/05/2021	L	Pisciclor	1200	1180	12:00:00		98%	1	1200	13:00:00		100%	1	20	\$	0,17
	L	Agroclor	500	510	08:00:00		102%	1	500	05:25:00		100%	1	0		
	A	Hipo_IBC	8	8	01:00:00	25:30:00	100%	1	8	00:27:31	25:45:19	100%	1	0		
	A	Hipo_tambor	40	36	01:30:00		90%	0	40	01:21:36		100%	1	4	\$	0,23
	L	Hipo_tambor	80	40	03:00:00		50%	0	80	05:31:12		100%	1	40	\$	2,28
24/05/2021	A	Hipo_tambor	80	72	02:00:00		90%	0	80	02:43:12		100%	1	8	\$	0,46
	A	HCl_tambor	200	200	06:00:00	08:00:00	100%	1	200	03:16:00	06:39:35	100%	1	0		
	L	Hipo_IBC	3	0	00:00:00		0%	0	3	00:40:23		100%	1	3	\$	1,86
25/05/2021	L	Pisciclor	600	600	09:00:00		100%	1	600	06:30:00		100%	1	0		
	L	Hipo_tambor	80	80	06:00:00		100%	1	80	05:31:12		100%	1	0		
	L	Hipo_IBC	2	2	01:30:00	20:30:00	100%	1	2	00:26:55	16:42:26	100%	1	0		
	A	Soda_IBC	3	3	00:30:00		100%	1	3	00:10:19		100%	1	0		
	L	HCl_tambor	40	40	03:30:00		100%	1	40	04:04:00		100%	1	0		
26/05/2021	L	Pisciclor	700	700	09:30:00		100%	1	700	07:35:00		100%	1	0		
	L	Agroclor	200	200	03:00:00		100%	1	200	02:10:00		100%	1	0		
	A	Hipo_tambor	80	50	02:00:00		63%	0	80	02:43:12		100%	1	30	\$	1,71
	A	Hipo_IBC	2	2	00:30:00	20:30:00	100%	1	2	00:06:53	18:23:34	100%	1	0		
	L	HCl_tambor	40	40	03:30:00		100%	1	40	04:04:00		100%	1	0		
	L	Soda_garrafa	50	50	01:00:00		100%	1	50	01:00:00		100%	1	0		
	L	Soda_IBC	3	3	01:00:00		100%	1	3	00:44:29		100%	1	0		
27/05/2021	L	Pisciclor	300	300	05:00:00		100%	1	300	03:15:00		100%	1	0		
	L	Agroclor	200	200	03:00:00		100%	1	200	02:10:00		100%	1	0		
	L	Hipo_tambor	80	80	07:30:00		100%	1	80	05:31:12		100%	1	0		
	A	Hipo_tambor	40	36	01:30:00	24:00:00	90%	0	40	01:21:36	18:32:07	100%	1	4	\$	0,23
	L	HCl_tambor	40	40	03:30:00		100%	1	40	04:04:00		100%	1	0		
	A	Soda_IBC	3	3	01:00:00		100%	1	3	00:10:19		100%	1	0		
	L	Soda_garrafa	100	100	02:30:00		100%	1	100	02:00:00		100%	1	0		
28/05/2021	L	Pisciclor	500	500	06:00:00		100%	1	500	05:25:00		100%	1	0		
	L	Agroclor	400	400	06:00:00	18:30:00	100%	1	400	04:20:00	15:45:48	100%	1	0		
	L	Hipo_tambor	40	40	03:30:00		100%	1	40	02:45:36		100%	1	0		
	L	HCl_tambor	32	32	03:00:00		100%	1	32	03:15:12		100%	1	0		
29/05/2021	L	Pisciclor	500	500	06:00:00		100%	1	500	05:25:00		100%	1	0		
	L	Agroclor	200	200	02:00:00		100%	1	200	02:10:00		100%	1	0		
	L	Hipo_garrafa	150	0	00:00:00	15:00:00	0%	0	150	01:37:30	14:26:10	100%	1	150	\$	0,85
	L	Hipo_tambor	40	40	03:30:00		100%	1	40	02:45:36		100%	1	0		
	L	Hipo_IBC	11	11	03:30:00		100%	1	11	02:28:04		100%	1	0		
31/05/2021	L	Pisciclor	300	300	05:30:00		100%	1	300	03:15:00		100%	1	0		
	L	Agroclor	300	300	05:00:00		100%	1	300	03:15:00		100%	1	0		
	L	Hipo_tambor	40	40	03:30:00	16:00:00	100%	1	40	02:45:36	11:17:36	100%	1	0		
	L	HCl_tambor	20	20	02:00:00		100%	1	20	02:02:00		100%	1	0		

## ANEXO 9 CUMPLIMIENTO REAL, TEÓRICO PARA EL MES DE JUNIO 2021

Tabla 23 Cumplimiento real, teórico para el mes de junio 2021. Fuente: Elaboración propia.

FECHA	Actividad	REFERENCIA	Pedido	Real					Teórico con sistema					Ganancia	
				Llenados y alistamientos realizados	Tiempo llenado y alistado por referencia (h)	Tiempo total de pedido completo (h)	Cumplimiento por referencia (%)	OTIF	Llenados y alistamiento según software	Tiempo llenado y alistado por referencia (h)	Tiempo total de pedido completo (h)	Cumplimiento teorico	OTIF	Unidades faltantes	Utilidad dejada de recibir
1/6/2021	L	Pisciclor	300	305	06:30:00		102%	1	300	03:15:00		100%	1	0	
	L	Agroclor	200	200	02:30:00		100%	1	200	02:10:00		100%	1	0	
	L	Hipo_tambor	68	0	00:00:00	14:00:00	0%	0	68	04:41:31	17:40:02	100%	1	68	\$ 3,87
	L	HCl_tambor	48	48	05:00:00		100%	1	48	04:52:48		100%	1	0	
	L	Labsa_tambor	28	0	00:00:00		0%	0	28	02:40:43		100%	1	28	\$ 13,15
2/06/2021	L	HCl_tambor	120	56	05:30:00		47%	0	120	12:12:00		100%	1	64	\$ 1,66
	A	HCl_tambor	120	122	04:30:00		102%	1	120	01:57:36		100%	1	0	
	A	Hipo_tambor	80	80	01:30:00		100%	1	80	02:43:12		100%	1	0	
	A	Hipo_IBC	3	3	00:30:00	16:00:00	100%	1	3	00:10:19	20:09:37	100%	1	0	
	A	Labsa_tambor	80	80	02:00:00		100%	1	80	01:18:24		100%	1	0	
	L	Soda_garrafa	53	0	00:00:00		0%	0	53	01:03:36		100%	1	53	\$ 1,41
3/06/2021	L	Soda_IBC	3	3	02:00:00		100%	1	3	00:44:29		100%	1	0	
	L	Agroclor	500	3	00:30:00		1%	0	500	05:25:00		100%	1	497	\$ 2,81
	L	Hipo_tambor	44	44	04:00:00		100%	1	44	03:02:10		100%	1	0	
	A	Hipo_tambor	40	20	01:00:00	14:00:00	50%	0	40	01:21:36	21:15:05	100%	1	20	\$ 1,14
	A	Hipo_IBC	3	3	01:00:00		100%	1	3	00:10:19		100%	1	0	
	A	HCl_tambor	200	196	04:30:00		98%	1	200	03:16:00		100%	1	4	\$ 0,10
04/06/2021	L	Soda_garrafa	400	109	03:00:00		27%	0	400	08:00:00		100%	1	291	\$ 7,76
	L	Pisciclor	1300	600	06:00:00	11:00:00	46%	0	1300	14:05:00	18:13:24	100%	1	700	\$ 5,85
05/06/2021	L	Hipo_tambor	60	60	05:00:00		100%	1	60	04:08:24		100%	1	0	
	L	Pisciclor	1502	2200	27:00:00		146%	0	1502	16:16:18		100%	1	0	
	L	Agroclor	350	590	08:30:00		169%	0	350	03:47:30		100%	1	0	
	L	Hipo_tambor	92	92	08:30:00		100%	1	92	06:20:53		100%	1	0	
	A	Hipo_IBC	2	2	00:30:00	65:00:00	100%	1	0	00:06:53	49:42:39	0%	0	0	
	L	HCl_tambor	80	80	07:00:00		100%	1	80	08:08:00		100%	1	0	
	L	Soda_garrafa	400	400	06:30:00		100%	1	203	08:00:00		51%	0	0	
09/06/2021	L	Soda_IBC	3	3	01:00:00		100%	1	0	00:44:29		0%	0	0	
	L	Labsa_IBC	20	20	06:00:00		100%	1	0	06:18:36		0%	0	0	
	L	Pisciclor	600	600	07:30:00		100%	1	600	06:30:00		100%	1	0	
	L	Hipo_garrafa	100	0	00:00:00	89:30:00	0%	0	100	01:05:00	18:36:50	100%	1	100	\$ 0,57
09/06/2021	L	Hipo_tambor	16	16	01:30:00		100%	1	16	01:06:14		100%	1	0	
	A	Hipo_tambor	120	118	72:00:00		98%	1	120	04:04:48		100%	1	2	\$ 0,11

