

Trabajo de grado en modalidad de aplicación

**Diseño de un modelo de planificación agregada de la producción mediante programación lineal, en la línea de compacto, considerando análisis de capacidad y variabilidad en la demanda, aplicada a la empresa LABORATORIOS RONVAR dedicada a la producción de cosméticos.**

Laura Ximena Bahamón Urrea <sup>a,c</sup>, Brenda Fernanda Martínez Vargas <sup>a,c</sup>, Carlos Osorio Ramírez <sup>b,c</sup>

<sup>a</sup> Estudiante de Ingeniería Industrial

<sup>b</sup> Profesor, Director del Proyecto de Grado, Departamento de Ingeniería Industrial <sup>c</sup> Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia

---

## Resumen

La Cámara de la Industria Cosmética y de Aseo espera que el sub-sector cosmético genere un impacto positivo con el fin de fortalecer el mismo teniendo en cuenta la productividad, competitividad e internalización de las empresas (ANDI, 2016). Debido al potencial de este sector, Laboratorios Ronvar ha tenido un alto crecimiento en los últimos años, por lo que ha generado la posibilidad de oportunidades de mejora buscando seguir creciendo y optimizando sus procesos productivos para ser más competitivos frente al mercado. Es por esto que, al generar un crecimiento se necesita evaluar y mejorar la reducción de costos y un aumento de la calidad a través de una mejora en la productividad, por lo que se necesita analizar de una manera crítica todos los componentes del negocio que no agregan valor, es decir, aquellos que no incrementan sus utilidades.

En este trabajo se pretende diseñar una solución a la problemática que Laboratorios Ronvar tiene en cuanto a la planeación de su producción y la falta de conocimiento de la capacidad instalada con la que cuentan, persiguiendo diseñar un modelo de planeación agregada de la producción, para que la empresa mejore los indicadores de satisfacción de la demanda y la sobreproducción, debido a que actualmente no tienen un modelo o método estructurado para la planeación de la producción, ni conocimiento de su capacidad instalada dado que siempre se ha desarrollado la producción de forma empírica.

La metodología propuesta fue estipulada en función del diseño de un modelo de planeación agregada, teniendo en cuenta que se debe realizar el diagnóstico de la situación actual sobre cómo funciona el proceso productivo, considerando que la empresa ha fijados los niveles de servicio sin previo análisis, llevándonos a plantear una Simulación Montecarlo, con la cual se pretende evaluar diferentes escenarios partiendo del nivel de servicio y la variabilidad de la demanda vs los costos asociados a la planeación agregada con el objetivo de identificar cuál será el mejor nivel de servicio a implementar y conocer la variabilidad de los costos en dado caso que la demanda varíe.

### 1. Justificación

Este trabajo se realiza tomando el caso de la empresa Laboratorios Ronvar, constituida como una mediana empresa, dedicada a la fabricación y distribución de productos cosméticos. Actualmente, la empresa cuenta con cuatro líneas de producción: compacto, polvo, semi-líquido y líquido.

Tal como demuestra el diagrama de Pareto (Anexo 1. Pestaña 1-4), la línea de producción de más impacto sobre la empresa es la de compacto, con un 64% de las ventas totales. Esta línea se encuentra compuesta por los siguientes productos: polvos, sombras y rubores. Los 3 productos anteriores comparten el mismo proceso productivo (Anexo 1. Pestaña 5): dispensación, fabricación, compactación, ensamblaje y acondicionamiento; la diferencia se encuentra en las materias primas utilizadas en cada proceso. Ahora bien, los polvos contienen 6 referencias, los rubores 9 y las sombras tienen 3 subproductos (sombras individuales con 20 referencias, sombras tres tonos con 9 referencias y sombras Dalia con 3 referencias), dependiendo del sub-grupo, se debe repetir el proceso productivo 1, 3 o 9 veces respectivamente para obtener el producto deseado.

Desde la fundación de la empresa, la producción, la contratación de personal y la compra de maquinaria, se vienen realizando según apreciación de expertos, sin realizar un estudio previo, por lo cual actualmente no conocen su capacidad instalada real debido a que no se tiene con certeza cuantas unidades puede hacer un trabajador. Se identifica una oportunidad de mejora con el fin de dar a la empresa el conocimiento de su capacidad instalada teniendo en cuenta sus tiempos de producción

Por otra parte, Ronvar ha estipulado un nivel de servicio de satisfacción de la demanda de un 95% (Apreciación de expertos sin previo estudio), en la **Tabla 1** se puede observar el % de cumplimiento en la línea de compacto en lo que respecta a dicho nivel.

Tabla 1. Sobreproducción vs Demanda incumplida.

Producto	Pedido	Facturado	Demanda Incumplida	Sobre Producción	% Cumplimiento	% Sobre Producción
Polvos	163.308	182.018	-	18.710	100%	11,00%
Rubor	82.710	72.700	10.010	-	88,00%	0%
Sombras Individuales	64.176	54.212	9.964	-	84,00%	0%
Sombras dalia	10.793	8.344	2.449	-	77,00%	0%
Sombras tono	33.818	28.283	5.535	-	84,00%	0%

Nota: Fuente: Propio

A través de la **Tabla 1**, se logra identificar que dos de los tres productos no cumplen con el nivel de servicio estipulado lo que evidencia también que no hay un cumplimiento de la demanda; tanto en sombras como en rubores no se cumple con la demanda estipulada lo cual genera sobrecostos ya que por producto faltante se da 15% de descuento al entregarlo al mes siguiente y por parte del polvo se evidencia una sobreproducción de está generando producto en inventario **(Anexo1)**.

Actualmente la empresa realiza el proceso de producción de una forma empírica ya que no se encuentra basado en la planeación de la producción a través de métodos asertivos en los pronósticos ni la aplicación de métodos adecuados en la planeación de esta, lo que desencadena los resultados evidenciados en la **Tabla 1**, esto se debe a que durante su trayectoria en el mercado se han encargado de cumplir con las normas brindadas por el Invima sobre el diseño de la planta, dejando en un segundo plano la planeación y pronósticos de producción.

Hoy en día Laboratorios Ronvar realiza su producción teniendo en cuenta la demanda histórica mensual promediada en los últimos tres años. Primero se realizan los pronósticos de dichas demandas para cada mes, para proceder al cálculo de la producción que se realiza durante los tres meses inmediatamente anteriores, como se muestra en la siguiente **ilustración**.

