

**PROPUESTA DE MEJORA PARA EL PROCESO DE PLANEACIÓN DE  
REQUERIMIENTOS DE MATERIALES DE LOS PROGRAMAS DE PREGRADO  
DE LA FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES DE LA UNIVERSIDAD ICESI**

**JUAN DIEGO HERRERA LABADO  
JUAN JOSÉ FLÓREZ FLÓREZ**

**UNIVERSIDAD ICESI  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL  
CALI  
NOVIEMBRE 2019**

**PROPUESTA DE MEJORA DE LA PLANEACIÓN DE REQUERIMIENTOS DE  
MATERIALES DE LA FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES DE LA  
UNIVERSIDAD ICESI**

**JUAN DIEGO HERRERA LABADO  
JUAN JOSÉ FLÓREZ FLÓREZ**

**Proyecto de Grado para optar el título de Ingeniero Industrial**

**Director proyecto  
DIANA PEÑA**

**UNIVERSIDAD ICESI  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL  
CALI  
NOVIEMBRE 2019**

## Contenido

<b>RESUMEN</b> .....	<b>8</b>
<b>Introducción</b> .....	<b>10</b>
<b>1 Contexto, Formulación y Justificación del Problema</b> .....	<b>11</b>
<b>2 Objetivos</b> .....	<b>15</b>
2.1 Objetivo del Proyecto.....	15
2.2 Objetivos Específicos .....	15
1. Entregables: .....	15
<b>3 Marco de Referencia</b> .....	<b>16</b>
3.1 Antecedentes o Estudios Previos .....	16
3.2 Marco Teórico.....	19
3.3 Contribución Intelectual o Impacto del Proyecto .....	23
<b>4 Metodología</b> .....	<b>24</b>
<b>5 Resultados</b> .....	<b>26</b>
5.1 Presentación y discusión de resultados.....	26
5.2 Conclusiones .....	47
5.3 Recomendaciones .....	49
<b>Bibliografía</b> .....	<b>50</b>
<b>ANEXOS</b> .....	<b>51</b>

## Lista de gráficos

Gráfico 1: Áreas de interés del proyecto .....	11
Gráfico 2: Desglose de componentes práctica de laboratorio.....	12
Gráfico 3: Número de prácticas vs número de estudiantes (2013-2019) .....	13
Gráfico 4: Metodología.....	24
Gráfico 5: Diagrama de INPUTS y OUTPUTS del proceso MRP.....	26
Gráfico 6: Línea de tiempo de las actividades realizadas en el proceso MRP de la FCN .....	27
Gráfico 7: Diagrama de causa y efecto Proceso MRP de la FCN para las prácticas de laboratorio .....	34
Gráfico 8: Pre visualización de dashboard de indicadores de inventario .....	40
Gráfico 9: Gráfico de comparación cantidad de archivos a procesar .....	42
Gráfico 10: Incrementos de stock .....	45

## Listado de tablas

Tabla 1: Comparación de problemáticas evidenciadas mediante análisis cualitativos .....	17
Tabla 2: Rotación por semestre .....	31
Tabla 3: Inventario promedio por semestre .....	32
Tabla 4: Días de inventario .....	32
Tabla 5: Porcentaje de incremento de stock .....	33
Tabla 6: Matriz de comparación cualitativa .....	43

## **Listado de anexos**

Anexo 1: Formulario Para Recolección De Prácticas .....	51
Anexo 2: Listado de Requerimientos (Formato de Excel) .....	55
Anexo 3: Dashboard Movimientos de inventario.....	57
Anexo 4: Análisis de inventarios. ....	58
Anexo 5: Formato A3 .....	58

## Listado de ecuaciones

( 1) .Inventario mínimo .....	30
( 2) Inventario promedio .....	30
( 3) Stock de seguridad .....	30
( 4) Rotación .....	30
( 5) Incremento.....	30
( 6) Días de inventario.....	31

## RESUMEN

Múltiples instituciones educativas de nivel superior se encuentran en la disputa por liderar los estándares de educación de calidad. Para una correcta gestión de sus recursos que garantice su competitividad, necesitan coordinar sus procesos a través de herramientas efectivas que permitan la presencia oportuna de los requerimientos. No obstante, en la actualidad el número de procesos que deben ser monitoreados y gestionados se encuentra en aumento haciendo que su gestión sea susceptible a errores, si no se responde de forma oportuna a la evolución del contexto. Esto se evidencia en el proceso de planeación de adquisición de materiales que se efectúa con métodos que no están a la vanguardia, ocasionando una brecha de desperdicios (reprocesos, dinero y utilización) entre los inventarios y las necesidades reales. Para que los procesos puedan dar una gestión adecuada a sus materiales, deben controlar la forma en la que se planean, adquieren y gestionan sus materiales para su utilización, dando así la cabida al mejoramiento de los procesos MRP (Por sus siglas en Inglés: Planeación de Requerimientos de Materiales) haciéndolos diligentes y representativos a la realidad.

El objetivo de este proyecto es generar una Propuesta De Mejoramiento Del Proceso De Planeación De Requerimientos De Materiales de la Facultad de Ciencias Naturales (FCN) de la Universidad Icesi. Con este fin, la pregunta de investigación es la siguiente ¿Cómo podría mejorarse el proceso de la Facultad de Ciencias Naturales de la Universidad Icesi respecto a la planeación y gestión de sus requerimientos de materiales para la adecuada ejecución de sus prácticas de laboratorio? En este contexto la fluctuación de la demanda radica en el número de estudiantes que son cobijados por la FCN, determinando los volúmenes de materiales necesarios para la ejecución eficaz de las prácticas de laboratorio.

Esta pregunta se responde mediante una metodología de tres fases que implican la caracterización del proceso actual y la priorización de las oportunidades de mejora presentes, la generación de una propuesta de mejora y la comparación del impacto de ésta sobre el proceso actual. Estas se dividen, respectivamente, en la extracción de información mediante entrevistas y análisis de datos históricos para la generación de diagramas para representar gráficamente y de manera sencilla la información recolectada. Posteriormente la realización de un análisis del proceso MRP mediante un formato A3. Todo esto brindó la información necesaria para la generación de una propuesta de mejora que aliviane el proceso de planeación y mitigue distintos eslabones del proceso susceptibles a errores. Estos análisis y propuestas indican que el proceso de MRP posee múltiples oportunidades de mejora, las cuales, gracias al aporte de esta investigación, brindan la orientación y



estructura necesaria para su monitoreo mediante indicadores, propiciando futuras soluciones o mejoramiento continuo

Teniendo esto en cuenta, se recomienda a la gestión administrativa de la FCN evaluar las distintas oportunidades de mejora e impactos determinados en los análisis, para la toma de decisiones y la viable implementación de la propuesta generada. Además, se podrían realizar proyectos complementarios para el mejoramiento de otros factores importantes involucrados en el proceso de planeación de requerimientos de materiales para la FCN.

**Palabras claves:** Planeación de requerimientos, insumos químicos, prácticas de laboratorio, facultades universitarias, demanda variable, compras, sistema ERP.

## Introducción

Día a día, las empresas se enfrentan a diversos retos, ya sean productoras de bienes o servicios. Se toma como punto de partida que el objetivo de estas empresas es cumplir con los requerimientos de un cliente de manera adecuada. Uno de los principales retos es poder entregar al cliente un producto o servicio final dentro de los tiempos y términos establecidos, limitados por los recursos necesarios para ello (tiempo, dinero, materiales, personal, etc.), por lo que es necesario que las empresas realicen una planeación de sus requerimientos, y así poder contar con los recursos necesarios.

De igual modo sucede con la Universidad Icesi, la cual es una institución educativa de la ciudad de Santiago de Cali, que brinda servicio de educación superior a miles de estudiantes de diferentes programas de pregrado, los cuales se agrupan en facultades, dentro de las cuales se encuentra la Facultad de Ciencias Naturales (FCN).

La FCN de la Universidad Icesi posee tres programas de pregrado: Biología, Química Farmacéutica y Química, los cuales son programas que poseen necesidades particulares a las del resto, por lo que el nivel de satisfacción del cliente es vital. Como apoyo a los conocimientos teóricos de las materias enseñadas, y como forma de fortalecer el conocimiento científico, la Universidad Icesi acompaña dichas materias con procesos prácticos de desarrollo del conocimiento (prácticas de laboratorio).

Sin embargo, dichas prácticas de laboratorio poseen numerosos requerimientos para poder llevarse a cabo, donde se pueden encontrar: insumos, materiales, reactivos, soluciones y equipos. Además, debido a la gran cantidad de prácticas de laboratorio realizadas por semestre, atendiendo a un gran número de estudiantes, es necesario para la FCN tener un proceso de planeación de requerimientos de materiales eficaz y eficiente.

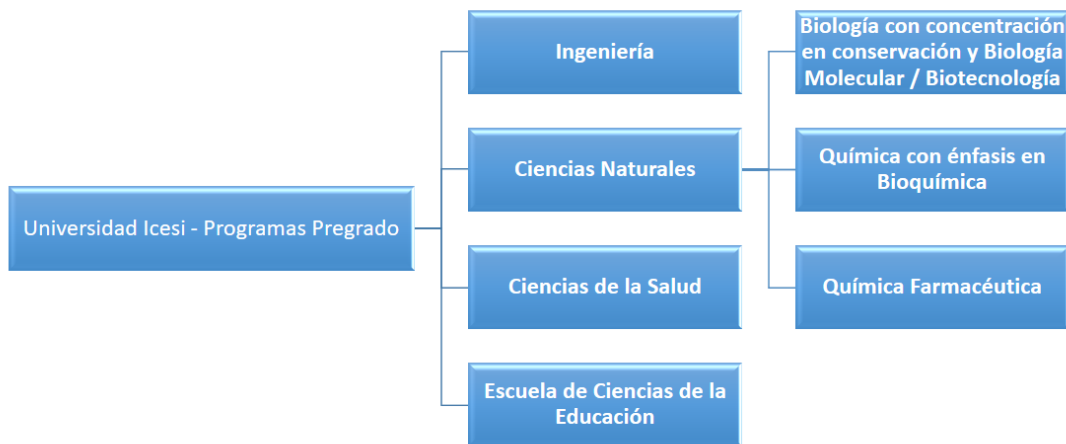
Por lo tanto, este proyecto está realizado para el mejoramiento del proceso actual de planeación de requerimientos de materiales que lleva a cabo la FCN de la Universidad Icesi, mediante la aplicación de herramientas y métodos de ingeniería industrial, que permitan tener un proceso ágil y confiable, a la vez que se logran cumplir con sus objetivos estratégicos, junto con el incremento del nivel de servicio y la satisfacción del cliente.

## 1 Contexto, Formulación y Justificación del Problema

La Universidad Icesi actualmente cuenta con un total de 28 programas de pregrado, distribuidas en seis facultades, de las cuales cuatro poseen un desarrollo académico con prácticas que requieren el abastecimiento parcial o completo de la facultad de ciencias naturales.

La Facultad de Ciencias Naturales (FCN) de la Universidad Icesi cobija los programas de pregrado de Biología, Química Pura y Química Farmacéutica, junto a los procesos internos de investigación y desarrollo y apoya asignaturas específicas de otras facultades de la universidad con requerimientos de componentes prácticos de aprendizaje (Ingeniería industrial y bioquímica, medicina y licenciaturas en ciencias naturales) las cuales suman un aproximado de 80 asignaturas y 43 prácticas de laboratorio (Véase Gráfico 1)

Gráfico 1: Áreas de interés del proyecto



Fuente: elaboración propia

Dada la naturaleza característica de dichas asignaturas, se vuelve una necesidad la complementación práctica de los fundamentos teóricos del proceso de aprendizaje mediante el ejercicio de laboratorios de experimentación e investigación, para garantizar el fortalecimiento integral del método científico, como una de las propuestas de generación de valor de esta facultad para sus egresados. Por lo tanto, garantizar el desarrollo de estas prácticas de laboratorio es fundamental para la FCN.

Debido al gran número de prácticas de laboratorio a lo largo del semestre estudiantil en diversas asignaturas, en diferentes programas de pregrado, es vital tener un

correcto plan de requerimientos de materiales (MRP) y de este modo tener bien establecida la planificación de actividades y programación y control de inventarios. Así, se podrán gestionar correctamente los procesos de realización de las prácticas para que existan los insumos, materiales, reactivos y equipos suficientes y necesarios para su completa ejecución (Véase Gráfico 2).

Otra realidad que genera un gran impacto en la planeación de los requerimientos y que ha aumentado el número de prácticas que se realiza por semestre es el elevado ingreso de nuevos estudiantes acogidos por programas de becas o subsidios por parte del gobierno. Desde los años 2014 hasta el semestre 2019-1, se pudo observar un incremento considerable en el número de prácticas cubiertas por la FCN (Véase Gráfico 3). Este período de tiempo corresponde al ingreso de los beneficiarios Ser Pilo Paga, cuya proporción es incidente en el aumento de estudiantes que ingresaron a la universidad, y que está en constante cambio.