	L	Hipo_IBC	6	6	01:30:00		100%	1	6	01:20:46		100%	1	0	
	L	HCl_tambor	32	40	04:00:00		125%	0	32	03:15:12		100%	1	0	
	L	HCl_IBC	1	1	01:00:00		100%	1	1	00:14:50		100%	1	0	
	L	Soda_garrafa	50	51	02:00:00		102%	1	50	01:00:00		100%	1	0	
10/06/2021	L	Pisciclor	600	600	07:00:00		100%	1	600	06:30:00		100%	1	0	
	L	Agroclor	500	300	03:30:00		60%	0	500	05:25:00		100%	1	200	\$ 1,13
	A	Soda_IBC	3	3	00:30:00	15:30:00	100%	1	3	00:10:19	15:36:02	100%	1	0	
	A	HCl_tambor	120	116	03:00:00		97%	0	120	01:57:36		100%	1	4	\$ 0,10
	A	Hipo_IBC	3	3	00:30:00		100%	1	3	00:10:19		100%	1	0	
	L	Hipo_tambor	20	20	01:00:00		100%	1	20	01:22:48		100%	1	0	
11/06/2021	L	Hipo_tambor	152	152	07:00:00		100%	1	152	10:29:17		100%	1	0	
	A	HCl_IBC	1	1	01:00:00	12:00:00	100%	1	1	00:03:26	14:36:43	100%	1	0	
	L	HCl_tambor	40	40	04:00:00		100%	1	40	04:04:00		100%	1	0	
12/06/2021	L	Pisciclor	1000	1000	12:30:00		100%	1	1000	10:50:00		100%	1	0	
	A	Hipo_tambor	160	152	02:00:00		95%	0	160	05:26:24		100%	1	8	\$ 0,46
	A	HCl_tambor	40	40	01:30:00	17:30:00	100%	1	40	00:39:12	30:45:12	100%	1	0	
	L	HCl_tambor	136	28	01:30:00		21%	0	136	13:49:36		100%	1	108	\$ 2,80
13/06/2021	L	Hipo_tambor	124	0	00:00:00	00:00:00	0%	0	124	08:33:22	08:33:22	100%	1	124	\$ 7,06
14/06/2021	L	Hipo_tambor	100	100	08:30:00		100%	1	100	06:54:00		100%	1	0	
	L	Labsa_tambor	80	0	00:00:00	08:30:00	0%	0	80	07:39:12	14:33:12	100%	1	80	\$ 37,57
15/06/2021	L	Pisciclor	700	690	07:30:00		99%	1	700	07:35:00		100%	1	10	\$ 0,08
	L	Agroclor	400	0	00:00:00		0%	0	400	04:20:00		100%	1	400	\$ 2,27
	A	Hipo_tambor	80	81	03:00:00	10:30:00	101%	1	80	02:43:12	24:48:12	100%	1	0	
	L	HCl_tambor	100	0	00:00:00		0%	0	100	10:10:00		100%	1	100	\$ 2,59
16/06/2021	L	Pisciclor	300	294	04:12:00		98%	1	300	03:15:00		100%	1	6	\$ 0,05
	L	Hipo_bidones	128	0	00:00:00		0%	0	128	07:56:10		100%	1	128	\$ 0,55
	A	Hipo_tambor	160	163	05:30:00		102%	1	160	05:26:24		100%	1	0	
	L	HCl_tambor	20	20	01:30:00	19:42:00	100%	1	20	02:02:00	27:38:52	100%	1	0	
	A	HCl_tambor	80	80	06:00:00		100%	1	80	01:18:24		100%	1	0	
	A	Labsa_tambor	80	80	02:30:00		100%	1	80	01:18:24		100%	1	0	
17/06/2021	L	Labsa_garrafa	250	0	00:00:00		0%	0	250	06:22:30		100%	1	250	\$ 8,60
	L	Pisciclor	900	882	10:00:00		98%	1	900	09:45:00		100%	1	18	\$ 0,15
	L	Hipo_garrafa	200	0	00:00:00		0%	0	200	02:10:00		100%	1	200	\$ 1,13
	L	Hipo_tambor	80	0	00:00:00		0%	0	80	05:31:12		100%	1	80	\$ 4,56
	L	Hipo_IBC	3	3	01:30:00		100%	1	3	00:40:23		100%	1	0	
	A	Hipo_IBC	1	1	00:30:00	17:30:00	100%	1	1	00:03:26	21:35:59	100%	1	0	
	A	HCl_tambor	160	160	03:00:00		100%	1	160	02:36:48		100%	1	0	
	L	HCl_IBC	1	1	00:45:00		100%	1	1	00:14:50		100%	1	0	
	A	Soda_IBC	3	3	01:00:00		100%	1	3	00:10:19		100%	1	0	
L	Soda_garrafa	20	20	00:45:00		100%	1	20	00:24:00		100%	1	0		
18/06/2021	L	Agroclor	420	420	05:00:00	09:00:00	100%	1	420	04:33:00	08:37:00	100%	1	0	
	L	HCl_tambor	40	40	04:00:00		100%	1	40	04:04:00		100%	1	0	
19/06/2021	L	Pisciclor	600	590	07:00:00		98%	1	600	06:30:00		100%	1	10	\$ 0,08
	A	Labsa_IBC	8	8	01:30:00		100%	1	8	00:27:31		100%	1	0	
	A	Hipo_bidones	128	128	02:30:00		100%	1	128	03:17:07		100%	1	0	
	L	Hipo_garrafa	345	145	02:00:00	22:30:00	42%	0	345	03:44:15	24:16:28	100%	1	200	\$ 1,13
	L	Hipo_tambor	100	100	07:00:00		100%	1	100	06:54:00		100%	1	0	
	A	Hipo_tambor	80	80	01:30:00		100%	1	80	02:43:12		100%	1	0	
L	Hipo_IBC	3	3	01:00:00		100%	1	3	00:40:23		100%	1	0		
20/06/2021	L	Hipo_tambor	100	0	00:00:00	00:00:00	0%	0	100	06:54:00	06:54:00	100%	1	100	\$ 5,70