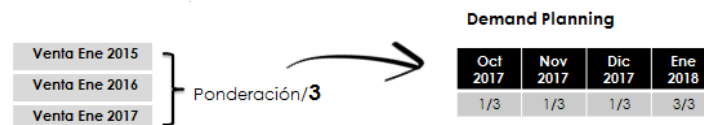


Ilustración 1. Pronóstico de demanda del Laboratorio Ronvar. Fuente: Propia

Una vez se conoce la demanda real, el área comercial está en la tarea de verificar si producción puede abastecer el pedido; en caso de que sí lo abastezca, se envía al cliente y si queda producto de más, este es enviado al inventario, y en el caso donde no, se debe realizar una nueva orden a producción para satisfacer la demanda, es decir, pasan a ser backorders; por lo tanto en el mes siguiente tienen que cumplirle al cliente con el total del pedido. Sin embargo, esto lleva a que otros productos sean postergados para poder satisfacer al primer cliente, por lo cual se vuelve a tener un incumplimiento con los pedidos de los productos que fueron postergados, causando un ciclo de incumplimiento con los clientes.

Teniendo en cuenta las demoras que sufren las órdenes de ciertos clientes y dada la importancia que tienen estos últimos para la empresa, la compañía debe reforzar sus esfuerzos para la satisfacción de la demanda. Por tanto, la capacidad instalada de la empresa



juega un rol importante con el fin de cubrir la demanda existente, determinando la mano de obra requerida, tiempos de producción y costos asociados. Las herramientas propuestas para mitigar las falencias mencionadas se concentran en la identificación de los pronósticos, análisis de datos y un modelo adecuado de la planeación de la producción, en donde la empresa debe ser capaz de tomar decisiones para enfocarse mejor en cuánto y cuándo debe realizar su producción con el fin de alcanzar sus objetivos de forma eficiente. Por ende, se observa otra posibilidad de mejora con el fin de lograr una eficaz planeación agregada de la producción según el método que se adapte al comportamiento de esta empresa, la aplicación de los pronósticos en la planeación de producción permite reducir la incertidumbre y respaldar la toma de decisiones en algo más que la intuición de los expertos.

Según Veli ULUÇAM (2013) se puede afirmar que la metodología de planificación de la producción esta diseñada para traducir proyecciones de demanda en un plan para planificar la dotación de personal y los niveles de producción para la empresa sobre un horizonte de tiempo predeterminado, por lo cual se controlan costos de producción, inventarios, faltantes, operarios, entre otros. La planificación agregada implica una capacidad de adaptación para satisfacer las demandas, por consiguiente, la programación lineal arroja la solución óptima mientras que el método de heurística es más flexible y no garantiza optimalidad. Basado en esto se pretende diseñar un modelo de planeación de la producción a través de la programación lineal donde después de arrojado el resultado se pretende simular escenarios con variación en el nivel de servicio y la generación de la demanda aleatoria, encontrando el mejor escenario que brinde la menor cantidad de costos.

La simulación de eventos discretos tuvo su debut en los años 90, cuando se permitía modelar una generalidad de procesos de fabricación. En 1999 la simulación avanza a nivel del ámbito de programación de operaciones en empresas de manufactura (Palma & Forradellas Martínez, 2009). Es por esto que la simulación hoy en día es usada para mejorar la toma de decisiones en el proceso de fabricación, un ejemplo donde se puede ver la simulación aplicada es en la tesis de Mayra Georgina Miranda quien Implementa un Algoritmo de Recocido Simulado para el Problema de Planificación de Tareas en una Empresa de Manufactura de Cosméticos donde a través de la Simulación Montecarlo logra conocer el orden en que los trabajos deben ser administrados para reducir el tiempo total de completamiento de todas las operaciones y reducir el tiempo dedicado a la elaboración de secuencias factibles (Flores, 2009)

Las oportunidad que tiene Laboratorios Ronvar en el diseño de un plan de producción adecuado, parte del conocimiento de la capacidad instalada con el fin de una efectiva aplicación de los modelos de pronósticos que mejor se ajustan a la demanda, teniendo en cuenta la elaboración de un modelo matemático que defina la mejor manera de cumplir con la demanda teniendo en cuenta, horas extras, operarios por contratar, costos asociados, demanda y tiempos para que arroje la mejor manera de planear la producción ya que su estrategia organizacional está enfocada en la satisfacción del cliente con productos de calidad. Por lo cual surge la pregunta ¿Cómo diseñar un modelo de planificación agregada de la producción mediante programación lineal, en la línea de compacto, considerando análisis de capacidad y variabilidad en la demanda, aplicada a la empresa Laboratorios Ronvar dedicada a la producción de cosméticos?

## 2. Antecedentes

El panorama del sector cosmético en Colombia se empezó a formar en los años 1930 durante la depresión económica, con empresas pequeñas que satisfacían las necesidades locales, pero fue sólo hasta la década de los cuarenta, con el impacto en el consumidor afectado por los medios de comunicación masiva y los estereotipos de belleza de esta época que el uso de cosméticos se popularizó (Torres, vallejo, Rivera, Salamanca, & Luque, 2005). El sector de cosméticos es representativo en Colombia, debido a que viene creciendo con fuerza en los últimos años. Dicho crecimiento se evidencia pasando de producir US\$1.301 millones en el año 2.000 a US\$3.659 millones en 2.011. Uno de los factores más incidentes en el crecimiento corresponde a la inversión extranjera directa de importantes multinacionales que se encuentran realizando operaciones en el país, y vienen desarrollando inversiones en centros de distribuciones, innovación, tecnología, plantas de producción y consecuentemente generando empleo directo (Procolombia, 2015)

El tamaño de mercado del sector cosmético al 2016 era de UD\$2.865 millones de dólares, con un decrecimiento entre el 2010 y el 2015 del -2.5% y una proyección de crecimiento del 2015-2020 del 7.7% (ANDI, 2016). Para el 2014 el sector representa el 4,4% del PIB de la industria manufacturera y 0,5% del PIB nacional. Ocupa el noveno lugar en la producción industrial del país generando el 4,0% del total de la industria manufacturera, con alrededor de 27.000 empleos directos para el 2014, y es el séptimo empleador industrial (ANDI, 2015). A nivel nacional el sector está compuesto por 1.090 empresas, de las cuales aproximadamente el 40% son de cosméticos y el 60% de aseo y absorbentes. Dentro de las empresas del sector hay productoras, comercializadoras, maquiladoras



y proveedoras de insumos. Alrededor del 40% de las empresas están ubicadas en Bogotá, seguido de Antioquia con el 23% y del Valle del Cauca con el 13%. Para 2018 se espera que llegue a US\$5.274 millones de dólares de inversión (ANDI, 2015).

Para la Cámara de la Industria Cosmética y Aseo es importante generar impactos positivos e impulsar a las empresas a la acción, con el fin de fortalecer al sector definiendo objetivos económicos para esta industria y estrategias para fortalecer la productividad, la competitividad e internacionalización de las empresas (ANDI, 2016).