Gráfico 2: Desglose de componentes práctica de laboratorio



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 3: Número de prácticas vs número de estudiantes (2013-2019)



Fuente: Elaboración propia

¿Por qué es un impacto significativo? Debido a que las compras actualmente de la universidad se realizan respecto a los históricos previos, cualquier variación en el número de prácticas por factores externos (como el mencionado anteriormente del ingreso por becas) puede significar sobre costos por la compra excesiva de insumos o, por el contrario, no comprar lo suficiente para el período inmediatamente anterior.

Por otro lado, algunas características adicionales que vuelven necesario el uso de la metodología MRP son la naturaleza de los materiales e insumos de las prácticas de laboratorio (fragilidad, inflamabilidad, caducidad, impacto biológico, etc.) los cuales requieren un proceso estricto de manejo de materiales (almacenamiento, dosificación, personal calificado, etc.) que garanticen, además de cumplir con la ejecución de todas las prácticas, la mitigación de factores de riesgo, el aprovechamiento correcto de la capacidad instalada, el mejoramiento de las condiciones de prestaciones de servicio, que a su vez mejoren el nivel de satisfacción de todas las partes involucradas (estudiantes, profesores, colaboradores).

De forma explícita se ve la necesidad de establecer un proceso o herramienta que permita gestionar las más de 2000 soluciones y 1243 reactivos que se manejan desde la coordinación de la FCN. Este proceso en la actualidad se desarrolla de manera separada por el departamento de compras, teniendo como base el proceso de compra de los históricos previos de adquisición de materiales en los semestres inmediatamente anteriores. De esta forma, es posible encontrar distintas

oportunidades de mejora con diversos impactos en el proceso general de la obtención y asignación de requerimientos.

### **Formulación de la pregunta de investigación u objeto de estudio**

¿Cómo podría mejorarse el proceso actual de la facultad de ciencias naturales de la Universidad Icesi respecto a la planeación y gestión de sus requerimientos y recursos para la adecuada ejecución de sus prácticas de laboratorio?

## **2 Objetivos**

### **2.1 Objetivo del Proyecto**

Generar una propuesta de mejoramiento del proceso de planeación de requerimientos de materiales (MRP) de la facultad de ciencias naturales de la Universidad Icesi.

### **2.2 Objetivos Específicos**

1. Caracterizar el proceso actual de planeación de requerimientos de materiales para la identificación de oportunidades de mejora.
2. Establecer una propuesta de mejora para el sistema de planeación de requerimientos de la FCN.
3. Validar el impacto de la propuesta sobre el estado actual del proceso.

### **2.3 Entregables**

1. Realizar diagramas que representen el flujo del proceso de MRP a lo largo del conducto regular en la facultad de ciencias naturales.
2. Análisis detallado del proceso de planeación (MRP) mediante un formato A3.
3. Diagramas de comparación de uso de recursos.

### 3 Marco de Referencia

#### 3.1 Antecedentes o Estudios Previos

Como es la realidad de cualquier organización, optimizar sus procesos es vital para generar mejores utilidades. Un enfoque que tiene la ingeniería industrial para lograr este cometido, es el manejo de una óptima planeación de requerimientos de materiales, ya sea para una empresa productora de bienes o servicios. Por lo tanto, son muchos los esfuerzos enfocados en mejorar la gestión de la adquisición de los materiales necesarios, mediante proyectos que permiten analizar y caracterizar la realidad de las empresas para la identificación de oportunidades de mejora.

En un proyecto de investigación realizado de manera conjunta entre la Escuela de Ingeniería Industrial, Escuela Superior Politécnica del Chimborazo y la Universidad de Oriente en la ciudad de Quito, Ecuador, se elaboró una investigación sobre la planeación de requerimientos de materiales por el sistema MRP para el laboratorio farmacéutico oriente.

En primer lugar, se tuvieron en cuenta distintos factores como: la necesidad reducción de ciclos de pedido/entrega y requerimientos internos (nacionales) y externos (exportaciones), la importancia económica y naturaleza de los productos, esto debido a que a una eficiente coordinación de la planeación de abastecimiento minimiza todos los costos de compra, costos logísticos y costos de almacenamiento. En segundo lugar, se tuvo en cuenta la subordinación jerárquica, debido a que esta empresa realizaba su planeación alineándose a los objetivos estratégicos gubernamentales el estado cubano; las medidas de gestión para una pronta respuesta a una demanda en constante crecimiento y la consideración de las cercanías geográficas de los proveedores, con consensos internacionales. Por último, realizaron un proceso de caracterización analizando con más profundidad el proceso de comunicación y coordinación entre áreas implicadas, para determinar la efectividad del flujo de la información. (Miño, Saumell, Toledo, Roldan, & Moreno, 2015)

Los análisis realizados en este proyecto, concluyen que las técnicas MRP son una solución relativamente nueva a un problema clásico de producción: el de encontrar y coordinar los materiales para que estén disponibles cuando se precisan y sin necesidad de tener un inventario excesivo. (Artes, 1997). Además, ven muy importante el fortalecimiento de las relaciones entre todos los departamentos implicados en el proceso. Por otro lado, el impacto de la utilización de estas técnicas se ve reflejado claramente en la reducción de desperdicios asociados a la cadena de valor. Por lo tanto, para la FCN es vital apegarse a un sistema como es el MRP por sus distintas ventajas para la buena asignación y distribución de las prácticas de laboratorio, que logre disminuir todos los desperdicios y sobrecostos, debido a la similitud del proceso llevado a cabo en el laboratorio Oriente.



Adicional a este proyecto, en la Universidad Javeriana de Bogotá, se realizó, como trabajo de grado para optar al título de ingeniero Industrial, un proyecto llamado “Propuesta de mejoramiento para la planeación del abastecimiento de insumos químicos en la empresa DISTRICARNAZAS LUNA S.A.” donde, de manera general, se busca el aprovechamiento de herramientas de la ingeniería Industrial para la optimización del proceso productivo de una empresa, donde el manejo de insumos químicos vuelve interesante la aplicación de un modelo de planeación.

Para comenzar, se realiza una caracterización actual de la empresa, mediante entrevistas a los empleados y encargados de las distintas áreas. Cabe resaltar que en este proyecto se comprende la importancia de conocer cada uno de los procesos involucrados en el aprovisionamiento de materias primas junto a la retroalimentación anteriormente mencionada por parte de los clientes, por lo cual se busca crear un planteamiento integrador, para lograr un resultado envolvente y convincente. (Garzón, 2012)

En el análisis cualitativo realizado en esta empresa, se encontraron diversas dificultades, en las cuales se ve una similitud con la realidad actual de la FCN. Las problemáticas evidenciadas se presentan en la siguiente tabla:

**Tabla 1:** Comparación de problemáticas evidenciadas mediante análisis cualitativos

<b>EMPRESA DISTRICARNAZAS</b>	<b>FCN UNIVERSIDAD ICESI</b>
- Algunas veces la empresa no tiene la cantidad suficiente de productos químicos en stock, y tienen que modificar la programación de la producción mientras se abastecen de nuevo.	- En ocasiones la FCN se queda corta en insumos para realizar las prácticas de laboratorio, y en otras se compra excesivamente.
- En algunos casos los insumos permanecen por larga duración en la empresa sin ser utilizados, teniendo en cuenta que la mayoría de estos productos tienen fecha de vencimiento, la pérdida de un producto de estos por obsolescencia representa pérdidas para la empresa.	- Existen en inventario diversos químicos e insumos que se compraron y hasta ahora no se han usado, es más, se siguen comprando.
- No hay pronósticos que permitan conocer un aproximado de la cantidad requerida de productos	- El proceso actual de pronósticos de la FCN no se lleva de manera adecuada, dada la variabilidad en la

químicos necesarios según los datos históricos.	demanda, que depende del número de estudiantes a cursar una materia y no solo de los datos históricos, que son suficiente solo para hacer proyecciones.
---	---

Fuente: Adaptado de *Propuesta de mejoramiento para la planeación del abastecimiento de insumos químicos en la empresa DISTRICARNAZAS LUNA S.A*

Finalmente, mediante el análisis de un indicador de gestión llamado “rupturas de stock” que consiste en el pedido de la empresa a su proveedor porque se quedó sin insumos, se halló la necesidad explícita de realizar una planeación estricta y adecuada de los requerimientos químicos, en lo que se menciona que “la baja planeación de las cantidades que deben estar disponibles en la empresa para suplir los requerimientos internos por un tiempo determinado, quizá el procedimiento realizado por parte de los jefes de producción que ha funcionado por varios años actualmente no es el más adecuado y requiere ciertas modificaciones para que sea efectivo. (Garzón, 2012).

De forma similar se realizó un proyecto titulado Diseño De Un MRP (Planificación De Requerimientos De Materiales), Para La Empresa Cedal S.A. En El Área De Producción, En La Facultad De Ciencias Administrativas. De esta investigación se recopilaron y extrapolaron los diferentes métodos y hallazgos en el mejoramiento de un proceso productivo, al proceso de coordinación de planeación de requerimientos para la ejecución de prácticas como servicios complementarios de educación. (Pérez & Salazar, 2007)

En este proyecto se implementaron propuestas de mejora tales como ficheros de inventarios, alivianando la muestra de existencias disponibles, o ya pedidas, para cada ítem y en cada periodo. Además, consideraron la relevancia de incluir otras variables en la planeación de requerimientos, como las proyecciones de demanda independiente y no solo los históricos de la demanda dependiente, permitiendo una respuesta más efectiva y sensible ante la variación de la demanda. En paralelo, con el proyecto llevado a cabo en este trabajo, este último punto mencionado es más que importante, debido a que la planeación actual de la FCN se basa en históricos, sin considerar que la cantidad de prácticas depende de un número de estudiantes con grandes fluctuaciones cada semestre. (Pérez & Salazar, 2007)

Además, mediante la sinergia entre los sistemas ERP con macros que permitan el acceso a la información actualizada en cada periodo, y la capacitación y sensibilización del personal de dicho sistema, se logró el acercamiento entre los departamentos de planeación y compras, lo cual representó una mejoría significativa en el proceso global de la planeación de requerimientos y la gestión de los recursos en el almacén.

## 3.2 Marco Teórico

Para poder entender de manera efectiva el proceso necesario de gestión de un plan de requerimientos en la facultad de ciencias naturales de la Universidad Icesi, es necesario conocer ciertos conceptos que se encuentran a lo largo de este proyecto.

**MRP:** por sus siglas en inglés “Material Requirement Planning”

Las técnicas MRP son una solución [...] a un problema clásico en producción: el de controlar y coordinar los materiales para que estén disponibles cuando se precisan y sin necesidad de tener un inventario excesivo, lo que responde a la filosofía justo a tiempo (Just in time) según Artes R. (1997).

Según Miño, Saumell, Toledo, Roldan, & Moreno (2015) para la planificación del requerimiento de materias por el sistema MRP, son necesarias informaciones propias del proceso de gestión, de cuya oportunidad y fidelidad, dependen en gran medida los resultados a obtener. Dentro de los datos más necesarios se encuentran:

- **Programa maestro de producción (Master Production Schedule MPS):** Es el documento que refleja para cada artículo final, las unidades comprometidas, así como los períodos de tiempo para los cuales han de tenerse terminados. Usualmente los períodos se corresponden con los períodos calendarios (mes, semana días) con un horizonte temporal que debe ser lo suficientemente amplio como para que abarque al menos todos los pasos de fabricación o la duración del ciclo tecnológico. Adaptando esta definición al proyecto sería programa o plan maestro de asignación de prácticas, las cuales son el resultado final del proceso de planeación, con sus respectivas fechas de ejecución.
- **Lista de materiales (Bill of materials (BOM)).** Es necesario conocer para cada artículo su estructura de fabricación, en donde quedan reflejados los diferentes elementos que lo componen, así como el número necesario de cada uno de esos elementos para fabricar una unidad de este artículo, obtenida de los documentos del diseño del producto, del análisis del flujo de trabajo y de otra documentación estándar de manufactura y de ingeniería, la que debe ser continuamente actualizada para que refleje la estructura del producto, sus normas e índices de consumo, los cuales deben de corresponderse con los datos presentes en las fichas de costo. Adaptado a nuestro proyecto la única distinción es la aclaración que el listado de elementos no es para la fabricación de un producto sino para la ejecución de un servicio.

- **Fichero de registro de inventarios (Stocks).** Si se dispone en almacén de unidades suficiente de alguno de los componentes necesarios, no tendría sentido volver a pedirlos o fabricarlos. Por ello es necesario conocer de cada componente y artículo su nivel actual de existencias en almacén, inventarios de producciones en proceso y terminada, así como los pedidos ya realizados pendientes de recibir, la política de pedido para cada uno (stock de seguridad, tipo de lote), y el lead time determinado. A este elemento se le denomina también como movimientos de inventarios.

Por otro lado, en el marco en que se desarrolló este proyecto, se consideró necesaria la definición del BOM de los diferentes elementos requeridos para la ejecución de una práctica de laboratorio, ajustados y adaptados al caso. Pero antes, ¿Qué es una práctica de laboratorio? Se le denominan así al tipo de clases que tiene como objetivos instructivos fundamentales que los estudiantes adquieran las habilidades propias de los métodos de la investigación científica, ampliando, profundizando, consolidando y comprobando los fundamentos teóricos de la asignatura, mediante la experimentación, empleando los medios de enseñanza necesarios. (Iglesias, 2008).