21/06/2021	L	Pisciclor	600	600	07:30:00		100%	1	600	06:30:00		100%	1	0	
	A	Hipo_tambor	80	80	02:30:00		100%	1	80	02:43:12		100%	1	0	
	A	Hipo_IBC	3	3	01:00:00	16:30:00	100%	1	3	00:10:19	25:31:31	100%	1	0	
	L	HCl_tambor	80	79	05:30:00		99%	1	80	08:08:00		100%	1	1	\$ 0,03
	L	Soda_garrafa	400	0	00:00:00		0%	0	400	08:00:00		100%	1	400	\$ 10,67
22/06/2021	L	Pisciclor	600	590	06:19:48		98%	1	600	06:30:00		100%	1	10	\$ 0,08
	L	Agroclor	300	300	05:00:00		100%	1	300	03:15:00		100%	1	0	
	L	Hipo_tambor	40	0	00:00:00		0%	0	40	02:45:36		100%	1	40	\$ 2,28
	A	Hipo_tambor	40	40	01:30:00		100%	1	40	01:21:36		100%	1	0	
	A	HCl_tambor	120	121	04:00:00	27:19:48	101%	1	120	01:57:36	24:54:47	100%	1	0	
	A	HCl_IBC	1	1	00:30:00		100%	1	1	00:03:26		100%	1	0	
	L	Soda_IBC	3	3	01:00:00		100%	1	3	00:44:29		100%	1	0	
	L	Labsa_tambor	80	79	09:00:00		99%	1	80	07:39:12		100%	1	1	\$ 0,47
23/06/2021	L	Labsa_IBC	2	0	00:00:00		0%	0	2	00:37:52		100%	1	2	\$ 2,64
	L	HCl_tambor	80	28	02:00:00		35%	0	80	08:08:00		100%	1	52	\$ 1,35
	A	HCl_tambor	240	216	05:00:00		90%	0	240	03:55:12		100%	1	24	\$ 0,62
	A	Hipo_tambor	120	118	03:20:00	20:20:00	98%	1	120	04:04:48	26:02:48	100%	1	2	\$ 0,11
	L	Soda_garrafa	400	384	08:30:00		96%	0	400	08:00:00		100%	1	16	\$ 0,43
24/06/2021	L	Labsa_tambor	20	20	01:30:00		100%	1	20	01:54:48		100%	1	0	
	A	Hipo_tambor	40	40	01:30:00	06:00:00	100%	1	40	01:21:36	06:48:47	100%	1	0	
25/06/2021	L	Labsa_tambor	57	57	04:30:00		100%	1	57	05:27:11		100%	1	0	
	A	Labsa_tambor	80	80	01:30:00	08:00:00	100%	1	80	01:18:24	08:57:36	100%	1	0	
27/06/2021	L	Labsa_tambor	80	80	06:30:00		100%	1	80	07:39:12		100%	1	0	
	L	Pisciclor	600	590	00:00:00		98%	1	600	06:30:00		100%	1	10	\$ 0,08
	L	Agroclor	604	604	08:00:00	10:30:00	100%	1	604	06:32:36	18:14:08	100%	1	0	
	L	Hipo_tambor	72	20	02:00:00		28%	0	72	04:58:05		100%	1	52	\$ 2,96
28/06/2021	L	Hipo_IBC	1	1	00:30:00		100%	1	1	00:13:28		100%	1	0	
	L	Pisciclor	750	750	10:00:00		100%	1	750	08:07:30		100%	1	0	
	L	Agroclor	450	450	06:00:00	16:00:00	100%	1	450	04:52:30	15:31:26	100%	1	0	
29/06/2021	L	Labsa_IBC	8	0	00:00:00		0%	0	8	02:31:26		100%	1	8	\$ 10,55
	L	Hipo_tambor	72	72	05:30:00		100%	1	72	04:58:05		100%	1	0	
	A	Hipo_IBC	3	3	01:00:00	10:30:00	100%	1	3	00:10:19	08:58:14	100%	1	0	
	A	Labsa_tambor	80	80	01:30:00		100%	1	80	01:18:24		100%	1	0	
30/06/2021	L	Labsa_IBC	8	8	02:30:00		100%	1	8	02:31:26		100%	1	0	
	L	Pisciclor	720	720	09:30:00		100%	1	720	07:48:00		100%	1	0	
	L	Agroclor	510	320	04:30:00	17:00:00	63%	0	510	05:31:30	15:48:32	100%	1	190	\$ 1,08
30/06/2021	L	Hipo_tambor	36	36	03:00:00		100%	1	36	02:29:02		100%	1	0	

## ANEXO 10 CUMPLIMIENTO REAL, TEÓRICO PARA EL MES DE JULIO 2021

Tabla 24 Cumplimiento real, teórico para el mes de julio 2021. Fuente: Elaboración propia.

FECHA	Actividad	REFERENCIA	Pedido	Real					Teórico con sistema					Ganancia	
				Llenados y alistamientos realizados	Tiempo llenado y alistado por referencia (h)	Tiempo total de pedido completo (h)	Cumplimiento por referencia (%)	OTIF	Llenados y alistamiento según software	Tiempo llenado y alistado por referencia (h)	Tiempo total de pedido completo (h)	Cumplimiento teórico	OTIF	Unidades faltantes	Utilidad dejada de recibir
01/07/2021	L	Pisciclor	700	700	09:30:00		100,00%	1	700	07:35:00		100%	1	0	\$ 1,74
	L	Agroclor	600	292	04:00:00		48,67%	0	600	06:30:00		100%	1	308	
	A	Labsa_IBC	20	20	01:30:00	20:00:00	100,00%	1	20	01:08:48	19:04:26	100%	1	0	
	A	Hipo_tambor	40	40	01:30:00		100,00%	1	40	01:21:36		100%	1	0	
	L	Hipo_tambor	36	36	03:30:00		100,00%	1	36	02:29:02		100%	1	0	
02/07/2021	L	Pisciclor	700	700	11:00:00		100,00%	1	700	07:35:00		100%	1	0	\$ 2,51
	L	Agroclor	200	200	04:00:00		100,00%	1	200	02:10:00		100%	1	0	
	L	Hipo_tambor	44	0	00:00:00	16:00:00	0,00%	0	44	03:02:10	13:07:30	100%	1	44	
	A	Hipo_IBC	2	2	00:30:00		100,00%	1	2	00:06:53		100%	1	0	
	L	Hipo_IBC	1	1	00:30:00		100,00%	1	1	00:13:28		100%	1	0	
03/07/2021	L	Pisciclor	1500	1524	16:00:00		101,60%	1	1500	16:15:00		100%	1	0	\$ 3,42
	L	Agroclor	200	200	03:00:00		100,00%	1	0	02:10:00		0%	0	0	
	L	Hipo_tambor	132	72	05:30:00	28:00:00	54,55%	0	82	09:06:29	44:52:16	62%	0	60	
	L	Hipo_IBC	3	0	00:00:00		0,00%	0	0	00:40:23		0%	0	3	
	L	HCl_tambor	164	40	03:30:00		24,39%	0	164	16:40:24		100%	1	124	
07/07/2021	L	Pisciclor	400	400	02:30:00		100,00%	1	400	04:20:00		100%	1	0	\$ 1,86
	L	Agroclor	300	300	03:00:00		100,00%	1	300	03:15:00		100%	1	0	
	L	HCl_tambor	80	80	06:30:00	16:00:00	100,00%	1	80	08:08:00	18:37:24	100%	1	0	
	A	HCl_tambor	80	80	02:30:00		100,00%	1	80	01:18:24		100%	1	0	
	L	Soda_garrafa	80	80	01:30:00		100,00%	1	80	01:36:00		100%	1	0	
08/07/2021	L	Pisciclor	200	200	03:00:00		100,00%	1	200	02:10:00		100%	1	0	\$ 1,86
	L	Agroclor	300	300	03:00:00		100,00%	1	300	03:15:00		100%	1	0	
	L	Hipo_garrafa	150	150	02:00:00		100,00%	1	150	01:37:30		100%	1	0	
	L	Hipo_tambor	48	48	02:00:00	15:00:00	100,00%	1	48	03:18:43	15:15:55	100%	1	0	
	L	Hipo_IBC	3	0	00:00:00		0,00%	0	3	00:40:23		100%	1	3	
	A	Soda_IBC	3	3	01:00:00		100,00%	1	3	00:10:19		100%	1	0	
09/07/2021	L	HCl_tambor	40	40	04:00:00		100,00%	1	40	04:04:00		100%	1	0	\$ 0,52
	L	Pisciclor	450	450	05:00:00		100,00%	1	450	04:52:30		100%	1	0	
	L	Agroclor	300	300	03:00:00		100,00%	1	300	03:15:00		100%	1	0	
	L	Hipo_IBC	2	2	01:00:00		100,00%	1	0	00:26:55		0%	0	0	
	A	Hipo_tambor	40	40	01:30:00	27:00:00	100,00%	1	40	01:21:36	39:29:37	100%	1	0	
	A	HCl_tambor	80	60	02:00:00		75,00%	0	53	01:18:24		66%	0	20	
	L	HCl_tambor	120	120	10:30:00		100,00%	1	120	12:12:00		100%	1	0	
L	Soda_garrafa	420	220	04:00:00		52,38%	0	420	08:24:00		100%	1	200		