En cuanto a la industria Cosmética en el exterior, a partir del 2014, el sector ha crecido en un 9,3%. El mercado de Latinoamérica superó el crecimiento a nivel mundial y se espera que continúe este comportamiento en los próximos tres años. Así mismo, Latinoamérica cuenta con una participación del 13% en el total del mercado del sector de Cosméticos y Aseo, la cuarta a nivel mundial y se espera que en los próximos cuatro años esta participación aumente al 18%. La mayor participación en el mercado del sector de Cosméticos y Aseo la tiene Europa (29%), le sigue Asia Pacífico (24%) y Norte América (21%) después se encuentra Europa del Este (6%), Medio Oriente (5%) y Australia (2%). (Rodríguez Ramírez & Saleh Vélez, 2013)

Con el crecimiento del sector cosmético, Laboratorios Ronvar tiene la oportunidad de aprovechar la situación para ser una empresa más competitiva en el mercado. Ya que la compañía estipula un nivel de servicio de satisfacción de la demanda de un 95%, es pertinente realizar una mejora en la planeación de la producción con el fin de lograr alcanzar dicho nivel o mejorarlo, a la vez disminuyendo la sobreproducción; como se mencionó anteriormente la Cámara de la Industria Cosmética y Aseo busca que las empresas fortalezcan las estrategias de la productividad. Muchas medianas empresas en el sector buscan un crecimiento competitivo, es ahí donde la planeación agregada juega un rol importante, según Varela et al (2014), en su caso de estudio “la planeación agregada”, logra acoplar la oferta de la producción con la demanda a un mediano plazo, siendo esta (Nivel de satisfacción) una de las problemáticas que Ronvar tiene actualmente. Una de sus grandes oportunidades radica en la inexperiencia del uso de modelos o métodos estructurados en el desarrollo de su producción, ya que la empresa considera más pertinente el hecho de cumplir la normatividad dada por el Invima, antes que el nivel de satisfacción, por lo tanto, es de gran importancia lograr apoyar a la empresa en la implementación de un modelo.

Un ejemplo donde se puede observar la aplicación de un plan de producción es en la tesis: “Mejora en el proceso de planificación y fabricación de un envase cosmético utilizando la planeación agregada”, donde Amaya Sosa (2015) refiere que en un principio la empresa padece de sobreproducción y almacenamiento innecesario causando pérdidas mensuales. Se implementó una propuesta de mejora en la planificación y fabricación logrando así un planificador de requerimientos, control de tiempos de producción, consumo de materiales, ciclos de producción, producto fabricado por cada turno, tiempo en mano de obra, costos de producción y stock de seguridad. El resultado de esta implementación optimizó sus procesos y recursos, los tiempos de entrega y sus tiempos de fabricación, alcanzando un uso adecuado de su capacidad de almacenaje, satisfaciendo la demanda y mejorando sus pérdidas mensuales.

Con lo anterior es posible constatar la importancia de la aplicación de un modelo de producción, unos pronósticos adecuados, y los resultados que esta implementación arroja dentro del desarrollo del proceso productivo, a continuación, se evidencia otro caso de suma importancia en el sector en donde Bolaños González (2016) realiza una tesis sobre el desarrollo de un modelo productivo que permite incrementar la capacidad de la línea de semisólidos en una empresa de cosméticos. Dicho estudio muestra los beneficios de conocer la capacidad máxima que la empresa puede producir, en este caso muestra que conocer los tiempos de proceso y el balanceo de línea permite mejorar los recursos disponibles y aumentar la producción con un menor costo, el conocer la mano de obra necesaria puede incrementar la eficiencia mediante la contratación o despido del personal, en este caso a través del estudio se demuestra que no es viable incrementar la mano de obra ya que puede disminuir los movimientos individuales, entorpeciendo las labores de los procesos.

Por otro lado Veli ULUÇAM (2013) presenta un problema de planificación de la producción con una solución a través de métodos de programación lineal, atacando los criterios de rendimiento de: Maximizar los beneficios y Minimizar los costos. En las actividades de planificación agregada, cuando se produce más de un producto y la demanda cambia de periodo a periodo, es posible observar que es importante no detallar planes para cada producto, sino hacer planes enteros de productos, por lo cual la planificación de producción agregada es un método que puede mover todas las partes de las organizaciones en la misma armonía.

Reay-Chen Wang y Tien-Fu Liang (2010) también presentan un novedoso enfoque de programación lineal interactiva (PLP) para resolver el problema multiproductos de la planificación agregada de producción (APP), con una demanda de pronóstico impreciso, costos de operación relacionados y su capacidad. El enfoque propuesto intenta minimizar los costos totales con referencia a los niveles de inventario, niveles de trabajo, horas extras, niveles de subcontratación backordering, capacidad de mano de obra, máquina y almacén. El enfoque propuesto utiliza la estrategia de minimizar al mismo tiempo el mayor valor posible de los costos



totales imprecisos, maximizando la posibilidad de obtener costos totales más bajos, minimizando el riesgo de obtener costos totales más altos. Un caso industrial demuestra la viabilidad de aplicar el enfoque propuesto a los problemas reales de decisión de APP. En consecuencia, el enfoque de PLP propuesto produce una solución de compromiso de APP eficiente y un grado general de la satisfacción del tomador de decisión (DM) con los valores de objetivo determinados.

En conclusión, se puede observar la importancia de que la empresa utilice métodos adecuados para conocer su situación actual del proceso productivo implementando una planeación agregada de la producción, para que logre determinar los niveles adecuados de la producción y de fuerza de trabajo que puedan mejorar sus costos, logrando ser más competitiva frente al mercado y aportando al sector cosmético.

### 3. Objetivos

*Diseño de un modelo de planificación agregada de la producción mediante programación lineal, en la línea de compacto, considerando análisis de capacidad y variabilidad en la demanda, aplicado a la empresa LABORATORIOS RONVAR dedicada a la producción de cosméticos.*

- Realizar el diagnóstico de las operaciones actuales de la producción con el fin de determinar la presente situación del proceso productivo.
- Identificar los modelos de pronóstico que mejor se adapten a la demanda de los productos.
- Diseñar un modelo de planeación agregada de producción mediante programación lineal, considerando la variabilidad de la demanda.
- Realizar un análisis comparativo del desempeño de la línea de compacto, en términos de costos e indicadores, bajo distintos escenarios donde varían los niveles de servicio y la demanda, mediante la Simulación de los diferentes escenarios analizados.

#### 3.1. Aspectos relacionados con el diseño

Esta propuesta está enfocada en realizar un modelo de planificación agregada de la producción mediante la programación lineal en la línea de compacto, para atender la problemática de la demanda insatisfecha y la sobreproducción. Se espera que el modelo matemático arroje la solución óptima para atender dicha problemática al menor costo, teniendo en cuenta los tiempos de producción, la capacidad instalada, los pronósticos asertivos enfocados al tipo de demanda y los costos asociados en un horizonte de tiempo de un año, estipulando los lotes de producción ideal, basado en los pronósticos, para mejorar la satisfacción del cliente y dejar producto en inventario sólo si es necesario.