- **Reactivos:** Se consideran como reactivos todas sustancias químicas que, por la presentación de comercialización para su adquisición, se presentan con un nivel de concentración superior al necesario para su utilización en las prácticas de la FCN, por tanto, este producto se considera de alta pureza en su composición y se utilizará en la posterior generación de soluciones químicas a partir de un reactivo.
- **Soluciones:** Se denominan como soluciones al producto de los procesos de dilución o reproducción de una sustancia de menor concentración, a partir de un reactivo.
- **Materiales:** Designados así a todos los elementos de manejo, transformación y uso en las prácticas de laboratorio, las cuales de manera posterior a su utilización deben ser reintegradas al inventario de la FCN por lo de carácter reutilizable.
- **Insumos:** Se consideran como insumos todos los elementos consumibles que son necesarios para la ejecución de una práctica de laboratorio, no obstante, al terminar su función o cometido en la práctica se verá desechado, ya que las características o propiedades del elemento se verán consumidos en el proceso de experimentación.
- **Equipos:** Enmarcamos como equipo toda la maquinaria o equipo electrónico que hace parte del inventario de la FCN, que es requerido para los procesos de la producción

- **Personal de apoyo:** De acuerdo a las necesidades expresadas en las prácticas, existe diferentes procesos que requieren de un personal de apoyo o de asistencia para la ejecución de estos procesos obteniendo así los objetivos deseados.

Sin embargo, la definición de práctica de laboratorio conlleva un término muy técnico relacionado con la responsabilidad y calidad de dichas prácticas. Es por eso que surge el concepto de Buenas Prácticas de Laboratorio.

Las Buenas Prácticas de Laboratorio (BPL) se definen como el conjunto de reglas, de procedimientos operacionales y prácticas establecidas y promulgadas por determinados organismos como la Organization for Economic Cooperation and Development (OCDE), o la Food and Drug Administration (FDA), etc., consideradas de obligado cumplimiento para asegurar la calidad e integridad de los datos producidos en determinados procesos de laboratorio, con el fin de armonizar protocolos, información y documentación de los Procedimientos Operativos Estandarizados (POE). Las BPL abarcan todos los eslabones de los procesos de laboratorios relacionadas con diferentes niveles de actividad como el diagnóstico, los estudios, la docencia y la investigación, y para ello es preferible que previamente se haya establecido un "Programa de Aseguramiento de la Calidad", cuyo cumplimiento, sea verificable. (AGENCIA SANTAFESINA DE SEGURIDAD ALIMENTARIA, 2009)

Luego de tener definido lo anterior, también se requiere la definición de ciertas herramientas de ingeniería industrial que son utilizadas en el transcurso de este proyecto, cuyo entendimiento es esencial para ver con claridad cómo se desarrollan las ideas del mismo. Se tienen dos grandes herramientas muy conocidas, las cuales son el formato A3 y diferentes diagramas, siendo los diagramas, a su vez, parte del formato A3.

Por un lado, el Formato A3: es una herramienta del Lean Manufacturing, para la resolución de problemas, fundamentada en el Ciclo de Deming (PDCA). Facilita enormemente el aprendizaje organizativo y cataliza la implantación de acciones de mejora. Para hacer esto, el informe A3, además de facilitar la solución del problema, debe ser utilizado como una herramienta para maximizar aprendizaje y cooperación dentro de la organización, obligando al equipo de trabajo a analizar y sintetizar la problemática en una sola hoja de tamaño A3.

El espacio limitado a la hora de exponer un problema permite a todos los interesados ver el problema bajo la misma perspectiva, así como centrarse en lo importante y evitar largas presentaciones que consumen mucho tiempo y no suelen llevar a ninguna solución. Además, la representación visual de los datos e información facilita la comunicación entre todos los involucrados. Es sorprendente lo mucho que se puede comunicar en una sola página una vez que

nos ponemos a pensar en ello y se elimina toda la información innecesaria (desperdicio).

Por otro lado, los diagramas son herramientas gráficas que permiten visualizar todo un proceso, detallar y entender completamente los distintos flujos tanto de información como de materiales necesarios para que un producto o servicio llegue al cliente. Esto es una ayuda excepcional para explicar los procesos de manera sencilla, y que sea entendible también para cualquier lector. Los ejemplos más sencillos de diagramas son: diagramas de espina de pescado, diagramas de Pareto, y diagramas creados por el autor que ajustan necesidades específicas para ser anexadas y graficadas como un diagrama nuevo, que puede fusionar varios diagramas ya existentes, o ser totalmente innovador.

### **3.3 Contribución Intelectual o Impacto del Proyecto**

Solventar la totalidad del problema actual de la FCN de la Universidad Icesi posee una magnitud bastante considerable, digna de la dedicación de uno o más proyectos adicionales. Esto se debe a que se identifican tres temáticas fundamentales que son difíciles de abarcar desde un solo punto de vista (análisis de ingeniería industrial, análisis de ingeniería química y análisis desde la ingeniería de sistemas).

Por lo tanto, el enfoque de este proyecto que es netamente de ingeniería industrial abre el camino para la aplicación futura de los conocimientos de las otras dos ingenierías mencionadas:

En primer lugar, este proyecto se enfoca en brindar las herramientas necesarias para identificar las oportunidades de mejora presentes en el proceso de planeación de los requerimientos y manejo de inventario, permitiendo la proposición e implementación de soluciones que apoyen la eliminación de desperdicios con respecto a reprocesos en la planeación, y sobre inventarios o faltantes. Estas soluciones posibilitan la liberación de recursos económicos, vitales para la inversión en otras áreas de interés de la FCN, por ejemplo, en investigación y desarrollo.

Además, busca alivianar la carga en el personal y la agilización de la dinámica del proceso, mejorando así el aprovechamiento del talento humano existente para llevar a cabo de forma correcta el proceso de gestión de la planeación de los requerimientos y del manejo de los inventarios. De este modo, se vuelve mucho más compacto el proceso llevado a cabo por la FCN para garantizar las prácticas de laboratorio de todas las materias involucradas, y disminuye el riesgo de que se cometan errores durante dicha gestión, gracias a un eficiente aprovechamiento del tiempo de los empleados para la ejecución de sus actividades.

Por último, crea el ambiente propicio para la correcta aplicación, en primer lugar, de la ingeniería química para el manejo de las soluciones que se crean a partir de reactivos químicos necesarios para prácticas específicas realizadas, de tal modo que se encuentre el método óptimo netamente práctico que requiere de la experticia disciplinar de un ingeniero químico. De este modo, este subproceso de manejo de sustancias específicas puede ser más eficiente, lo que a la larga significa la reducción de desperdicios y sobrecostos por manejo de inventario.

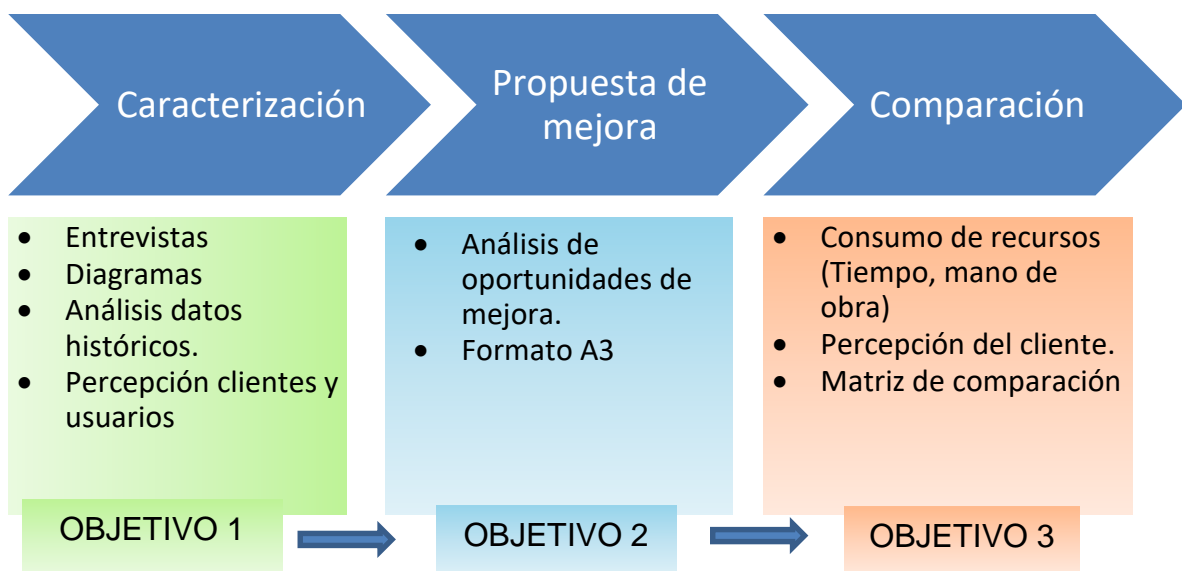
En segundo lugar, con el camino ya libre en un proceso eficiente y organizado desde la planeación y el manejo del inventario, un proyecto de ingeniería en sistemas tiene todo lo necesario para el desarrollo, mejoramiento y mantenimiento de un software o herramienta informática avanzada (en este caso un ERP) que permita una fácil gestión de toda la cadena de valor de la FCN para poder asignar los recursos a las prácticas de laboratorio, lo que aumentará el nivel de servicio de esta facultad, de una manera más liviana y compacta, además, puede servir de prueba piloto para que cualquier facultad esté en la capacidad de implementarlo.

## 4 Metodología

Para la consecución de cada uno de los objetivos, fue necesario establecer una línea de pasos que solventaran de manera oportuna las necesidades de este proyecto.

Para ello, se realizó un proceso de reconocimiento y caracterización de la dependencia de la empresa tratada, debido a que se deben tener en cuenta todas las variables implícitas que afectan directa o indirectamente el proceso de planeación que lleva a cabo la FCN de la Universidad Icesi. Además, es importante conocer la perspectiva del cliente y de las partes involucradas, en primer lugar, porque conocen a profundidad los procedimientos que se llevan a cabo, y, en segundo lugar, porque son quienes evidencian las dolencias que surgen en todo el proceso, lo cual facilita en gran medida el proceso de identificación de oportunidades de mejora.

Gráfico 4: Metodología



Fuentes: autoría propia

Son muchas las herramientas útiles para realizar la caracterización de un proceso. Sin embargo, por la naturaleza de la empresa, se vio conveniente realizar entrevistas, como método de caracterización cualitativa, del personal directamente involucrado y quién, en gran medida, puede verse beneficiado por este proyecto.



Por otro lado, para una caracterización más precisa y entendible, se utilizaron diversos diagramas, que permiten entender la estructura con la cual realiza sus actividades la FCN al mismo tiempo que permite identificar regiones que posean problemas para la posterior puesta en marcha de medidas de mejora.

Como segunda parte de la caracterización, atendiendo al primer objetivo de este proyecto, y gracias a la puerta que abre la caracterización del proceso mediante la diversidad de diagramas, se procedió a la identificación de oportunidades de mejora, reflejadas por procesos poco óptimos realizados en la planeación de requerimientos de la FCN. Para esto, fue apropiada la realización de un informe A3, debido a que permite tener una vista global de los procesos y la identificación de oportunidades de mejora desde diferentes perspectivas, lo cual enriquece los argumentos para la definición de los mismos, y que estos sean realmente trascendentales.

Seguido a esto, para poder realizar una propuesta de mejora eficaz y efectiva, fue necesario entender cuáles eran las oportunidades de mejora que poseían un mayor impacto en el proceso. En primer lugar, se requirió hacer un análisis detallado de cada situación evidenciada en el proceso y que fuera factible de aplicar esfuerzos para su mejoría. En segundo lugar, se realizó una priorización, para poder invertir las fuerzas necesarias en el problema que realmente trajera beneficios al proceso que realiza actualmente la FCN. De este modo se buscaba no atacar problemas ajenos al proceso, que no contribuyeran a su mejoría.

Finalmente, fue necesario ver si la propuesta que pudiera llegarse a implementar tendría algún tipo de efecto positivo. Para esto, se realizó un comparativo, en el cual se analizaron las características de mayor impacto en el desglose de procedimientos. De este modo, se logró identificar cuáles eran las ventajas de automatizar el proceso de recopilación de datos, revisando los puntos estratégicos del proceso actual con sus oportunidades de mejora versus las potenciales mejoras que se obtendrían mediante la implementación de la propuesta. Estas características se definieron a partir de la información y los datos recopilados de la caracterización del proceso, que son la base para la obtención de la información, logrando el direccionamiento de la mejora del proceso en la guía de tomas de acciones eficientes, ajustar el consumo de recursos, mejorar el servicio y calidad de los informes.