	L	Labsa_tambor	80	0	00:00:00		0,00%	0	80	07:39:12		100%	1	80	\$	37,57
12/07/2021	L	Pisciclor	400	400	04:15:00		100,00%	1	400	04:20:00		100%	1	0		
	L	Agroclor	200	200	02:00:00	19:15:00	100,00%	1	200	02:10:00		100%	1	0		
	L	Hipo_tambor	32	0	00:00:00		0,00%	0	32	02:12:29	20:45:41	100%	1	32	\$	1,82
	A	HCl_tambor	240	240	06:00:00		100,00%	1	240	03:55:12		100%	1	0		
	L	HCl_tambor	80	80	07:00:00		100,00%	1	80	08:08:00		100%	1	0		
L	Hipo_tambor	12	12	01:00:00	100,00%		1	12	00:49:41	100%		1	0			
L	HCl_tambor	40	40	04:00:00	100,00%	1	40	04:04:00	100%	1		0				
13/07/2021	A	HCl_tambor	220	220	06:00:00	18:00:00	100,00%	1	200	03:35:36	21:47:31	91%	0	0		
	L	Labsa_garrafa	398	269	05:30:00		67,59%	0	398	10:08:56		100%	1	129	\$	4,44
	L	Labsa_IBC	10	10	01:30:00		100,00%	1	10	03:09:18		100%	1	0		
	L	Pisciclor	620	627	07:00:00		101,13%	1	620	06:43:00		100%	1	0		
14/07/2021	L	Agroclor	110	110	01:30:00	20:30:00	100,00%	1	110	01:11:30	17:44:11	100%	1	0		
	L	Hipo_tambor	72	72	06:00:00		100,00%	1	72	04:58:05		100%	1	0		
	A	Labsa_IBC	15	15	02:00:00		100,00%	1	15	00:51:36		100%	1	0		
	L	Soda_garrafa	200	200	04:00:00		100,00%	1	200	04:00:00		100%	1	0		
	L	Pisciclor	600	600	07:18:00		100,00%	1	600	06:30:00		100%	1	0		
15/07/2021	L	Agroclor	390	0	00:00:00	13:18:00	0,00%	0	390	04:13:30	21:02:18	100%	1	390	\$	2,21
	L	Hipo_tambor	60	12	01:00:00		20,00%	0	60	04:08:24		100%	1	48	\$	2,73
	A	Hipo_tambor	80	80	02:30:00		100,00%	1	80	02:43:12		100%	1	0		
	A	HCl_tambor	40	20	01:00:00		50,00%	0	40	00:39:12		100%	1	20	\$	0,52
	L	Soda_garrafa	140	16	01:30:00		11,43%	0	140	02:48:00		100%	1	124	\$	3,31
16/07/2021	L	Pisciclor	800	786	09:00:00	17:30:00	98,25%	1	800	08:40:00	20:18:44	100%	1	14	\$	0,12
	L	Agroclor	204	200	03:00:00		98,04%	1	204	02:12:36		100%	1	4	\$	0,02
	L	Hipo_tambor	64	48	02:00:00		75,00%	0	64	04:24:58		100%	1	16	\$	0,91
	A	Hipo_tambor	80	68	02:00:00		85,00%	0	80	02:43:12		100%	1	12	\$	0,68
	L	Hipo_IBC	3	3	01:30:00		100,00%	1	3	00:40:23		100%	1	0		
	L	HCl_tambor	16	0	00:00:00		0,00%	0	16	01:37:36		100%	1	16	\$	0,41
17/07/2021	L	Pisciclor	800	972	10:30:00	21:36:00	121,50%	0	800	08:40:00	19:18:48	100%	1	0		
	L	Agroclor	200	204	03:30:00		102,00%	1	200	02:10:00		100%	1	0		
	L	Hipo_tambor	52	52	05:06:00		100,00%	1	52	03:35:17		100%	1	0		
	A	Hipo_IBC	3	3	01:00:00		100,00%	1	3	00:10:19		100%	1	0		
	A	HCl_tambor	40	16	00:30:00		40,00%	0	40	00:39:12		100%	1	24	\$	0,62
	L	HCl_tambor	40	16	01:00:00		40,00%	0	40	04:04:00		100%	1	24	\$	0,62
19/07/2021	L	Pisciclor	520	320	03:30:00	17:30:00	61,54%	0	520	05:38:00	21:30:24	100%	1	200	\$	1,67
	L	Hipo_tambor	60	60	03:30:00		100,00%	1	60	04:08:24		100%	1	0		
	A	Hipo_tambor	120	108	03:00:00		90,00%	0	120	04:04:48		100%	1	12	\$	0,68
	L	Labsa_tambor	80	80	07:30:00		100,00%	1	80	07:39:12		100%	1	0		
20/07/2021	L	Pisciclor	350	352	06:00:00	21:00:00	100,57%	1	350	03:47:30	17:53:45	100%	1	0		
	L	Hipo_tambor	40	52	03:00:00		130,00%	0	40	02:45:36		100%	1	0		
	L	HCl_tambor	40	40	05:00:00		100,00%	1	40	04:04:00		100%	1	0		
	L	Soda_garrafa	30	30	00:30:00		100,00%	1	30	00:36:00		100%	1	0		
	L	Labsa_garrafa	200	200	05:00:00		100,00%	1	200	05:06:00		100%	1	0		
	L	Labsa_IBC	5	5	01:30:00		100,00%	1	5	01:34:39		100%	1	0		
21/07/2021	L	Pisciclor	90	90	01:30:00	19:30:00	100,00%	1	90	00:58:30	20:24:45	100%	1	0		
	L	Hipo_bidones	128	128	06:00:00		100,00%	1	128	07:56:10		100%	1	0		
	L	Hipo_tambor	20	20	02:00:00		100,00%	1	20	01:22:48		100%	1	0		
	L	HCl_tambor	20	20	03:00:00		100,00%	1	20	02:02:00		100%	1	0		
	A	HCl_tambor	40	32	01:30:00		80,00%	0	40	00:39:12		100%	1	8	\$	0,21