Se simularán los datos arrojados por el modelo variando la demanda con el fin de identificar los costos más bajos, observando la variabilidad de esta vs los niveles de servicio, proponiendo cual será el mejor indicador en la satisfacción de la demanda con el fin de brindarle a la empresa un input para que esta cumpla con dicho indicador al menor costo.

También se procederá a realizar una simulación Montecarlo comparando los niveles de servicio vs los costos asociados a la planeación agregada. En este ítem se pretende simular el nivel de servicio de satisfacción de la demanda en diferentes escenarios hasta encontrar el que genere un menor costo para la empresa, es decir, verificar si es adecuado dejarlo en un 95% de satisfacción de la demanda o cuál porcentaje generaría un menor costo. Adicional se simulará la variación de la demanda bajo distintos escenarios para lograr observar cuánto varían los costos en dado caso que aumente o disminuya la demanda.

**El proceso de diseño deberá tener en cuenta las siguientes restricciones:**

#### *Estipuladas por la empresa*

- No despedir personal, por lo cual en dado caso de ser necesario se dejará a modo de recomendación.

#### *Para el modelo*

- La información levantada se ajustará a los requerimientos de un modelo de planeación agregada mediante la programación lineal.

- Máximo de horas posibles para laborar, llegando a un acuerdo con la empresa para ver la viabilidad de la implementación de las horas extras, según lo arrojado por el modelo.
- **Este proyecto no incluye en detalle el plan maestro de producción.**
- Teniendo en cuenta la cantidad de data del modelo, se desarrolla solamente con un horizonte de tiempo de seis meses.
- Como resultado, debe mostrarse el modelo de planeación para establecer el pronóstico de la producción en un horizonte de tiempo de seis meses al menor costo.
- Por motivos de programación, debido a la cantidad de referencias se trabajará con demanda agregada de referencias por tipo de producto.

Para el desarrollo de la propuesta del modelo debe seguirse cumpliendo las normas estipuladas, en este caso, el **Decreto número 219 de 1998** el cual reglamenta parcialmente los regímenes sanitarios de control de calidad y de vigilancia de los productos cosméticos y la **Resolución 003774 MINISTERIO DE PROTECCIÓN SOCIAL** la cual se adopta la Norma Técnica Armonizada de Buenas Prácticas de Manufactura Cosmética

#### 4. Caso de estudio

Laboratorios Ronvar está constituida en el mercado como una organización mediana comercializadora y productora de cosméticos naturales, fundada en 1992, cuando inicia su participación como una pequeña empresa cosmética dedicada a la fabricación y distribución de estos productos, donde poco a poco ha obtenido un crecimiento en el sector, se logró posicionar como una mediana empresa. Dicho crecimiento tuvo tal acogida en el mercado, que se ha logrado conformar un equipo productivo de 168 trabajadores, alcanzando reconocimiento y distinción en el campo con la marca representativa “Raquel”.

Su fábrica se encuentra en Bogotá ubicada en la autopista Medellín km 2.5, Bodegas Oikos Occidente. Cuenta con dos pisos de oficinas y un último piso donde se localiza la planta de producción; adicionalmente cuenta con una bodega propia para los productos que tienen en inventario.

Ronvar, actualmente cuenta con cuatro líneas de producción: compacto, polvo, semi-líquido y líquido. Dada la gruesa participación de la línea de compacto y según el Pareto de unidades vendidas, es posible identificar que compacto aporta el 64% de las unidades vendidas de la organización. Dentro de esta línea de producción es posible identificar 5 estaciones de trabajo de las cuales el 37,5% son semiautomatizadas, y el 62,5% manuales. El proceso productivo consta de las siguientes estaciones las cuales serán nombradas en orden al proceso:

1. **Dispensación:** Se pesan las materias primas necesarias para fabricar el producto y un control para validar el peso
2. **Fabricación:** Consta de varias operaciones:
  - Mezclado I: Se realizan las mezclas de los ingredientes sólidos y líquidos por separado.
  - Mezclado II: Se realiza la mezcla de los ingredientes sólidos y líquidos.
  - Micro pulverización: La mezcla pasa a ser partículas a través de una maquina dando el aspecto de un polvillo.
3. **Compactación:**
  - Tamizar la mezcla para separar las partículas gruesas de las finas
  - **Compactar:** A través de la compactadora automática se realiza el polvo, rubor, sombras individuales y de forma manual se realiza la compactación de sombras 3 tonos y dalia.
4. **Ensamblado:** Cada lámina se coloca en su respectivo empaque.
5. **Acondicionamiento:**
  - **Etiquetado:** Cada empaque se le adiciona las etiquetas correspondientes.
  - **Embalado:** Cada empaque es introducido en la caja lista para salir al mercado.
  - **Cuarentena:** inspección del producto para salir al mercado.
  - **Liberación:** Producto finalizado para entregar al cliente.

El proceso de producción se desarrolla de la siguiente manera: cada estación cuenta con una cantidad de operarios necesarios según el tipo de producto; una vez finalizada las operaciones de la estación, el operario encargado del área traslada el producto a la siguiente estación para que los otros operarios continúen con la producción de este, cabe resaltar que el o los operario/s encargado

de cada estación debe realizar una limpieza al área una vez finalizada las operaciones para continuar con la siguiente producción de otro producto o referencia.

## 5. Metodología

La metodología propuesta fue diseñada a partir de los pasos de cómo determinar una planeación agregada de la producción. Teniendo en cuenta que, para poder realizar dicha planeación, se debe tener la capacidad instalada real de la empresa donde se puede evidenciar el actual funcionamiento del proceso de compactación (**objetivo específico a**). Para realizar un buen plan de la producción es necesario tener un modelo de pronóstico eficaz de la demanda (**objetivo específico b**). A partir de lo anterior, se realiza un modelo de la planeación agregada mediante la programación lineal (**objetivo específico c**). Después de tener el modelo de la planeación, se realizará el análisis comparativo de los diferentes escenarios donde varían los niveles de servicios y demanda para medir el impacto del desempeño en términos de costos e indicadores (**objetivos específicos d**). A continuación, se mostrarán las actividades que se ejecutarán para el cumplimiento de cada objetivo específico.

**5.1. Objetivo específico a:** Realizar el diagnóstico de las operaciones actuales de la producción con el fin de determinar la situación actual del proceso productivo.

### 5.1.1. Diagrama de Operaciones

Se realizó el diagrama de operaciones para cada producto, identificando las operaciones que intervienen, los controles, los tiempos en operación y los diferentes insumos.