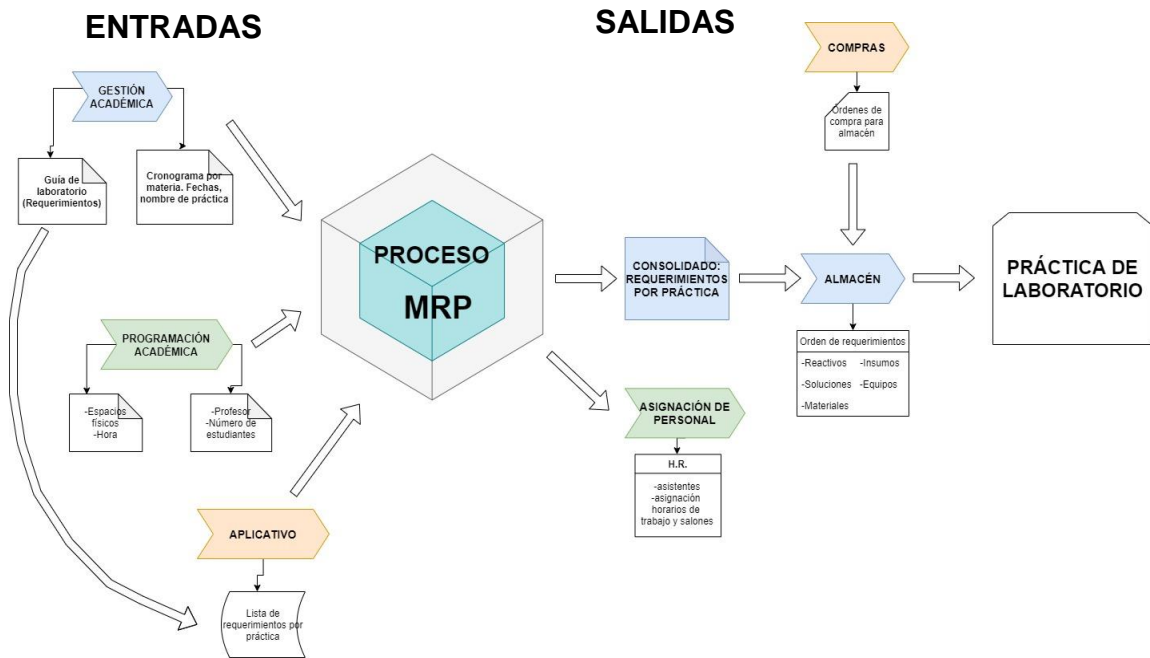
## 5 Resultados

### 5.1 Presentación y discusión de resultados

#### 5.1.1 Caracterización

La caracterización del proceso de planeación de requerimientos o MRP se alimentó de la información recopilada mediante la interacción, discusión y entrevista de los diferentes encargados de las actividades involucradas a dicho proceso MRP. Teniendo como base la información recopilada se plasmó el siguiente gráfico donde se ubican los diferentes procesos de entrada y de salida del macro proceso MRP, así como las dependencias y conexiones entre los mismos. Estos procesos se explican a continuación.

Gráfico 5: Diagrama de INPUTS y OUTPUTS del proceso MRP



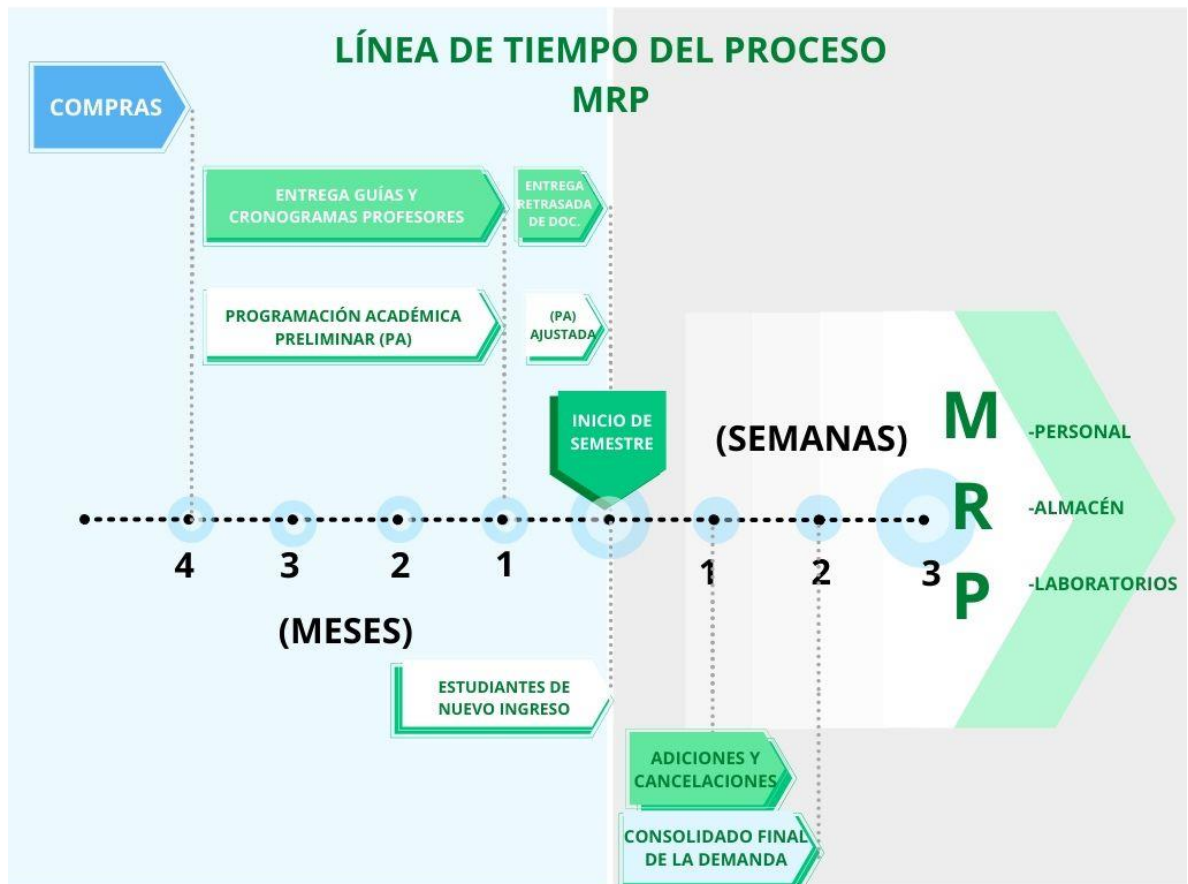
Fuentes: autoría propia

## ENTRADAS

El proceso MRP tiene como entradas dos procesos, el proceso de gestión académica y el proceso de programación académica. Estos procesos brindan la información necesaria para responder las interrogantes base del MRP de ¿Qué pedir?, ¿Cuánto pedir?, ¿Cuándo pedir? y ¿Dónde se llevarán a cabo las actividades? En el siguiente gráfico representa la cronología de actividades que se realizan desde que se realizan las compras hasta que comienzan las prácticas de

Gráfico 6: Línea de tiempo de las actividades realizadas en el proceso MRP de la FCN

laboratorio:



Fuentes: Autoría propia

La programación académica (PA) como uno de los procesos a cargo del área de la vicerrectoría académica, tiene como objetivo la asignación de los espacios físicos para la realización de las múltiples actividades académicas de la Universidad Icesi a lo largo del transcurso del semestre. Alineando los esfuerzos del proceso de PA

a la planeación de requerimientos, se obtiene como entrada al proceso la información asociada a la asignación de espacios físicos, horarios de ejecución, profesor a cargo del curso y número de estudiantes matriculados. Todos los atributos mencionados están asociados a un código por materia que permite el control y seguimiento de las diferentes asignaturas a cargo del proceso MRP.

El proceso de gestión académica se consolida como la cadena de suministro de Documentación académica asociada a las diferentes asignaturas cobijadas por la planeación. Este proceso consta de la recopilación de dos documentos asociados por cada materia. Estos documentos son diligenciados por el docente a cargo de la asignatura, mediante una estructura opcional de presentación de la información. El primer documento es el cronograma por materia. En este, el docente consigna acorde al calendario académico del periodo en desarrollo, las diferentes prácticas que planea desarrollar en el transcurso del semestre y las fechas en las que se dispone a realizarlas. De forma similar a como está codificada cada materia, cada práctica inscrita a la materia se identifica mediante un código para su control y seguimiento en el transcurrir del periodo académico. Este proceso da respuesta al interrogante del ¿cuándo pedir? del MRP.

El segundo documento complementario al cronograma por materia es la Guía de laboratorio, en este documento se encuentra la descripción detallada de la práctica de laboratorio. En esta quedan listados y cuantificados los diferentes requerimientos (soluciones, reactivos, materiales, insumos, equipo y personal) que el docente requiere para la ejecución del proceso de laboratorio. Además de esto brinda una descripción paso a paso de los procedimientos necesarios para la obtención de los resultados necesarios del proceso de experimentación.

El conjunto de guías de práctica de laboratorio alcanza un número considerable asociado a las muchas materias que requieren ser planeadas previamente al inicio del semestre y monitoreadas en el transcurso del semestre. Dada la multiplicidad de requerimientos a considerar en el proceso de planeación y de alistamiento logístico, la FCN en el año 2011 desarrolló un aplicativo mediante macros en Excel. En este se consolidaron como banco de información centralizado todas las listas de requerimiento por práctica, acorde a las restricciones estipuladas en las guías por los docentes. Este archivo brinda una forma ágil de encontrar y extraer la información necesaria para el MRP.

## **PROCESO**

El Proceso MRP está conformado por la recopilación de las diferentes entradas mencionadas, la extracción y depuración de esta información. Para la posterior consolidación secuencial del calendario de coordinación de operaciones, en el cual se encuentra la información sobre las fechas, requerimientos, locaciones, y responsables acordes al proceso que continúe en la cadena de suministro.

## **SALIDAS**

Gracias al proceso MRP se obtiene como salida primaria el consolidado de requerimientos por práctica, en este documento digital es la base fundamental del proceso de control y gestión de los diferentes procesos logísticos y de apoyo necesarios para el correcto seguimiento de la ejecución de actividades, con base en esto se gestionan las diferentes funciones de los procesos dependientes del MRP (almacén y asignación de personal). Estos procesos subsecuentes se encargan del alistamiento, asistencia y control de cambios de los diferentes eslabones de la cadena de suministro que se regula a partir del MRP. Dado el carácter transversal de la información contenida en el consolidado de requerimientos por práctica para todos los procesos dependientes de esta coordinación, por esto los encargados de cada proceso poseen acceso a la visualización del informe de forma permanente y son notificados dado el caso se hagan modificaciones.

## **ALMACÉN**

El proceso de almacén procesa la información contenida en el consolidado de requerimientos por práctica recopilando las diferentes órdenes de requerimiento asociadas a un periodo de tiempo estimado de una semana aproximadamente, determinando así los diferentes alistamientos que se deben de realizar para garantizar el suministro de requerimientos (Reactivos, Soluciones, Insumos, Materiales y Equipos) para la semana contigua. Este proceso de alistamientos se realiza partir de los 2 primeros días de la semana en la que se llevará a cabo la práctica y se repite de forma cíclica en el transcurso del periodo de funcionamiento de la Universidad.

Actualmente el proceso cuenta con múltiples centros de almacenamiento tanto físicos como intangibles (delimitaciones), para la clasificación y gestión de estos recursos dependiendo del destino que posean (Académico o Investigación) y a la naturaleza y las características de almacenamiento y manejo de los requerimientos (Almacén Químicos, Almacén Utilera, etc.)

## **ASIGNACION DE PERSONAL**

Este proceso genera a partir de una secuencia de actividades a realizar para el cumplimiento de las prácticas planeadas, una asignación de personal Auxiliar. Este personal se encarga del proceso logístico de traslado y ubicación de los requerimientos desde el almacén hasta el laboratorio o locación en cuestión. Para este proceso se les asigna una hora antes de la práctica (logística y Alistamiento) y una hora posterior a la práctica (Mantenimiento y logística).

## **COMPRAS**

El proceso de compras es realizado por el departamento de compras, aproximadamente cuatro meses antes de comenzar actividades académicas. Este

proceso se encuentra totalmente separado del proceso MRP, lo cual significa, que el plan de compra no se estima de acuerdo a la información que las prácticas de laboratorio (realizadas o presupuestadas) brindan (número de estudiantes, cantidad de requerimientos usados por cada estudiante, número esperado de estudiantes para el siguiente semestre, etc.), sino directamente de los datos de compra históricos; además, tampoco se tienen en cuenta los inventarios existentes a final de semestre, para así saber a disponibilidad de ciertas referencias.

### **ANÁLISIS DE DATOS HISTÓRICOS (MOVIMIENTOS DE INVENTARIO)**

Para realizar este análisis (Véase **Anexo 4: Análisis de inventarios.**), se tomó la base de datos brindada por la FCN que contiene la información de movimientos de inventario de cuatro semestres, específicamente desde el semestre 2018-1 hasta 2019-2. Dicho análisis brindó la capacidad de segmentar semestralmente los requerimientos inicialmente de productos inmóviles y referencias que ameritaban análisis. Para esto, se hizo una comparación de referencia por semestre, donde se totalizaban los movimientos de cada una al finalizar los cuatro semestres, permitiendo observar así que, si dicha suma era igual a cero, la referencia no estaba rotando. Esto permitió depurar la información que no era necesaria y que a su vez sirve para que el encargado del proceso MRP indague las causas de que el producto no esté rotando.