	A	Labsa_IBC	5	5	01:30:00		100.00%	1	5	00:17:12		100%	1	0	
	A	Labsa_tambor	80	80	03:00:00		100.00%	1	80	01:18:24		100%	1	0	
	L	Soda_IBC	3	3	01:00:00		100.00%	1	3	00:44:29		100%	1	0	
	L	Labsa_garrafa	200	0	00:00:00		0.00%	0	200	05:06:00		100%	1	200	\$ 6,88
22/07/2021	L	Pisciclor	400	400	05:00:00		100.00%	1	400	04:20:00		100%	1	0	
	L	Agroclor	300	300	04:00:00		100.00%	1	300	03:15:00		100%	1	0	
	L	Hipo_tambor	80	80	05:00:00		100.00%	1	80	05:31:12		100%	1	0	
	A	Hipo_tambor	80	52	02:00:00		65.00%	0	80	02:43:12		100%	1	28	\$ 1,60
	L	Hipo_IBC	3	0	00:00:00	24:00:00	0.00%	0	3	00:40:23	22:38:31	100%	1	3	\$ 1,86
	A	Hipo_bidones	128	128	04:00:00		100.00%	1	128	03:17:07		100%	1	0	
	A	Soda_IBC	4	4	01:00:00		100.00%	1	4	00:13:46		100%	1	0	
	L	Soda_garrafa	100	100	02:00:00		100.00%	1	100	02:00:00		100%	1	0	
	L	Labsa_IBC	2	2	01:00:00		100.00%	1	2	00:37:52		100%	1	0	
23/07/2021	L	Pisciclor	200	200	03:00:00		100.00%	1	200	02:10:00		100%	1	0	
	L	Agroclor	204	204	03:00:00		100.00%	1	204	02:12:36		100%	1	0	
	L	Hipo_garrafa	150	150	02:30:00	22:00:00	100.00%	1	150	01:37:30	16:56:29	100%	1	0	
	L	Hipo_tambor	80	80	07:30:00		100.00%	1	80	05:31:12		100%	1	0	
	L	HCl_tambor	44	44	05:00:00		100.00%	1	44	04:28:24		100%	1	0	
	L	Labsa_IBC	3	3	01:00:00		100.00%	1	3	00:56:47		100%	1	0	
24/07/2021	L	Pisciclor	620	620	07:30:00		100.00%	1	620	06:43:00		100%	1	0	
	L	Agroclor	420	100	01:00:00		23.81%	0	420	04:33:00		100%	1	320	\$ 1,81
	L	Hipo_tambor	20	20	01:00:00	19:00:00	100.00%	1	20	01:22:48	22:34:00	100%	1	0	
	A	Hipo_tambor	80	80	02:00:00		100.00%	1	80	02:43:12		100%	1	0	
	A	Labsa_IBC	5	5	01:00:00		100.00%	1	5	00:17:12		100%	1	0	
	L	HCl_tambor	68	68	06:30:00		100.00%	1	68	06:54:48		100%	1	0	
25/07/2021	L	HCl_tambor	20	20	02:30:00	10:00:00	100.00%	1	20	02:02:00	09:41:12	100%	1	0	
	L	Labsa_tambor	80	80	07:30:00		100.00%	1	80	07:39:12		100%	1	0	

## ANEXO 11 COMPARACIÓN DE MEDIAS PARA CONJUNTOS ACTIVIDAD – REFERENCIA

Las siguientes graficas fueron desarrolladas en el software SPSS, para todas aplica que L: llenado y A: Alistamiento.

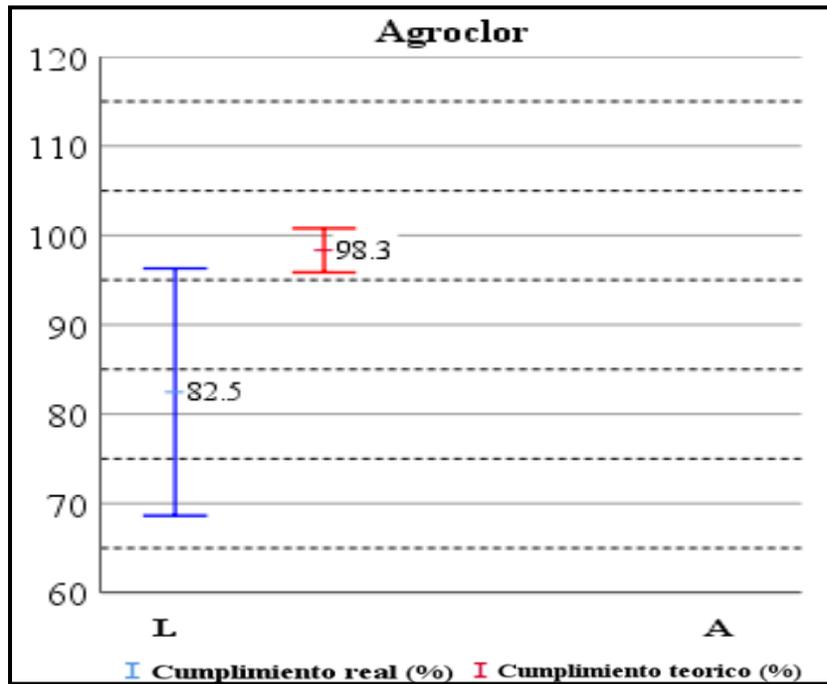


Figura 27 Comparación de medias para llenado de Agroclor. Fuente: Elaboración propia.

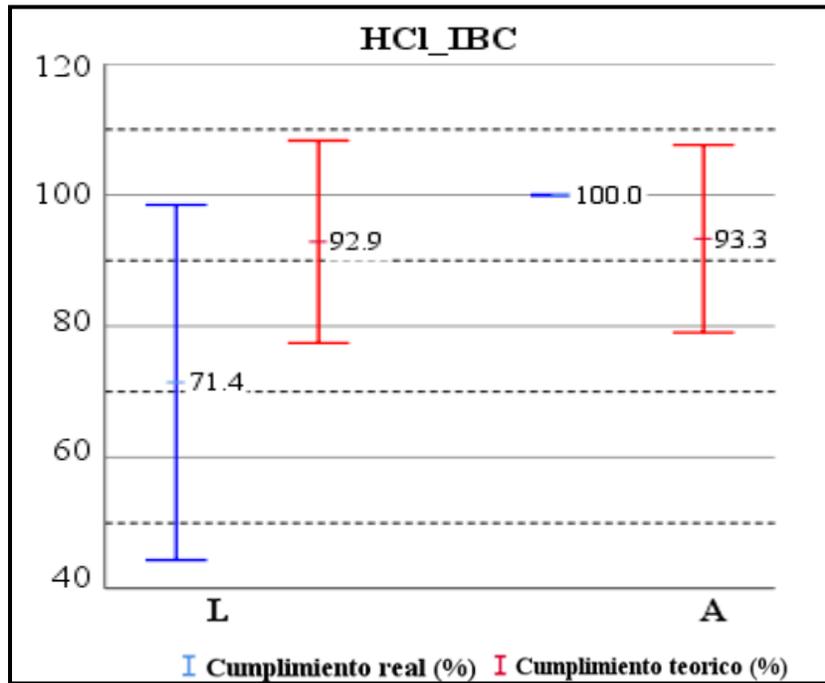


Figura 28 Comparación de medias para llenado y alistamiento de HCl\_IBC. Fuente: Elaboración propia.