El diagrama de proceso de operaciones es una representación gráfica de los procesos o etapas; en él se presentan principalmente las operaciones e inspecciones del proceso. El diagrama representa paso a paso el flujo del trabajo o del proceso de producción. Este diagrama brinda para cada uno de los productos, una distinción de las operaciones, controles y tiempos que se llevan a cabo y observando las materias primas que intervienen en cada uno de los productos, desde el principio de la producción hasta llegar al producto terminado. Una vez identificadas cada una de las operaciones e inspecciones en el orden en que se realizan; el diagrama también permite identificar el tiempo que dura en realizarse las operaciones e inspecciones. Inicialmente se realiza una línea horizontal que indica las materias primas o insumos necesarios que entran para realizar las operaciones e inspecciones necesarias ubicándolas verticalmente con su símbolo correspondiente; las líneas horizontales serán colocadas cada vez que la materia prima ingrese al proceso. Los tiempos serán colocados al lado izquierdo de cada símbolo según corresponda. (Niegel & Freivalds, 2009)

### 5.1.2. Diagrama de flujo

Se llevó a cabo el diagrama de flujo de cada uno de los productos de la línea de compacto donde se tomaba según el diagrama de operaciones teniendo en cuenta los flujos diagramados, donde se obtuvo los retrasos, almacenamientos, controles, transportes y observaciones para la empresa.

Este diagrama permite observar el detalle de lo que sucede dentro las operaciones y controles, donde se puede identificar, almacenamientos, transportes y retrasos del proceso. Cada paso del proceso es representado por un símbolo diferente que contiene una breve descripción de la etapa de proceso. Los símbolos gráficos del flujo del proceso están unidos entre sí con flechas que indican la dirección de flujo. Así mismo ayuda a revisar el % de operaciones dentro del proceso para identificar oportunidades, en inspecciones, operaciones o retrasos ocultos. (Niegel & Freivalds, 2009)

### 5.1.3. Diagrama Hombre Máquina

El diagrama hombre maquina es un gráfico que permite visualizar todas las actividades que son desarrolladas por el hombre, por la máquina o por el hombre trabajando en la máquina. Ayuda a establecer el tiempo total del proceso y porcentaje de tiempo utilizado tanto por el hombre como la máquina. Determinando la eficiencia de los hombres y maquinas. (Niegel & Freivalds, 2009). El fin de este diagrama consiste en identificar la correlación que existe entre hombre y maquina con el fin de identificar los porcentajes de productividad, tiempos muertos e inactividad.

Para todos los diagramas se tendrá la siguiente referencia:

**Tiempo Inactivo:** El tiempo donde el operario no se encuentra haciendo nada y donde la maquina está encendida pero no está siendo utilizada (rosa).

**Tiempo Muerto:** Tiempo donde la maquina no se encuentra encendida (rojo).

**Tiempo de Operación:** Tiempo en el cual tanto la maquina como el operario están realizando una operación (verde).

#### 5.1.4. Estudio de Tiempos

La medición de tiempos es la técnica más importante dentro de la medición del trabajo, su principal objetivo es registrar los tiempos y ritmos de trabajo correspondientes a los elementos de una tarea, para así proceder a analizar los datos y averiguar el tiempo requerido para efectuar la tarea según una norma de ejecución preestablecida. Por lo cual se establecen una serie de etapas que son de suma importancia para dicha ejecución, primero se debe contar con las herramientas requeridas (Cronómetros, formularios), luego se debe identificar la selección del trabajo y etapas del estudio de tiempos, una tercera etapa corresponde al cálculo del número de observaciones así como el cálculo del tiempo estándar. Con esta información es posible identificar tiempos estándar válidos y confiables dentro del proceso (Salazar López, 2016).

Algunos datos abstraídos de las observaciones corresponden a: tiempo normal, cálculo del tiempo estándar, Rating factor, intervalo de Muestra (IM) y el intervalo deseado (ID), el cual finalmente define si los datos son favorables y es confiable la toma de tiempos. (Niegel & Freivalds, 2009)

#### Se trabajó bajo los siguientes criterios

- **Número de observaciones:** Para determinar el número de observaciones se tomó el tiempo cronometro de cuanto duraba una operación. Sin embargo, se estableció un número de observaciones de 3 lecturas para cada actividad según lo mencionado por (Niegel & Freivalds, 2009).

Tabla 2. Número recomendado de ciclos de observación.

Tiempo de ciclo (minutos)	Número recomendado de ciclos
0.10	200
0.25	100
0.50	60
0.75	40
1.00	30
2.00	20
2.00-5.00	15
5.00-10.00	10
10.00-20.00	8
20.00-40.00	5
40.00 o más	3

*Nota:* Fuente Niebel & Feirdvals. (2009). Ingeniería industrial: Métodos, estándares y diseño del trabajo

- **Análisis de confiabilidad:** Utilizando la distribución normal con t de Student. Para comparar el intervalo de tiempo medido contra el intervalo deseado. (IM-ID) Si ID>IM entonces se afirma que la medición es confiable, en caso contrario se debe realizar de nuevo la medición con más observaciones para encontrar una medición confiable
- **Nivel de confianza:** Es del 90% ya que es uno de los niveles más usuales para realizar este tipo de estudios estadísticos. Esto le da tolerancia al proceso ya que es un proceso en línea, por ende, se espera que los tiempos cronometrados sean muy parecidos unos a otros y al dejar una tolerancia de 10% se espera que los elementos extraños de las operaciones se muestren dentro del proceso.

$$ID = Media * Error$$

$$IM = \frac{Desviación\ estandar * t}{\sqrt{Número\ de\ observaciones}}$$

#### 5.1.5. Muestreo de trabajo

El muestreo de trabajo tiene por objeto identificar las proporciones del tiempo total dedicada a las diversas actividades que componen una tarea, de tal forma que se elimine el tiempo improductivo, conocido como tiempo en donde no se genera valor agregado. Es necesario tener en cuenta ciertas consideraciones humanas dentro de la implementación del muestreo de trabajo para que se adapte a la realidad. Para desarrollar el muestreo de trabajo es importante identificar las operaciones productivas



e improductivas, con el fin de aplicar la fórmula correspondiente (Salazar López, 2016). Para el cálculo del muestreo de trabajo se debe llevar a cabo una serie de observaciones tomadas previamente. Todo esto con el fin de poder calcular la cantidad de observaciones teóricas necesarias para llevar a cabo el desarrollo del estudio. (Aguilar & Fernández, 2004)

#### Cálculo del número de observaciones:

$$n = Z_{\frac{\alpha}{2}}^2 * \frac{p * q}{B^2} = \text{Número de observaciones}$$

El proceso antes mencionado fue aplicado para los 5 productos seleccionados durante el trabajo de grado (Rubor, Polvos, Sombra Individual, Sombra 3 tonos y Sombra Dalia). Se seleccionó aleatoriamente un día de visita para registrar de forma preliminar la cantidad de operarios productivos e improductivos dentro del desarrollo de la producción. Con base en lo anterior se identifican actividades y se clasifican tolerancias según las actividades que realiza el operario, para este estudio se consideraron actividades improductivas: limpieza, hablar con el inspector, fuera del Puesto, hablar con el compañero, otra actividad y descanso. Sin embargo, dentro de estas actividades improductivas se establecen como tolerantes: limpieza, hablar con el inspector y otra actividad; las cuales son indispensables dentro del proceso y es inevitable reducir su ejecución.