Por otro lado, ya teniendo las referencias que reflejaban rotación por lo menos en uno de estos semestres se procedió a calcular una serie de indicadores, dentro de los cuales se tienen: Inventario mínimo, Stock de seguridad, rotación, inventario promedio, incremento de stock y días de inventario. A continuación, se muestran las fórmulas usadas para su respectivo cálculo:

$$\text{Inventario mínimo: } \mu * (\text{días del período} + \text{Lead time}) + \text{Stock de Seguridad; donde } \mu \text{ es la media y lead time es el tiempo de entrega.} \quad (1)$$

$$\text{Inventario promedio: } \frac{\text{Saldo final} + \text{saldo inicial}}{2} \quad (2)$$

$$\text{Stock de Seguridad: } \text{Desviación} * Z * \sqrt{\text{Lead Time}} \quad (3)$$

donde Z es el estadístico de prueba calculado con 95% de nivel de confiabilidad.

$$\text{Rotación: } \frac{\text{Consumos o salidas}}{\text{inventario promedio}} \quad (4)$$

$$\text{Incremento de stock: } \frac{\text{Saldo final de stock}}{\text{Saldo inicial de stock}} \quad (5)$$

$$\text{Días de inventario: } \frac{\text{Días del período}}{\text{Rotación}} \quad (6)$$

Para el cálculo de estos indicadores se tuvieron en cuenta ciertos parámetros, por ejemplo, que los días del período son 150; que para el cálculo del estadístico de prueba Z se usó una probabilidad del 95%, pues es el nivel de atención que se desea cumplir (como estimación del nivel de servicio que pretende la FCN); que el lead time varía, por lo que no es el mismo para cada referencia, pero oscila entre 30 y 90 días; por último, el parámetro  $\mu$  se obtuvo de promediar los saldos de inventario de los cuatro semestres analizados.

De este modo, teniendo calculados los indicadores, se procedió a realizar una disposición de tablas de comparación por semestre para ver el comportamiento de los indicadores a través del tiempo y poder ver si estos eran estables o no. Por ejemplo, es útil para el encargado del proceso MRP ver si los valores de rotación son parecidos entre sí en cada semestre, pues si no lo son, esto convierte dichas referencias en objetos de estudio. A continuación, se muestran las tablas de comparación.

**Tabla 2: Rotación por semestre**

Referencia	Semestres			
	2018-1	2018-2	2019-1	2019-2
45	0,3353996	2	2	0
316	0,03857532	2	0	0
3703	0	0	0	2
1105001	0,03196853	0,3590638	0,07777746	0,02720226
1105002	2,29904185	3,35501359	2,19898049	1,83787837
1105004	0,25043497	0,50489213	0,24549674	0,11879446
1105005	1,14769187	21,384078	1,68969209	3,28591121
1105007	3,92912326	1,0592218	0,93755456	0,4434385
1105008	2	0	0	0
1105009	0,02502033	0,14403432	0,01811313	0
1105010	0,02631579	0,38633905	0,68072625	0,25812194
1105011	0,43485568	0,94505817	0,41119577	0,68309242

**Fuentes: autoría propia**

**Tabla 3: Inventario promedio por semestre**

Referencia	Semestres			
	2018-1	2018-2	2019-1	2019-2
45	1022,78	425,63	1000	0
316	1056,375	518	0	0
3703	2	2	2	1
1105001	1558,095	1484,945	1382,92	1317,17
1105002	21565,945	28301,17	18731,585	33422,93
1105004	1181,105	825,305	1663,24	2557,19
1105005	1842,62	409,37	1102,26	2836,51
1105007	3373,18	7353,88	10201,465	11218,895
1105008	151,2	0	0	0
1105009	2957,995	2922,845	2898,45	2930,175
1105010	3800	3235,5	2962,63	2853,69
1105011	6283,74	5886,59	7552,85	13417,95

Fuentes: autoría propia

**Tabla 4: Días de inventario**

Referencia	Semestres			
	2018-1	2018-2	2019-1	2019-2
45	447,227729	75	75	0
316	3888,49693	75	0	0
3703	0	0	0	75
1105001	4692,11504	417,753052	1928,5794	5514,24784
1105002	65,2445715	44,7092079	68,2134292	81,6158472
1105004	598,957876	297,093163	611,006074	1262,68517
1105005	130,6971	7,01456477	88,7735707	45,649438
1105007	38,1764557	141,6134	159,990689	338,26562
1105008	75	0	0	0
1105009	5995,12566	1041,41844	8281,28571	0
1105010	5700	388,26	220,352896	581,12069
1105011	344,942032	158,720388	364,789741	219,589611



### Fuentes: autoría propia

Sin embargo, el indicador de incremento de stock se realizó para un solo semestre, pues era conveniente ver su comportamiento en el último período, pues la comparación con los anteriores no generaba algún valor adicional en el análisis. A continuación, se muestra:

**Tabla 5: Porcentaje de incremento de stock**

Referencia	Saldo inicial	Entradas	Salidas	Saldo final	Incremento
1211104	7,09	100	2,64	104,45	1373%
8213027	15	280	170	125	733%
8213067	1889,05	15027,25	1442,1	15474,2	719%
1113001	270,01	2094,92	394,23	1970,7	630%
8213133	818	9478,1	4921,7	5374,4	557%
8213298	1797,4	10000	7,4	11790	556%
1205099	168	1047,05	131	1084,05	545%
1210015	1670	14425,47	7387	8708,47	421%
1213871	1	5	1	5	400%
1213435	975	4524,2	700	4799,2	392%

### Fuentes: autoría propia

Como se puede observar, el cálculo de este indicador es bastante útil para ver cómo es el comportamiento de los consumos de algunas referencias. Por ejemplo, la primer referencia de la Tabla 5 posee un porcentaje de incremento del 1373%, lo que quiere decir que se compró una cantidad de esta referencia muchísimo mayor a lo que ya existía en inventario, y aún muchísimo mayor que sus propios consumos. Por lo tanto, esto puede significar dos cosas: 1. Las compras de los productos no están fielmente apegadas a la realidad, es decir, se subestiman o sobreestiman las cantidades necesarias. 2. Existen errores de digitación en las transacciones de movimientos de dichos inventarios. Sea cual sea el caso, estos resultados hacen a esta referencia un objeto de estudio.

Por otro lado, los resultados de los otros indicadores muestran comportamientos estables en algunas de estas referencias, no obstante, con algunas se nota actividad en solo uno de los semestres, algo que resulta bastante peculiar al tratarse de materiales que se usan en todas las prácticas de laboratorio. ¿A qué puede deberse esto? A las mismas dos razones que se explicaron en el párrafo anterior para el comportamiento del indicador de incremento de stock.

## OPORTUNIDADES DE MEJORA

Después de analizar la información obtenida, y el uso de herramientas de ingeniería industrial (diagrama Ishikawa) como el gráfico que se muestra a continuación, se logró hacer un análisis de las causas raíces del problema, que pueden verse, a su vez, como oportunidades de mejora:

Gráfico 7: Diagrama de causa y efecto Proceso MRP de la FCN para las prácticas de laboratorio



Fuentes: autoría propia

Dichas oportunidades de mejora fueron clasificadas de la siguiente manera:

### Método de recolección de información

- Se evidenció que el método de recolección de información a profesores no estandarizado, lo cual genera desperdicios de tiempo, y reprocesos.

- Por otro lado, los procesos de recolección, edición y consolidación de la información son bastante manuales, lo que genera mayor riesgo de error humano. Además, hace que la curva de aprendizaje para personal nuevo que realice los procesos sea lenta, lo que a su vez refleja una experiencia y experticia disciplinar difícil de heredar.

### **Gestión de inventarios**

- No están codificados todos los ítems del inventario en la herramienta ofimática, que, en teoría, debería utilizarse para el proceso MRP.
- Si bien, poseen un sistema ERP alimentado con datos de los inventarios, no realizan las revisiones de inventario necesarias para ser tenidas en cuenta a la hora de realizar compras.
- Se discriminan los consumos realizados por parte del sector académico y el sector de investigación y desarrollo a la hora de realizar compras, pero no se tienen en cuenta a la hora de hacer compras. Esto genera una sobreestimación en los consumos realizados por parte del sector académico, que es el encargado de las prácticas de laboratorio. De este modo, los productos se agotan a una tasa más elevada, lo cual aumenta el riesgo de que se produzcan faltantes.

### **Planeación de compras**

- El departamento de compras se encuentra desligado del proceso MRP, lo que incurre en una inadecuada estimación de los requerimientos que se van a comprar.
- No se tiene en cuenta el número estimado de estudiantes a matricularse en los programas para presupuestar los requerimientos. Esto genera reprocesos en el consolidado de requerimientos, y que el consolidado final se entregue justo a tiempo a comenzar la semana de semestre de prácticas de laboratorio, lo que no da margen de error ante posibles cambios o contingencias.
- Por otro lado, las compras se hacen respecto a los históricos de compra, lo cual es una estrategia que aumenta en gran medida la probabilidad de comprar productos de más, o que en algún momento existan faltantes, pues la variación en el número de estudiantes que ingresan a la universidad ha mostrado un comportamiento abrupto debido a asuntos externos (Becas, ayudas del gobierno, situación de la economía de la región, etc.)

#### **5.1.2 Propuesta de mejora**

Para comenzar, se hizo uso del Formato A3 (Véase **Anexo 5: Formato A3**) para llevar una guía o direccionamiento controlado del avance del proyecto y tener una visión más clara y estable del objeto de estudio, y así poder hacer un análisis más

detallado. De acuerdo a la criticidad en el proceso MRP, la categoría de oportunidades de mejora de recolección de información debe ser abordada, puesto que todos los procesos y áreas subsecuentes dependen directa o indirectamente de esta. Al ser el proceso base, donde se encuentran las entradas de información que alimentan todo el sistema, los errores o falencias que existan se propagan con facilidad, lo que quiere decir que el éxito de todos los subprocesos asociados depende de que este proceso se lleve a cabo con la debida efectividad.

En otras palabras, si el proceso no se hace bien desde el inicio, todo el proceso estará sesgado y tendrá poca confiabilidad a lo largo de su ejecución, debido a que en este subproceso se han encontrado una gran cantidad de tipos de desperdicios (tiempo, talento humano, sobre procesos, etc.)

Por ejemplo, existen diversas actividades que no aportan valor y que a su vez consumen una cantidad excesiva de tiempo, puesto que son repetitivas y manuales que pueden y deben ser modificadas para el mejoramiento del proceso (en primer lugar, reemplazarlas, luego mitigarlas, y por último suprimirlas) al unificarse de forma definitiva mediante un proceso de estandarización y automatización. Por ejemplo, la unificación de información enviada por los docentes, que se presentan en todo tipo de archivos y estructuras, también modificaciones en documentos por errores de escritura, y reprocesos por consolidados preliminares que no poseen la información completa, pero que por lo demorado del proceso deben realizarse con antelación.

Por lo tanto, es esta parte del proceso MRP que se abarcará en su totalidad mediante la propuesta de mejora. No obstante, la **Gestión de inventarios** será abordada parcialmente debido al impacto que puede tener en mejorar la confiabilidad del proceso. Para ello, se creó un cuadro de control dinámico o Dashboard (del cual se hablará adelante) con la información histórica como herramienta para que el administrador del proceso pueda realizar un análisis acerca del comportamiento de dichos inventarios y pueda tomar decisiones, al mismo tiempo que lo orienta a seguir realizando estas presentaciones gráficas que le permitan controlar los inventarios en el futuro.

### **Estandarización del proceso de recolección de información:**

Para ello, se denotó conveniente la creación de un formulario mediante una aplicación online. En este formulario, se solicita toda la información necesaria para realizar el consolidado. De este modo, se estandariza, en primer lugar, la vía de recolección de la información y, en segundo lugar, la forma como esta se organiza. Para garantizar que este proceso se lleve a cabo con eficacia, se definieron las diferentes fases que deben realizarse en el transcurso del tiempo, que funcionen como una hoja de ruta y permitan llevar un control de avance de la propuesta.

En la primera fase, se llevó a cabo una reunión entre los profesores respectivos de cada materia para aclarar y establecer cómo se fijará el listado de prácticas el cuál empezará a realizarse de manera anual (con la estandarización de sus respectivos requerimientos y sus fechas de ejecución). Además, cada coordinador de asignatura será el encargado de llenar y enviar dicho formulario. Dicho formulario comprendería lo siguiente. (véase Anexo 1: **Formulario Para Recolección De Prácticas**)

En la parte final del formulario, se solicita adjuntar el listado de requerimientos por cada práctica, la cual se diligencia en una hoja de cálculo validada y estandarizada que consta de lo siguiente (véase **Anexo 2: Listado de Requerimientos (Formato de Excel)**). Este formato está alimentado con la lista de requerimientos que se encuentran en la base de datos de la FCN, con lo que se busca validar, estandarizar y dinamizar el diligenciamiento y la recopilación de la información, específicamente de los requerimientos y evitar errores de escritura por parte del usuario.