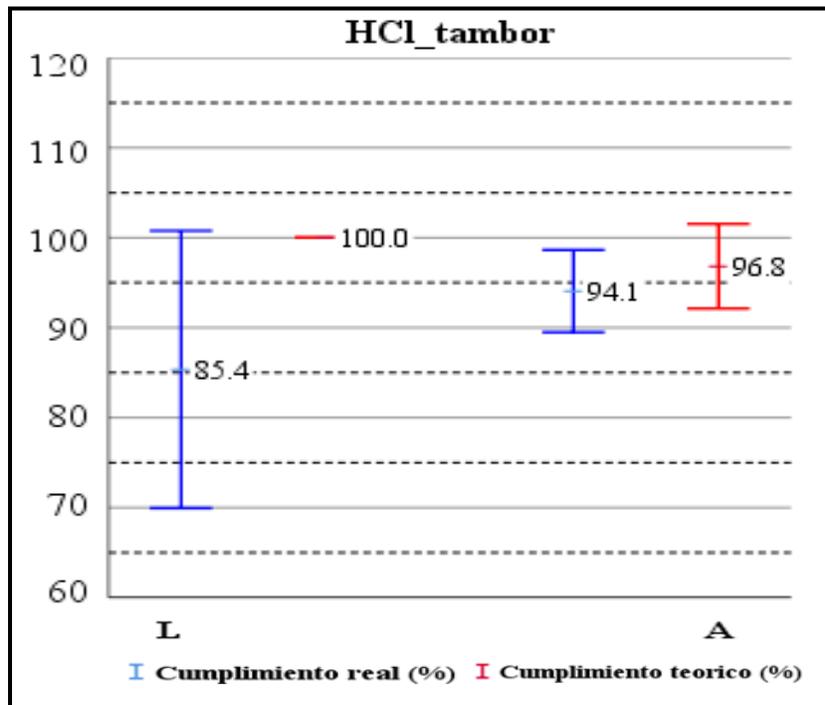


Figura 29 Comparación de medias para llenado y alistamiento de HCl\_tambor. Fuente: Elaboración propia.

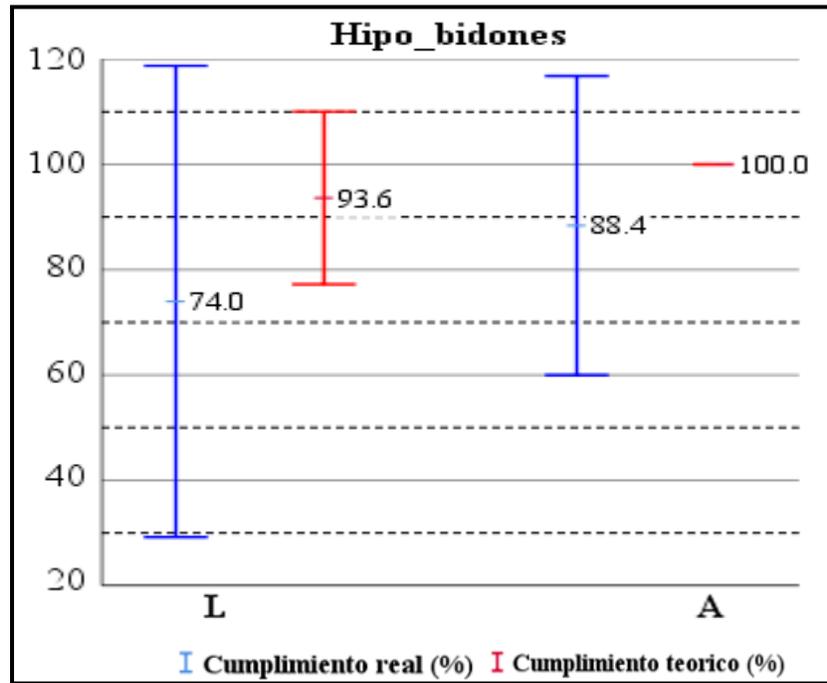


Figura 30 Comparación de medias para llenado y alistamiento de Hipo\_bidones. Fuente: Elaboración propia.

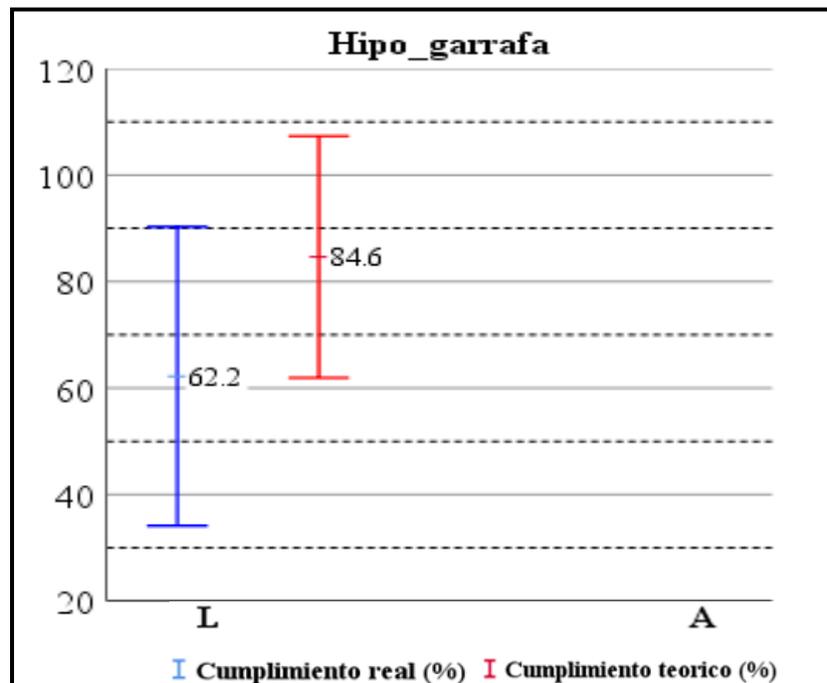


Figura 31 Comparación de medias para llenado de Hipo\_garrafa. Fuente: Elaboración propia.