#### 5.1.6. Tiempo Estándar

El tiempo estándar es considerado como el patrón requerido para terminar una unidad de trabajo, utilizando método y equipo estándar, considerando la ejecución a una velocidad normal del operario, sin mostrar síntomas de fatiga. El cálculo del tiempo estándar se realizó a partir de los tiempos tomados en el estudio de tiempos con cronometro, con el fin de identificar la medición de la mano de obra directa. A los tiempos con cronometro se le agrego las tolerancias, valoración, y los respectivos suplementos. Es importante resaltar que esta técnica ayuda a formular un sistema de costos estándar, y a establecer un tiempo básico de ejecución durante cada actividad, la cual apoya técnicas de descripción de cargos. (Niebel & Freivalds, 2009)

Para el cálculo del tiempo estándar se llevó a cabo la siguiente ecuación:

$$TSTD = (T_O * \%Val) + T_B (\%Ergonomia + \%Variable) + T_B (\%Constante + \%Variable)$$

Dónde:

$T_O$  = Tiempo observado por el reloj.

$\%Val$  = % de ajuste al ritmo (Lento, normal, rápido)

Se establece para cada operario un ritmo tipo, según apreciaciones, a través de los siguientes criterios:

$R > 100\%$

$L < 100\%$

$N = 100\%$

Adicionalmente se consideró los suplementos dentro de tres grandes grupos:

- Suplementos Fijos (Necesidades Físicas)
- Suplementos Variables (Fatiga Básica)
- Suplementos Básicos.

$\%$  Suplemento = Tensión Por condiciones ergonomicas (Temperatura, Luz)

$\%$  Contingencia = trabajos fortuitos, demoras inevitables

Dentro de las tolerancias se encuentran limpieza, hablar con el inspector, y dentro del grupo de otra actividad (apoyo a otro operario en otra operación)

### Procedimiento de cálculo (Niebel & Freivalds, 2009)

1. Obtener y registrar información de la operación.
2. Tomar las lecturas correspondientes según el cálculo del número de observaciones.
3. Identificar las valoraciones o el rating factor del ritmo de trabajo.
4. Calcular los suplementos de estudios de tiempos.
5. Cálculo del estudio de tiempos y se obtiene el tiempo estándar de la operación.

#### 5.1.7. Balanceo de Línea

El objetivo fundamental de un balanceo de línea corresponde a igualar los tiempos de trabajo en todas las estaciones del proceso.

El enfoque del balanceo de línea en este trabajo consiste en determinar el número ideal de operarios que se deben asignar a una línea de producción, en este caso, se pretende establecer el número de operarios necesarios para cada una de las estaciones de cada producto. El método consiste en alcanzar el mayor % de Balance de acuerdo con la necesidad de producción, que en este caso es la producción ideal, con el número de trabajadores ideales, al mejor tiempo; a través de la aplicación de diversas iteraciones. (Pinzón, 2013)

Las fórmulas que se usaron fueron las siguientes:

Tabla 3. Fórmulas para balanceo en línea.

Minuto Total del Operario	$\sum_{i=1} (\min \times Op)$	Sumatoria del producto entre el tiempo de cada operación y la cantidad de operarios que la realizan.
Ciclo de Control	min >	Es el tiempo mayor entre los tiempos de cada operación.
N° de Operarios	$\sum Op$	Sumatoria de los operarios que ejecutan las operaciones.
Total Minutos por Línea	$Ciclo\ de\ Control \times N^{\circ}\ de\ Op$	Tiempo que toma la línea en relación a su ciclo de control.
% de Balance	$\frac{Minuto\ Total\ del\ Operario}{Total\ del\ minutos\ por\ línea} \times 100$	% del Balance de la línea. Este es mayor a medida que los tiempos de las distintas operaciones se aproximan.
Ciclo de Control Ajustado	$\frac{Ciclo\ de\ Control}{Desempeño\ de\ la\ línea} \times 100$	Ciclo de control ajustado según el desempeño de la línea
Unidades / Hora	$\frac{60\ minutos}{Ciclo\ de\ Control\ Ajustado}$	Cantidad de unidades por cada hora de trabajo.
Unidades / Turno	$(Unidades\ /\ Hora) \times (Horas\ /\ Turno)$	Cantidad de Unidades por cada turno de trabajo.
Costo x Unidad	$\frac{(N^{\circ}\ de\ Op) \times (Salario\ diario)}{Unidades/Turno}$	Costo de mano de obra por cada unidad producida
Desempeño de la línea	$1 - \left( \frac{Tolerancias\ Hombre}{Tiempo\ por\ turno} \right) + \left( \frac{Tolerancias\ Máquina}{Tiempo\ por\ turno} \right)$	

Nota: Fuente: Salazar López (2016). Balanceo de Línea.

En primera estancia se debe consignar la información inicial del proceso, en cuanto a descripción de las operaciones, su tiempo de ejecución y la cantidad de operarios que las realizan, el cual será equivalente a la primera iteración. En segunda estancia se identifica la operación con más tiempo de producción por lo que se procede a adicionar un nuevo operario para reducir el tiempo y así sucesivamente hasta encontrar el mejor balanceo al menor costo unitario (Pinzón, 2013).

#### 5.1.8. Análisis de capacidades

El cálculo de la capacidad instalada se realiza con el fin de hallar el volumen máximo que puede producir Laboratorios Ronvar en un periodo determinado. Para lo cual el resultado fue la tasa de producción de las unidades producidas por el tiempo estimado.

A través de la ecuación observada a continuación (Niebel & Freivalds, 2009):

### Capacidad Instalada

$$= (\text{Unidades producidas por hora}) * (\text{Horas Diarias Trabajadas}) * (\text{Días a la semana trabajados})$$

**5.2. Objetivo Específico b:** Analizar la demanda de los productos con el fin de aplicar los modelos de pronóstico que mejor se ajusten.

Para realizar el análisis de la demanda y aplicar los métodos de pronósticos adecuados se consultó el libro NahmiaS (2014) donde a través se utilizaron los métodos donde se pudo identificar el tipo de demanda y cuáles eran los métodos más efectivos para la demanda encontrada. Por lo cual la metodología usada para este objetivo está desarrollada con base a este libro.