- **Funcionamiento del formato de Excel “Lista de requerimientos”**

Inicialmente, el usuario debe diligenciar una de estas hojas por cada práctica establecida. La pantalla dispondrá de una serie de botones que le permitirán: 1. Insertar el nombre de la práctica (la cual se despliega de un menú previamente validado), 2. Buscar, agregar y eliminar requerimientos, 3. Ingresar la cantidad de requerimiento respectiva. Toda esta información se irá almacenando en una tabla visible para el usuario, que podrá ir validando la información ingresada. Dicha tabla abstrae automáticamente la unidad en la que se encuentra el requerimiento en las bases de datos de la FCN junto al nombre de la práctica que se adjunta automáticamente cuando el usuario la selecciona.

Una vez el docente termina de diligenciar el listado de requerimientos para la primera práctica, dispone de una serie de botones (Agregar nueva práctica y eliminar nueva práctica). Al seleccionar el botón de agregar nueva práctica, se despliega una nueva hoja de cálculo idéntica a la primera y lista para llenarse de nuevo. Los nombres de las prácticas no podrán estar repetidos, por lo que, de acuerdo a las validaciones hechas en el programa, se le pedirá ingresar una práctica con un nombre válido o no repetido. Adicionalmente, si el usuario tiene abierta una sola hoja, no podrá eliminarla, validación hecha también en la programación de la herramienta.

Luego, cuando el usuario termine y guarde el archivo de la forma indicada, enviará su documento al correo o dominio designado para que converjan todos los archivos correspondientes a las materias. A medida que lleguen, el personal encargado o administrador del proceso deberá descargar el archivo, ingresar a cada uno y efectuar la consolidación de la información, con la cual las diferentes hojas correspondientes a los listados de requerimientos serán recorridas y recopilarán toda esta información en una sola hoja del archivo.

Dicha consolidación se realiza con solo oprimir un botón que estará en una de las hojas del archivo y no será visible para los usuarios (docentes) y que está previamente programado para ejecutar dicha función. Después, se guarda el archivo en una carpeta designada y el proceso se repite con cada materia.

Con todos los archivos ya almacenados y consolidados en la carpeta se procederá a cargar los archivos en un modelo de datos (Power Query) el cual, gracias al formato y recopilación estándar, permite una abstracción y recopilación automática de la información de todas las hojas en una sola base de datos.

- **Formato de recolección de información cronogramas**

De forma paralela se estructura el mismo modelo de recopilación y consolidación automática para la abstracción de información correspondiente a los cronogramas de los docentes, en los cuales ellos diligenciarán las practicas a realizar en el transcurso del periodo académico y su respectiva semana de realización. A diferencia del formato anterior, la información almacenada en las hojas serían los cronogramas de cada una de los grupos que posea por asignatura.

Como última fuente e información necesaria para la consolidación del planeador semestral, pero no por esto menos importante, se encuentra el reporte de planeación académica, el cual se descarga de un servidor de la universidad de forma genérica y se extrae la información manualmente. Por lo mencionado anteriormente y considerando la forma estándar en la que se descarga este informe, se implementaría una macro que depure del formato original la información requerida para el planear, haciendo que el usuario solo pegue el informe ejecute la macro y obtenga el componente de planeación académica requerido.

Culminados los procesos de consolidación de información se obtendrían tres fuentes de información recopilada parcialmente de manera automática: listados de requerimientos, cronogramas de ejecución y el informe de planeación académica. Con estas fuentes de información se haría la consolicación de los cronogramas de los docentes con su respectiva información de planeación académica en la cual el coordinador encuentre cronológicamente las diferentes practicas acorde a su asignatura con sus características de ubicación y de realización.

Este archivo es el eje central de la planeación del proceso MRP de la FCN, y gracias a la dinamización y agilización de estos procesos de abstracción, recolección y consolidación de la información, se pueden utilizar diferentes herramientas para el máximo aprovechamiento de la información recolectada. Para esto se utilizarían tablas dinámicas que permitan la

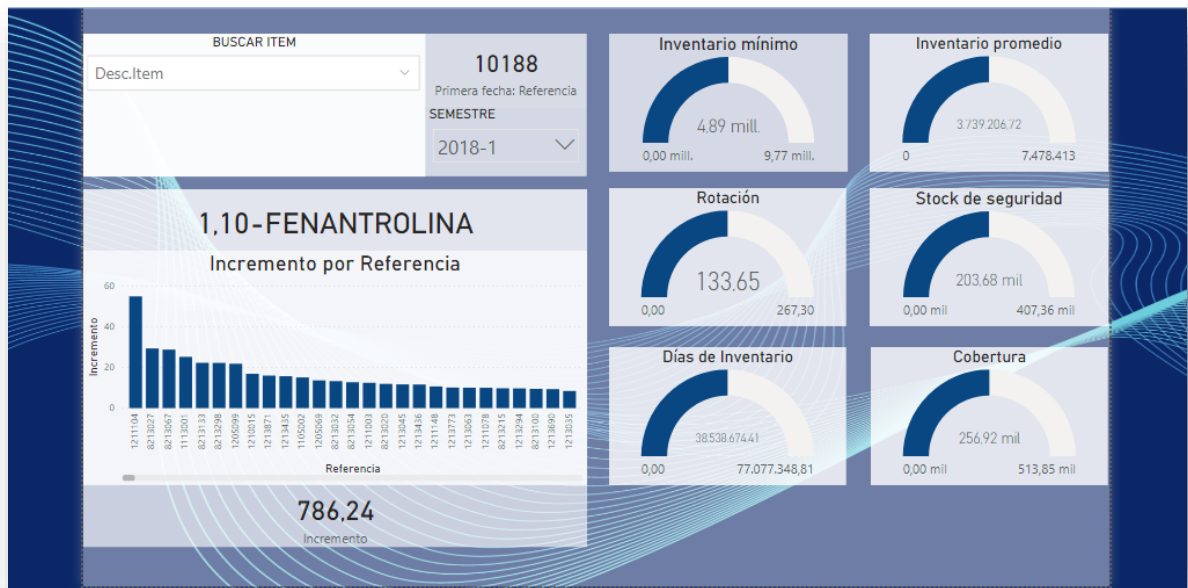
visualización de la información sujeta a segmentaciones o necesidades que requiera ver el administrador del proceso.

#### Respecto a **manejo de inventarios**:

- **Análisis de movimiento de inventarios:** Este informe, el cual utiliza herramientas visuales de Business Intelligence, desarrollado en Microsoft Power BI, abre el camino, o ilustra a los encargados del proceso a llevar un control y una medición de los datos que semestralmente se obtienen. De este modo, se puede abrir paso a un mejoramiento continuo, realizado por ellos mismos, al poder tener una visión global del proceso que llevan a cabo, permitiéndoles así tomar decisiones oportunas, cuyo impacto se vea reflejado. (Véase **Anexo 3: Dashboard Movimientos de inventario.**)

El cuadro de control (Dashboard) consta de lo siguiente: un menú desplegable para buscar un ítem en específico, que al ser seleccionado muestra su respectiva codificación, para ser más precisos con la información. Seguido a eso se encuentra un filtro de semestre, el cual mostrará los diferentes indicadores de inventario dependiendo del momento en el tiempo. Dichos indicadores son los siguientes: cobertura, inventario de seguridad, rotación, Inventario mínimo a mantener, inventario promedio y días de inventario. Por otro lado, también se encuentra un gráfico de columnas que muestra el incremento en cantidades de cada referencia, lo cual sirve para analizar algunas referencias que son compradas en grandes cantidades pero que se evidencia que no se consumen, pues los valores de stock al final del período son realmente altos, llegando a ser en algunos casos de más del 200 %. A continuación se muestra una pre visualización:

Gráfico 8: Pre visualización de dashboard de indicadores de inventario



Fuentes: autoría propia

- **Proceso de segmentación y separación de requerimientos acorde a su destino de consumo.** Este es uno de los factores que inciden en que la probabilidad de encontrar una referencia agotada sea mayor. En primer lugar, se consumen referencias que no están presupuestadas o no son tenidas en cuenta a la hora de hacer las compras, en segundo lugar, no se tiene un control de dicho gasto, por lo que no se puede diferenciar cuantitativamente las cantidades que se consumieron, por ejemplo, para el sector de investigación, pero que eran recursos que pertenecían a académico.

Por lo tanto, es necesario llevar un control sobre las cantidades que son consumidas por el sector de investigación, y posterior a esto, construir una base de datos acerca de sus consumos, y así tenerlos en cuenta en el próximo proceso de compras que realice el departamento encargado.

Para la recolección de la información anterior, se puede usar el software ERP que actualmente se usa en el proceso, pues allí se registra el centro de costos de todos los consumos o salidas, creándose así una bodega virtual dentro de dicho sistema, para poder discriminar los consumos de docencia e investigación. De este modo, el sistema permite descargar una hoja de cálculo con toda esta información clasificada de manera correcta y poder tenerse en cuenta para las compras.



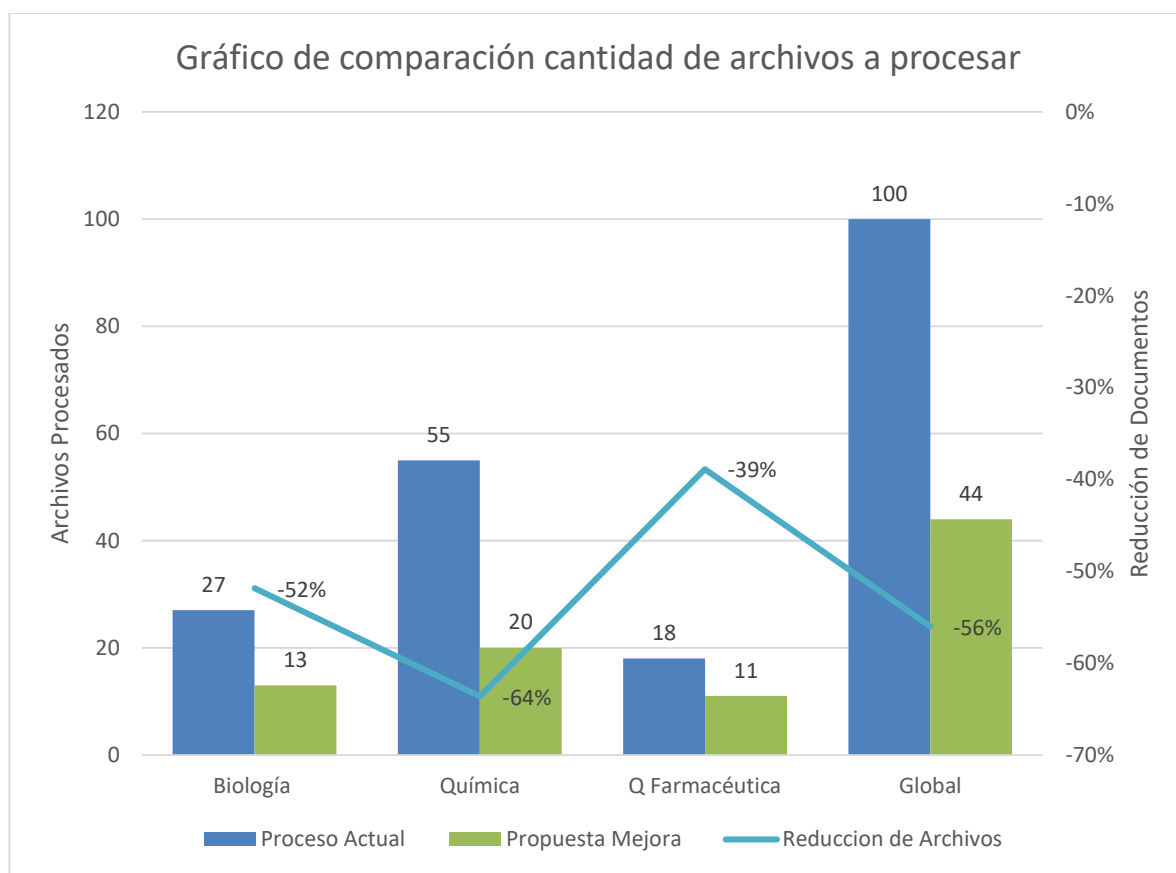
- **Estipular un control de novedades con registros de faltantes.** Esto como parte de la creación de políticas de revisión de inventarios. De este modo, se puede obtener una visión real de los requerimientos que se disponen, permitiendo así reaccionar de manera oportuna ante el estado de los inventarios, haciendo posible la toma de decisiones más acertadas como, por ejemplo, la creación de órdenes de compra con estimaciones que se ajusten a la realidad.

Con la información que se extrae en dicha revisión, se pueden empezar a medir los indicadores de inventario como por ejemplo la rotación de inventario, inventario promedio y días de inventario que actualmente no se tienen en cuenta. Esto abre una puerta a tener un mayor control de los inventarios, permitiendo así mejorar los procesos asociados (compras, consolidado de prácticas por semestre, etc.) Ya que como bien se sabe, lo que no se mide no se controla, y lo que no se controla no se puede mejorar.

### 5.1.3. Comparación

Inicialmente para evaluar de forma comparativa la propuesta de mejora ante el proceso actual, se hizo una evaluación de la reducción de archivos procesados gracias a la estandarización y la unificación de formatos por jefes de asignatura, reduciendo el número de archivos a recolectar, procesar y consolidar.