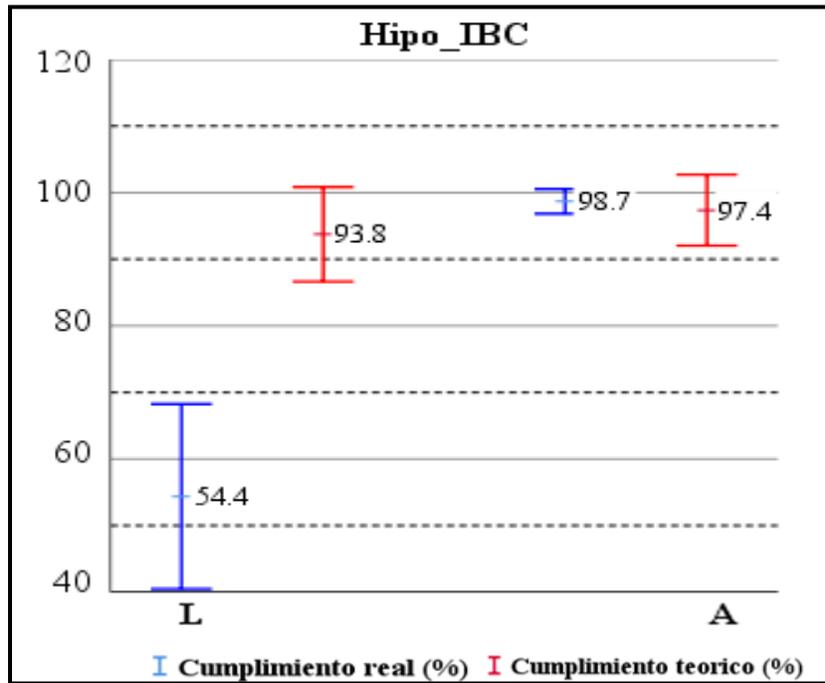


Figura 32 Comparación de medias para llenado y alistamiento de Hipo\_IBC. Fuente: Elaboración propia.

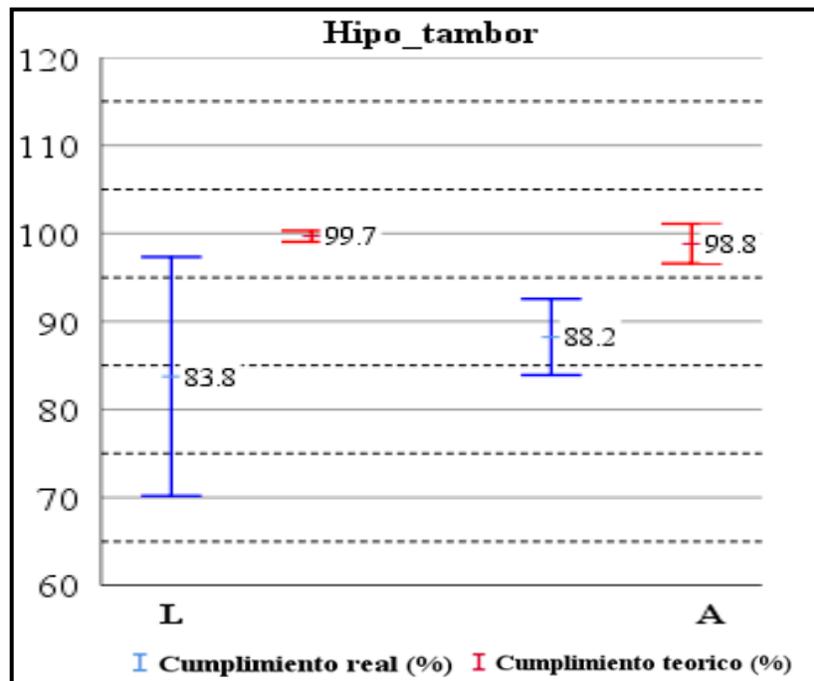


Figura 33 Comparación de medias para llenado y alistamiento de Hipo\_tambor. Fuente: Elaboración propia.

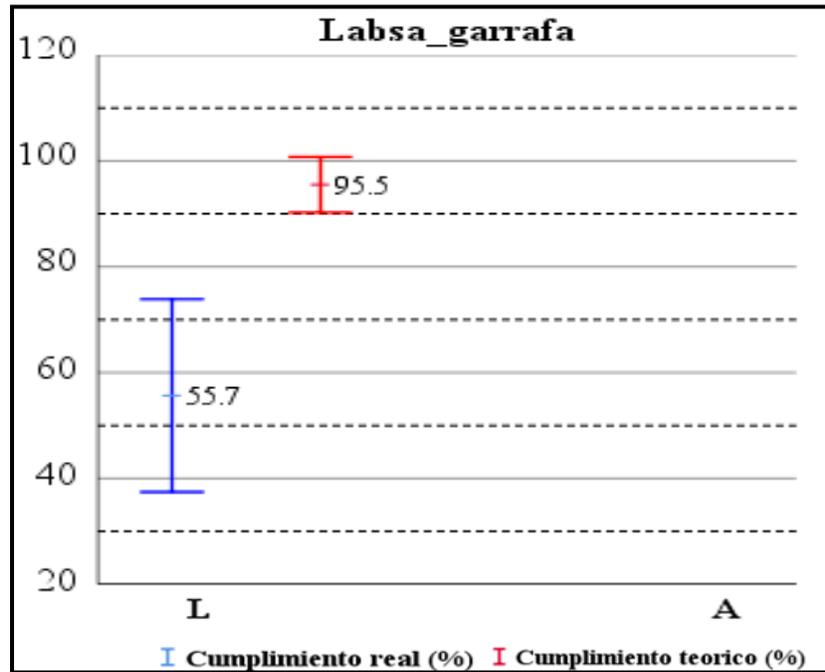


Figura 34 Comparación de medias para llenado de Labsa\_garrafa. Fuente: Elaboración propia.

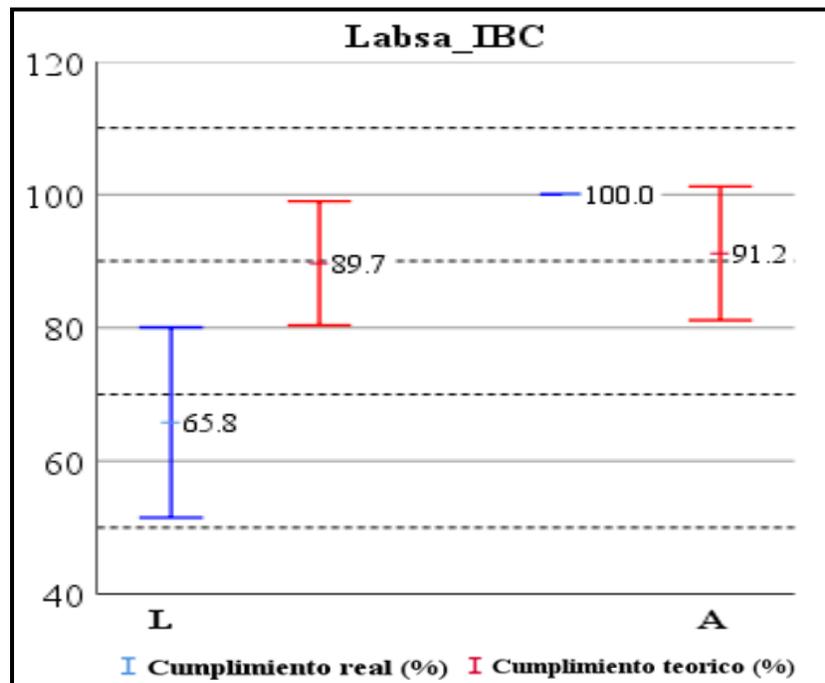


Figura 35 Comparación de medias para llenado y alistamiento de Labsa\_IBC. Fuente: Elaboración propia.