### Análisis de la demanda

Considerando que para realizar un buen plan de la producción es necesario tener un modelo de pronóstico eficaz de la demanda, se parte del hecho de realizar un análisis del comportamiento de las demandas anteriores donde se analiza mediante el estudio del desempeño de la demanda desde el 2015 hasta el 2017 de enero hasta diciembre, de las 47 referencias bajo los cuales se desarrolla este trabajo. Se permitió identificar que las series de tiempo no reflejaban una tendencial lineal en lo corrido de los meses, y el componente estacional no existía en la comparación año tras año, por lo que se concluyó mediante las gráficas arrojadas y una prueba de rachas en las referencias, que la demanda tenía un comportamiento aleatorio.

### Pronóstico de la demanda

Después de identificar el comportamiento de la demanda, según dicho comportamiento se procede a evaluar los métodos que afecten las demandas aleatorias, en este caso la Suavización Exponencial Simple y el Promedio Móvil, donde se aplicó para cada una de las 47 referencias, variando en el caso de la SES los  $\alpha$  y en el caso de PM el intervalo del promedio (Anexo 2).

El proceso que se desarrolló se puede observar en la siguiente ilustración.

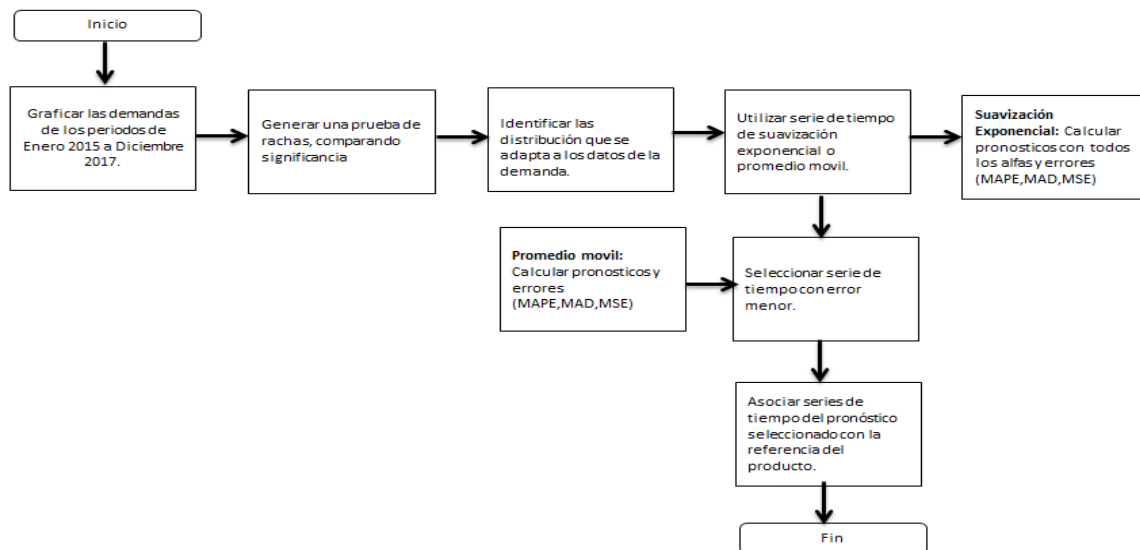


Ilustración 2. Flujograma del procedimiento para encontrar los pronósticos. Fuente: Propia

### Promedio móvil:

Este modelo matemático está basado en

$$\bar{X}_t = \frac{\sum_{t=1}^n X_{t-1}}{n}$$

$\bar{X}_t$  = Promedio de ventas en unidades en el periodo  $t$

$\sum$  = Sumatoria de datos

$X_{t-1}$  = Ventas reales en unidades de los periodos anteriores  $t$

$n$  = Número de datos

Es posible observar el cálculo del promedio móvil con PM3, PM4, PM6, PM12 y sus respectivos errores (MAD, MAPE, MSE) en el anexo 2, con el fin de poder identificar que pronóstico se ajusta mejor a la demanda del producto, este cálculo se llevó a cabo para las 47 referencias.

### Suavización Exponencial

$$F_t = \alpha D_t + (1 - \alpha) * F_{t-1}$$

$F_t$  = Pronóstico a identificar  $D_t$  =  
Demanda real del mes anterior.

$F_{t-1}$  = Pronóstico del mes anterior.

$\alpha$  = Coeficiente de suavización (entre 0 y 1)

1. En el anexo 2, es posible observar el cálculo de la suavización exponencial. Como primera medida se realizó un gráfico de probabilidad para cada una de las 47 referencias estudiadas. Luego a través del software SPSS se realizaron pruebas de rachas y normalidad, en donde se comparó la  $P \leq \alpha$  en donde se rechazaba la prueba de rachas. Lo mencionado anteriormente para identificar que demandas de referencias se comportan de forma aleatoria.
2. Una vez se llevó a cabo el cálculo de las series de tiempo que más se ajustaban a la información de la demanda, a través de las medidas de exactitud (MAPE, MAD y MSD) se procedió a comparar el ajuste del modelo de serie de tiempo más apto (El estadístico con menor valor, con el fin de seleccionar el pronóstico de mayor exactitud).
3. Para aquellos casos en los que se escogía la suavización exponencial se realizó el proceso de identificar el alfa que tenía un menor error porcentual, para lo cual el alfa de 0.95 representaba mayor ajuste a la demanda y en el caso de Promedio móvil se escogió el valor del N con menos error.

Con el fin de abarcar más el tema del análisis de la demanda se realizó un DRP (Planeación de los Recursos de Distribución) para identificar la administración de negocios para planificar la emisión de órdenes de productos dentro de la cadena de suministro.

### DRP (Planeación de los Recursos de Distribución)

En la empresa Laboratorios Ronvar se puede observar un único centro de distribución, ellos se encargan de que el producto llegue al correspondiente nicho de mercado (Mayoristas que distribuyen el producto hasta llegar al consumidor final). Cabe resaltar que Laboratorios Ronvar trabaja bajo una demanda continua, y el requerimiento de producto se encuentra en el correspondiente centro de distribución.

Como se mencionó anteriormente, la empresa laboratorios Ronvar cuenta con una familia de productos conformada por polvos, rubor y sombras (3 tonos, dalia e individual).

El cálculo de los requerimientos en el centro de distribución se obtiene a través del siguiente método de pronóstico, como se muestra en la siguiente ecuación:

$$\text{Pronóstico} = \left( \sum_{t=1}^3 D_{ti} \right) / 3$$

Al tener la demanda pronosticada por cada producto se procede a determinar la cantidad mensual que corresponde al centro de distribución, la cual actualmente corresponde a una planeación de la demanda de tres meses antes del mes pronosticado (Para el pronóstico de enero 2018 empiezo a fabricar 33.3% en octubre 2017, 33.3% en noviembre 2017 y 33.4% en diciembre 2017). Por lo que se traslada el 100% del pronóstico al centro de distribución, en caso de haber sobreproducción se deja en inventario las

unidades sobrantes al pronóstico y en caso de no cumplir con la producción del pronóstico se envía la totalidad de las unidades producidas (en caso de que la demanda supera las unidades producidas, quedan como Backorders).