**Gráfico 9: Gráfico de comparación cantidad de archivos a procesar <sup>1</sup>**



**Fuentes: Planeador FCN Universidad Icesi**

Por otro lado, para comparar los efectos de la propuesta se analizaron los (2) escenarios (Actual y Propuesta), en los cuales se cuenta con un usuario que posee la experiencia y habilidades avanzadas para el desarrollo de los procesos de recolección y consolidación. La matriz de comparación se muestra a continuación:

<sup>1</sup> los datos fueron extraídos de los archivos de la base de datos de la FCN (el cual se mantiene reservado por políticas de confidencialidad), para lo cual fueron depurados y filtrados los datos necesarios para el despliegue de esta información

**Tabla 6: Matriz de comparación cualitativa**

<b>Característica</b>	<b>Proceso Actual</b>	<b>Propuesta Mejora</b>
<b>Duración</b>	5 meses, dentro de los cuales, 4 meses no aportan valor directamente, pues se invierten en los diferentes procesos y operaciones manuales de gestión de información. El proceso se ejecuta cada semestre.	2 meses, la implementación de las herramientas de gestión de información brinda la capacidad de automatizar la recopilación de información en 1 mes y otorgar un mes para análisis y ajuste. Además, el proceso se ejecutaría una vez por año.
<b>Estandarización</b>	Orientación Mínima de los procesos, con múltiples formatos y fuentes de información a libre elección de los docentes.	Métodos de Procesamiento de información validados y estandarizados, orientando a los usuarios a un diligenciamiento homogéneo de la información.
<b>Credibilidad de la Información</b>	Múltiples oportunidades de error de digitación, selección de información e inexactitudes potenciales. Se presenta la detección de errores en fases subsecuentes, generando reprocesos.	La información a seleccionar en el proceso se valida y corrige durante la recolección de la información, reduciendo la propagación de los errores en las siguientes fases de recolección y procesamiento, reduciendo los reprocesos
<b>Centralización de la Información</b>	La información se almacena en múltiples fuentes y archivos, además, se compilan los recursos de manera manual. No obstante no se en cuentan en un formato potencial para su	Permite recopilar datos de diferentes fuentes estandarizadas que permiten la centralización como base de datos única, facilitando el análisis de datos a través de gráficos e informes

	análisis y visualización dinámica.	que tienen como objetivo brindar información relevante de manera oportuna y rápida, además de brindar capacidad de reacción ante posibles cambios.
<b>Transparencia y organización</b>	El proceso se organiza de forma lógica. No obstante, el proceso es manual y depende de la orientación del usuario de cómo almacena la información	Gracias a un proceso estándar de recolección mediante herramientas ofimáticas, se garantiza la trazabilidad de la información y la organización delimitada de los documentos con la gestión respectiva para su almacenamiento en forma de base de datos. Esto permite el uso primario de la información e identificación de los múltiples usos potenciales de mejora.
<b>Aprendizaje</b>	El proceso actual cuenta con un proceso de transmisión de conocimiento compleja y una curva de aprendizaje prolongada, acorde a los múltiples procesos manuales asociados y la identificación de errores. Actualmente el proceso no ha sido transferido de manera efectiva en 8 años.	Enfocando el esfuerzo en la automatización parcial de los procesos de recopilación, extracción y consolidación de la información, reduciendo los procesos de incidencia operativa manual, de manera proporcional reduce la complejidad del proceso brindando la capacidad de transferirlo o hacerlo más eficiente.

**Fuentes: autoría propia**

La comparación del proceso actual debe resaltar que, por cada asignatura y grupo respectivo, el proceso actual posee un procedimiento cíclico con un número operaciones manuales de recolección de datos. Las operaciones van desde el registro de la información para su utilización hasta su depuración para la utilización

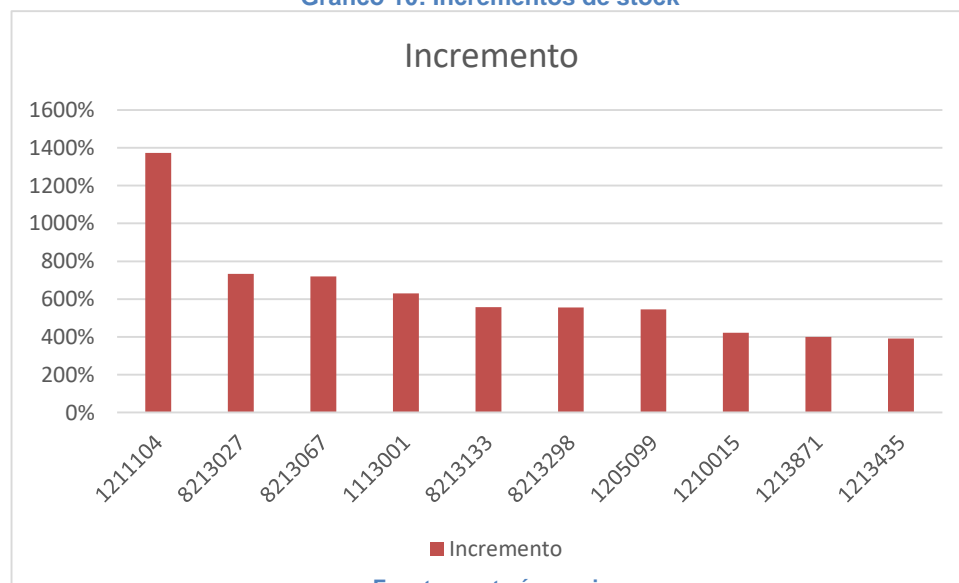
final de los datos. No obstante, ante la presencia de procesos que no agregan valor, pero son transversales en todo el proceso, se evidencia la necesidad de automatizar estos procesos para la generación de estos datos invaluable, y así reducir el efecto de frenar el ritmo del operador y dinamice el proceso, garantizando la fiabilidad de la información. Además, la información es crítica para operar y mejorar el proceso. El tiempo estará mejor invertido analizando su información, en vez de estar creándola. De este modo, el proceso de automatización de recolección de datos reenfocherà una operación permitiéndole pasar mayor tiempo mejorando el proceso.

### Análisis de consumo de recursos

Con la implementación de esta propuesta, se generarán una serie de reducciones en tiempo y esfuerzo que se dedican al proceso de recolección de información, que es el eslabón de la cadena que más consume dichos recursos. Por un lado, dicho tiempo puede verse reflejado en un impacto económico en el costo que asume la universidad por el salario pagado al trabajador para desempeñar estas funciones. Esto genera una reducción teórica del salario (teórica puesto que a dicho empleado se le seguirá pagando lo mismo), sin embargo, el tiempo que se libera le permite enfocar su trabajo en actividades que generen valor, en pocas palabras, se le estará pagando para lo que en realidad fue contratado o se le dejará de pagar por hacer cosas innecesarias.

Por otro lado, la información más apegada a la realidad extraída de los movimientos de inventarios permitirá la reducción en casi su totalidad de las compras excesivas que se han venido presentando, lo que a su vez significaría la disminución de gastos por parte del departamento de compras. Para poner un ejemplo de cuánto pudiese ser la reducción basta con mirar la Tabla 5: Porcentaje de incremento de stock Tabla 5, de la cual se puede obtener la siguiente gráfica:

Gráfico 10: Incrementos de stock



Fuentes: autoría propia

De acá se puede ver que existen referencias que resultaron con un porcentaje de cantidad en stock de más del 1000%, lo que quiere decir que tuvieron compras sobredimensionadas. Si estas referencias pasaran a tener un incremento de por lo menos 100% y no de más del 1000%, se tendría un ahorro del 900%. Si se tratara de cuantificar este ahorro, se puede asumir que dicho material tenga un costo de \$20.000, por lo tanto, el ahorro en dinero sería de \$18'000.000 para una sola referencia. Este ahorro crecería de manera aún más significativa para la cantidad de referencias que presentan estas compras desproporcionadas.

## 5.2 Conclusiones

En primer lugar, se concluye que, por más que se encuentren múltiples oportunidades de mejora a lo largo y ancho del proceso, se determina con mayor criticidad la estandarización y depuración de las fuentes de información que sirven de combustible a todos los procesos dependientes al proceso MRP dinamizando al mismo tiempo la comunicación con los stakeholders.

Según lo anterior, también se concluye que la voz del cliente juega un papel vital en la ejecución de este y otros proyectos venideros, porque es él quien conoce a fondo los procesos, dependencias y limitaciones que existen, por lo que puede brindar recomendaciones fundamentales para que el resultado del proyecto sea positivo en todos los aspectos. Además, cuando el cliente expresa lo que desea o necesita, la mirada crítica del ingeniero permite evidenciar dolencias que están en un trasfondo que ni el mismo cliente percibe o ha percibido aún, anticipándose ante futuras contingencias y dejando un proyecto más sólido.

Según lo anterior, también se concluye que la voz del cliente juega un papel vital en la ejecución de este y otros proyectos venideros, porque es él quien conoce a fondo los procesos, dependencias y limitaciones que existen, por lo que puede brindar recomendaciones fundamentales para que el resultado del proyecto sea positivo en todos los aspectos. Además, cuando el cliente expresa lo que desea o necesita, la mirada crítica del ingeniero permite evidenciar dolencias que están en un trasfondo que ni el mismo cliente percibe o ha percibido aún, anticipándose ante futuras contingencias y dejando un proyecto más sólido.

De forma transversal a todo el manejo de la información se evidencia, mediante las herramientas informáticas (Excel), la posibilidad ilimitada de automatizar los diferentes procesos de manipulación y gestión de información que poco aportan al proceso MRP para la reducción de desperdicios obteniendo como consecuencia la mejora del proceso en términos de eficiencia y eficacia, para la reinversión y concentración de los recursos que se vienen efectuando para todas las fases de gestión de la información, en el control de los indicadores con herramientas de Business Intelligence (Microsoft Power BI) y demás procesos que contribuyan a la mejora continua del proceso.

Sumado a esto, los datos automatizados son de fácil accesibilidad para el análisis del proceso de planeación de un producto o servicio como la educación en este caso. Principalmente la ventaja de automatizar la recolección de datos es tomar acciones rápidamente y corregir y/o mejorar los procesos en el momento adecuado. Con la información disponible es mucho más simple generar conocimiento para aumentar la productividad y reducir las pérdidas. Esta automatización permite la integración con sistemas que buscan la mejora continua en productividad, calidad y disponibilidad. Además, los datos recolectados automáticamente a través de instrumentos, cálculos y parámetros del usuario de forma estandarizada van a

garantizar datos más precisos, pues están menos expuestos al error humano, como errores de escritura, manteniendo la frecuencia de recolección de los datos, y brindando trazabilidad de horario y fuente de la información

Por otro lado, se evidencia el potencial que tiene poder manejar los grandes volúmenes de información que entran en el proceso MRP, específicamente respecto a los movimientos de inventario, pues de aquí se pueden calcular una serie de indicadores útiles para la observación y estudio del comportamiento de las referencias, lo que permite tener un conocimiento y un control mayor sobre lo que sucede en las bodegas, significando un estimación más confiable de las cantidades disponibles y así hacer un proceso de compra más apegado a la realidad. Todo lo anterior también es el peldaño que deben seguir en el proceso MRP para evidenciar oportunidades de mejora en el tiempo y realizar proyectos de mejora continua.

Por último, se encuentra la posibilidad de alivianar el conjunto de procesos repetitivos y propensos a errores y hacer más fácil la curva de aprendizaje para futuras personas que lleguen a dirigir el proceso MRP, puesto que, en este momento, solo una persona está capacitada de manera adecuada para ello y enseñar su experiencia es bastante difícil.



### **5.3 Recomendaciones**

Como bien se hablaba al comienzo de este documento, este proyecto es un primer eslabón que abre la posibilidad de implementación de otros proyectos futuros que permitan tener un proceso MRP más robusto. Por lo tanto, se busca que las entradas que alimentan el MRP sean lo más puras posibles, pues con esta entrada funcionando de manera incorrecta ninguna modificación o propuesta de mejora futura será efectiva, pues simplemente se aglomerarán y propagarán la serie de errores que existan al inicio.

Con lo anterior establecido de manera clara, se evidencia positivamente la posibilidad de realización de un proyecto que se encargue de la planeación de las compras y/o el establecimiento de métodos de pronósticos de la demanda. De este modo, y atendiendo a lo dicho en el párrafo anterior, los datos usados para dichos pronósticos van a estar depurados y más apegados a la realidad, en este caso, dichos procesos de planeación de compras o pronósticos serán efectivos y tendrán un efecto tangible. Sumado a esto, y muy ligado, se recomienda la unión o el fortalecimiento de los procesos de comunicación con el proceso de compras, o, en otras palabras, que en el momento de hacer las compras se utilice la información que brinda el proceso MRP.

Por otro lado, se recomienda la conjunción de proyectos de ingeniería de sistemas que permitan una explotación óptima de las herramientas informáticas que posee la FCN. Por ejemplo, el sistema ERP que se evidencia subutilizado y las herramientas de macros de Excel, que, por su complejidad en términos de programación, son casi imposibles de hacer funcionales por parte de los encargados del proceso MRP una vez que estos se encuentren dañados u obsoletos. No obstante, este proyecto hace menos pesado el proceso de extracción de información, lo que a su vez aliviana la dificultad del manejo de las herramientas mencionadas.