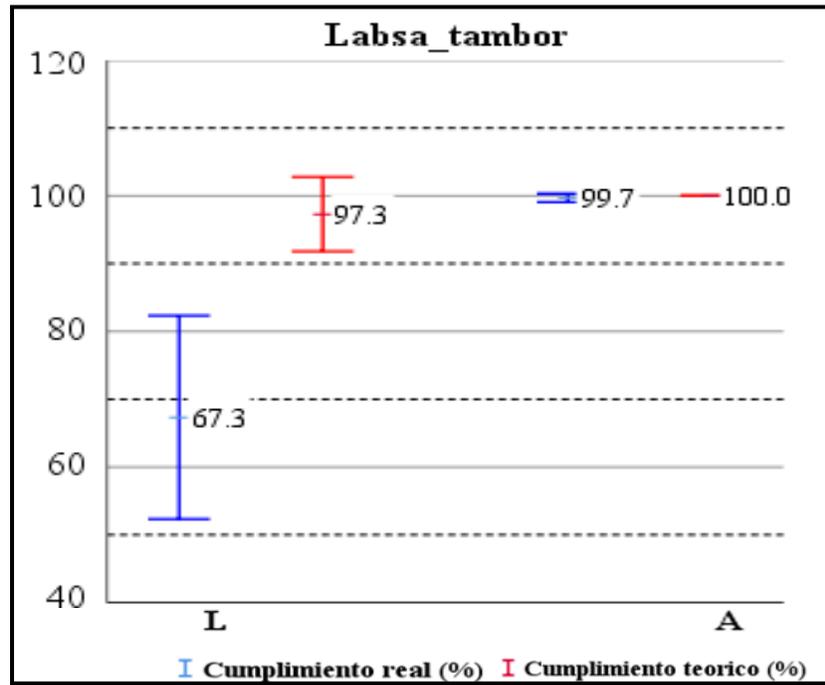


Figura 36 Comparación de medias para llenado y alistamiento de Labsa\_tambor. Fuente: Elaboración propia.

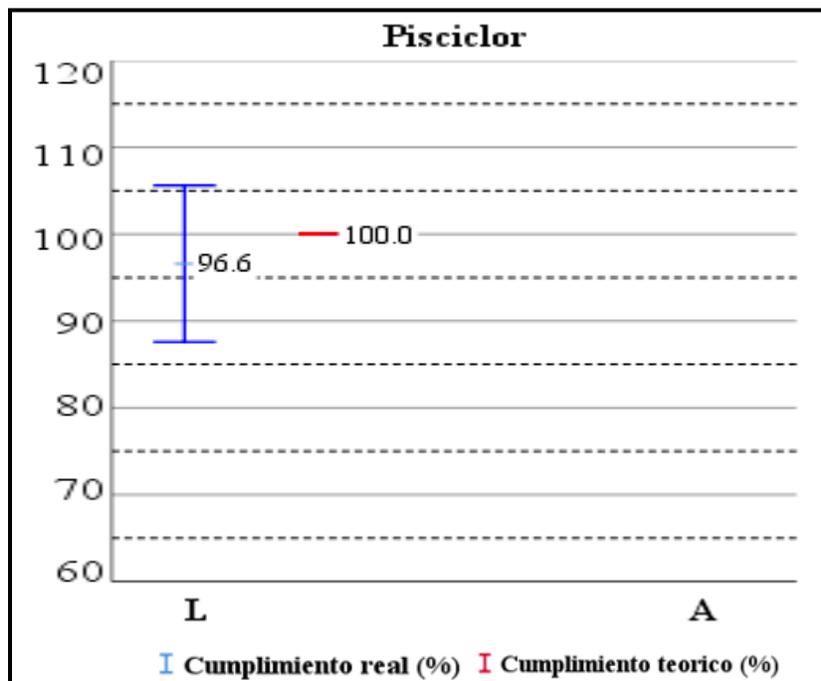


Figura 37 Comparación de medias para llenado de Pisciclor. Fuente: Elaboración propia.

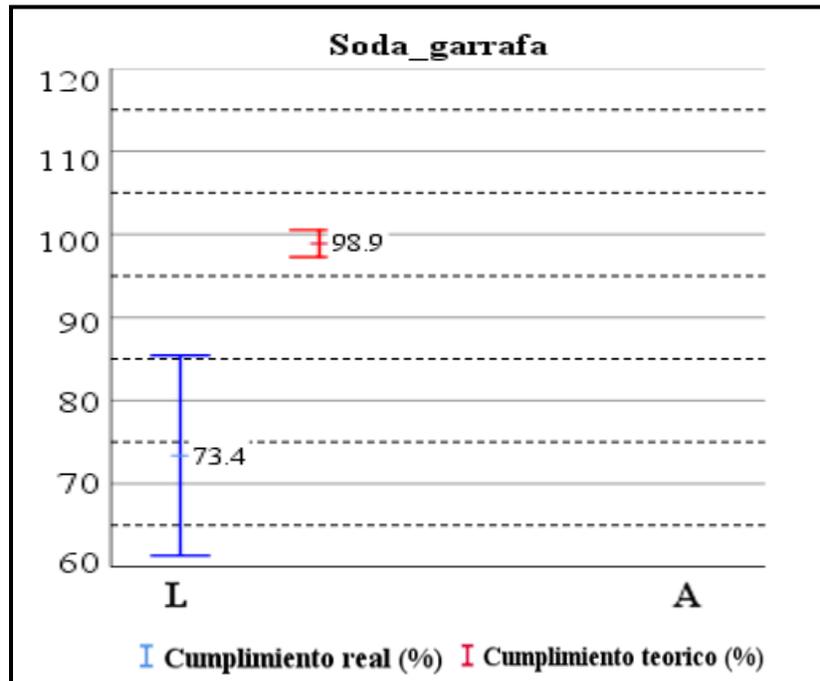


Figura 38 Comparación de medias para llenado de Soda\_garrafa. Fuente: Elaboración propia.

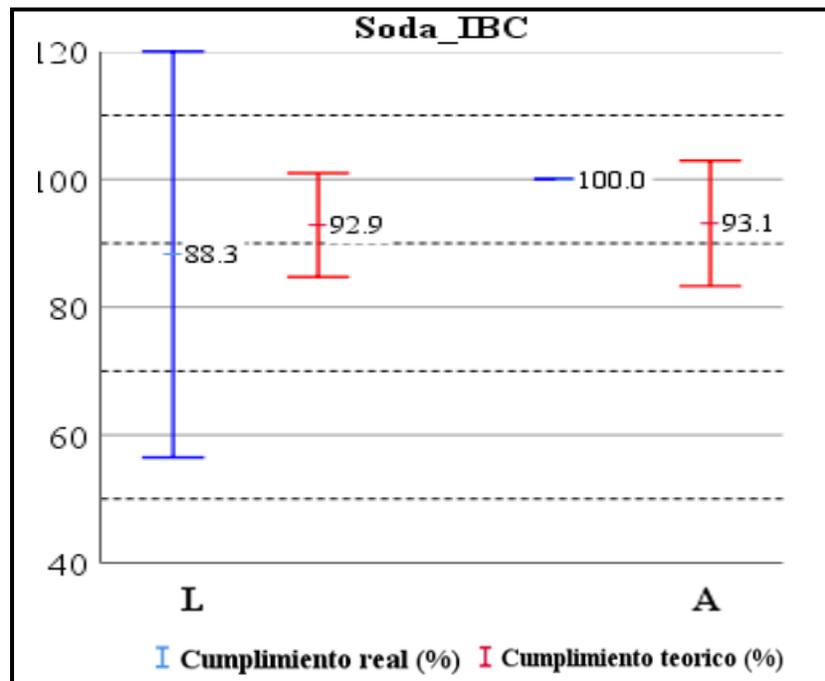


Figura 39 Comparación de medias para llenado y alistamiento de Soda\_IBC. Fuente: Elaboración propia.