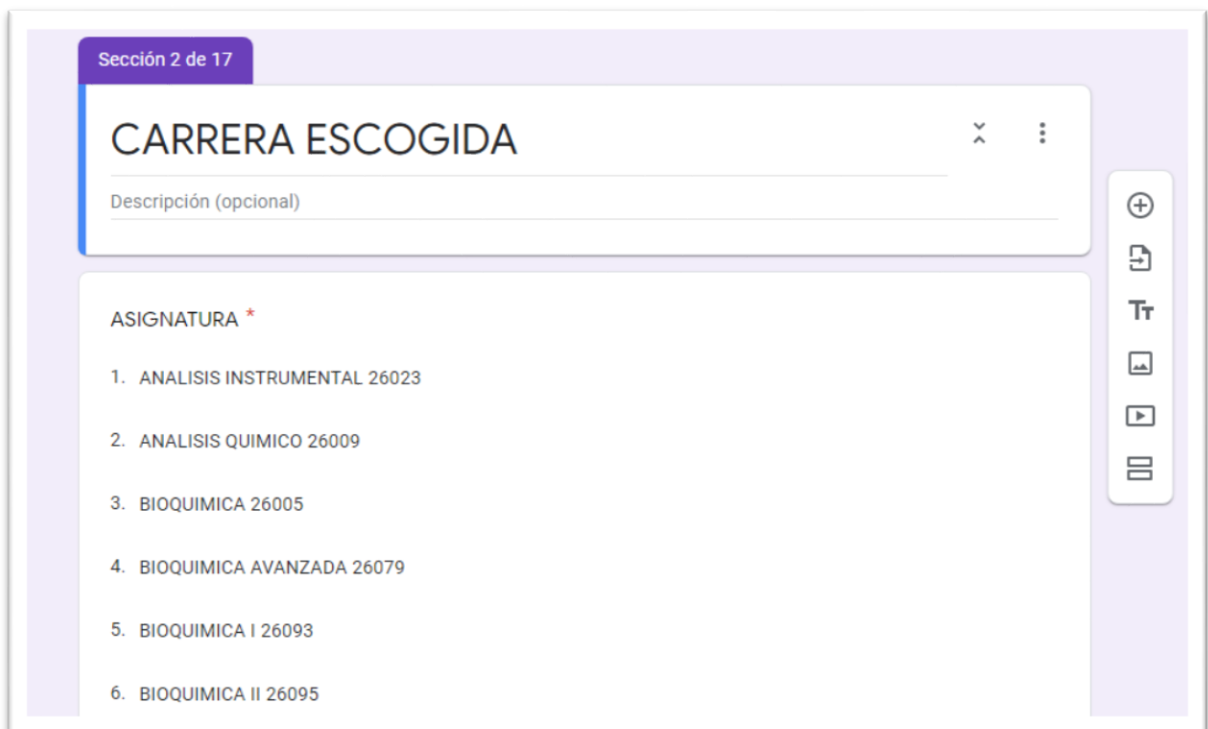
## Bibliografía

- Artes, R. (1997). Demand Management for a JIT Environment. *APICS Annual Conference Proceedings.*, 263-265.
- Miño, G., Saumell, E., Toledo, A., Roldan, A., & Moreno, R. (02 de 2015). Planeación de requerimientos de materiales por el sistema MRP. Caso Laboratorio Farmacéutico Oriente. Cuba. *Tecnología Química*, 248-260.
- Garzón, J. (2012) *Propuesta de mejoramiento para la planeación del abastecimiento de insumos químicos en la empresa DISTRICARNAZAS LUNA S.A.* (tesis de pregrado). Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia)
- Perez, D. & Salazar, J. (2007) *Diseño De Un MRP (Planificación De Requerimientos De Materiales), Para La Empresa Cedal S.A. En El Área De Producción.* (Tesis de pregrado). Escuela Politécnica Nacional. Quito, Ecuador.

## ANEXOS

### Anexo 1: Formulario Para Recolección De Prácticas

El formulario daría inicio con la opción de seleccionar la carrera a la cual hace parte la asignatura.



The screenshot shows a web form interface. At the top left, there is a purple tab labeled 'Sección 2 de 17'. The main title of the form is 'CARRERA ESCOGIDA' in large, bold, black letters. Below the title is a text input field with the placeholder text 'Descripción (opcional)'. To the right of the title and description field are two small icons: a close button (X) and a menu button (three vertical dots). Below the description field is a section titled 'ASIGNATURA \*' in bold. Underneath this title is a list of six subjects, each with a number and the subject name followed by its code:

1. ANALISIS INSTRUMENTAL 26023
2. ANALISIS QUIMICO 26009
3. BIOQUIMICA 26005
4. BIOQUIMICA AVANZADA 26079
5. BIOQUIMICA I 26093
6. BIOQUIMICA II 26095

On the right side of the form, there is a vertical toolbar with several icons: a plus sign (+), a document icon, a text icon (Tt), a camera icon, a play button icon, and a list icon.

Una vez escogida la carrera la siguiente sección desplegaría el pool de asignaturas correspondientes respectivas por carrera, para seleccionar la deseada.

Acorde a la asignatura seleccionada encontrará en la siguiente sección las diferentes prácticas que por histórico se han venido desarrollando y la capacidad de selección múltiple para así definir las practicas a usar durante el año fijado.

Sección 1 de 17

## FORMULARIO DE RECOLECCIÓN DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO FCN UNIVERSIDAD ICESI

Descripción del formulario

**CARRERA \***

1. BIOLOGÍA
2. QUÍMICA FARMACÉUTICA
3. QUÍMICA



Teniendo en cuenta la necesidad de otorgar versatilidad al formato se brinda la opción de agregar una nueva práctica, en donde se le solicita al usuario diligenciar el nombre de la práctica.



En la parte final del formulario el usuario encontrará el espacio para subir el formato en Excel en que se automatiza la recolección de los listados de requerimientos por práctica. Para ser almacenados en la cuenta de drive destinada para su almacenamiento.



## Anexo 2: Listado de Requerimientos (Formato de Excel)

Como interfaz de bienvenida el usuario selecciona la carrera y materia validada, para posteriormente guardar como el archivo con su nombre respectivo.

UNIVERSIDAD ICESI  
FORMATO DE RECOLECCIÓN DE LISTADO DE REQUERIMIENTOS POR PRÁCTICA  
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES

1 SELECCIONE LA CARRERA BIOLOGIA

SELECCIONE LA MATERIA PRINCIPIOS

2 POR FAVOR ANTES DE CONTINUAR, GUARDE EL ARCHIVO DE LA SIGUIENTE MANERA

BIOLOGIA - PRINCIPIOS

COMENZAR

Nueva Práctica Bienvenido

Una vez el usuario realice lo mencionado procederá accionar el botón comenzar el cual ubicará al usuario en la hoja de Nueva Práctica la cual es formato base que llenará seleccionando la práctica a la cual desea hacer referencia en su lista de requerimientos, y agregará los requerimientos con sus cantidades respectivas

PRÁCTICA

SELECCIONAR NOMBRE PRACTICA

AGREGAR REQUERIMIENTO

LIMPIAR TODO

LIMPIAR ULTIMO REQUERIMIENTO

#	Requerimiento	Unidad	Cantidad	Práctica
1	2,6-DICLOROFENOLINDOFENOL SAL Na 2H2O - 1213104	Gr	89	cristializacion
2	2-CLOROBUTANO - 1205031	Gr	89	cristializacion
3	4-CLOROACETANILIDA - 1213466	Gr	89	cristializacion
4	5-BROMO-1-PENTENO - 1206014	Gr	89	cristializacion
5	ACEITE DE LINAZA (MP) - 8213038	Gr	89	cristializacion

AGREGAR NUEVA PRÁCTICA

ELIMINAR PRÁCTICA

cristializacion Bienvenido

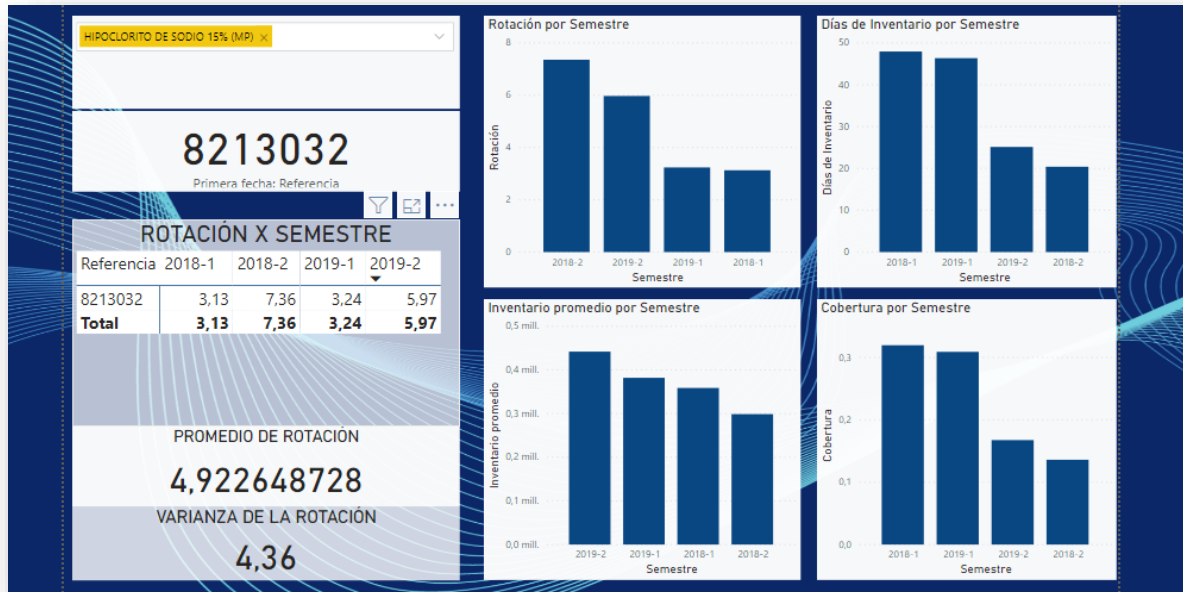
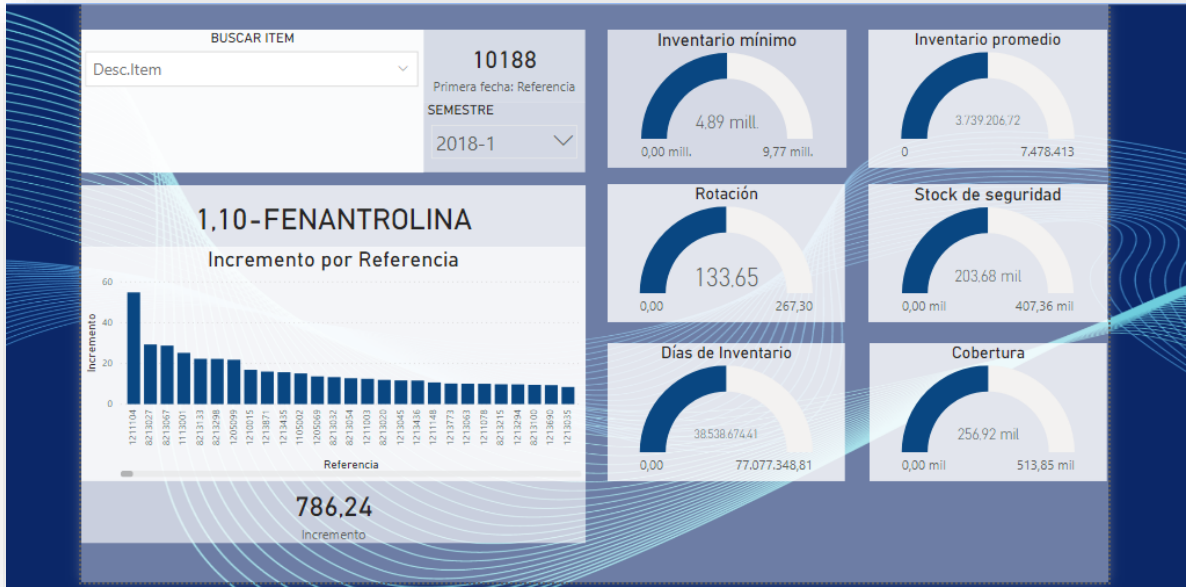
mediante los botones. Una vez finalice una práctica procederá agregando nuevas prácticas cuantas la asignatura realice y repitiendo el patrón de llenado anterior.





### Anexo 3: Dashboard Movimientos de inventario.

En este dashboard, se despliegan los distintos indicadores de inventario, en el cual se pueden buscar las referencias por su nombre para poder observar su comportamiento. Adicionalmente, se pueden comparar por semestres el comportamiento de dichos indicadores.



**Anexo 4: Análisis de inventarios.**

Este anexo se encuentra como libro de Excel adjunto a este documento de Word. Allí se despliegan los cálculos realizados para la obtención de los indicadores de inventarios.

**Anexo 5: Formato A3**

Este anexo se encuentra como libro de Excel adjunto a este documento de Word.