En la siguiente tabla es posible observar la demanda pronosticada según el método actual de pronóstico utilizado por la empresa, en donde dentro de dicho escenario se aprecia la información para el año 2018.

Tabla 4. Demanda pronosticada según Laboratorio Ronvar.

Mes Pronóstico	Polvo Facial Mineral's con Filtro Solar	Rubor Fantasía	Sombra	Sombra Dalia	Sombra Tonos	Total general
Ene	7.188	1.339	3.150	377	1.549	13.603
Feb	17.521	3.791	7.713	1.639	4.148	34.812
Mar	16.589	3.461	8.807	1.384	4.061	34.302
Abr	19.644	3.724	7.604	1.296	3.843	36.111
May	16.499	4.760	8.596	1.284	4.221	35.360
Jun	20.205	3.197	6.621	1.242	3.775	35.040
Jul	17.748	4.418	8.584	1.142	4.615	36.507
Ago	17.479	3.408	8.480	1.325	4.125	34.816
Sep	19.139	3.093	8.385	1.086	3.096	34.798
Oct	15.086	2.905	8.953	1.160	3.502	31.607
Nov	23.849	3.629	10.897	1.270	5.021	44.666
Dic	29.329	4.313	20.528	1.684	4.032	59.886

Nota: Fuente: propia.

Con la demanda pronosticada mensual se procede a calcular la demanda desagregada semanal para el centro de distribución que para este caso también es la bodega, se van realizando envíos parciales hasta completar la totalidad del pronóstico. Posteriormente a cada mes se le asigna un porcentaje de producción de demanda, así como a cada semana según los requerimientos para cumplir con la demanda como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 5. Ejemplo demanda mensual del centro de distribución enero.

MES	MES 1				MES 2				MES 3				Total
	33,33%				33,33%				33,33%				
SEMANA	SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4	SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4	SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4	
Producto	8,3%	8,3%	8,3%	8,3%	8,3%	8,3%	8,3%	8,3%	8,3%	8,3%	8,3%	8,3%	
Polvo Facial Mineral's con Filtro Solar	599	599	599	599	599	599	599	599	599	599	599	599	7.188
Rubor Fantasía	112	112	112	112	112	112	112	112	112	112	112	112	1.339
Sombra	262	262	262	262	262	262	262	262	262	262	262	262	3.150
Sombra Dalia	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	377
Sombra Tonos	129	129	129	129	129	129	129	129	129	129	129	129	1.549

Nota: Fuente: propia.

Tiempo de aprovisionamiento (diferencia en tiempo que hay entre el plan de recibir una orden y el plan de colocar la orden.): el tiempo de aprovisionamiento entre la bodega y Laboratorio Ronvar es de dos días dado que las dos están ubicadas en el mismo edificio.

Nivel de Servicio: Se calcula teniendo en cuenta el número de pedidos entregados a tiempo sobre el número total de pedidos. El nivel de Servicio de Laboratorio Ronvar es del 83 % y ellos desean llegar al 95%. La empresa funciona bajo la siguiente estructura, inicialmente se deben abastecer de materias primas a través de sus proveedores para realizar la producción requerida, posteriormente se planea la producción según el pronóstico para el mes que se vaya a fabricar, con el fin de enviar parcialmente las unidades al centro de distribución.

Una vez es completado el pronóstico según las unidades solicitadas por los mayoristas, se procede a realizar la entrega de dicho producto, cabe aclarar que la venta termina en los mayoristas, debido a que es deber de estos realizar la distribución a las diferentes ciudades para la venta de producto al consumidor final. Sin embargo, es importante aclarar que los pronósticos están basados en las unidades solicitadas por los mayoristas según sus necesidades, es por esta razón que no existen tendencias en días especiales.

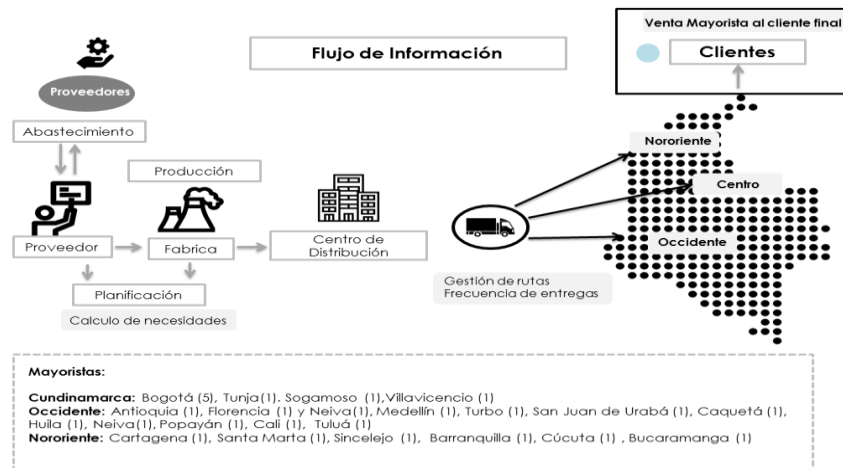


Ilustración 3. Flujo de distribución. Fuente: Propia

**5.3. Objetivo Específico c:** Diseñar un modelo de planeación agregada de producción mediante programación lineal, considerando la variabilidad de la demanda.

### 5.3.1. Programación Lineal

La empresa realiza la fabricación de una línea de compacto que contiene 3 tipos de productos, polvos, rubores y sombras, que estas a su vez se subdividen en, sombras Dalia, sombras 3 tonos y sombras individuales. La producción de los tres tipos de productos consta de las siguientes etapas de producción: dispensación, fabricación, compactación, ensamble y acondicionamiento.

Se conoce que para cada producto en las diferentes estaciones cuentan con tiempos y operarios diferentes en cada estación según el lote de producción, los cuales se comportan de la siguiente manera según la tabla.

Tabla 6. Tiempos y operarios por estación.

Rubor		Polvo		Sombra Individual		Sombra 3 Tonos		Sombras Dalia	
LOTE	2400	LOTE	7400	LOTE	1000	LOTE	1250	LOTE	1000
Tiempo (min)	# Operarios	Tiempo (min)	# Operarios	Tiempo (min)	# Operarios	Tiempo (min)	# Operarios	Tiempo (min)	# Operarios
DISPENSAR		DISPENSAR		DISPENSAR		DISPENSAR		DISPENSAR	
360	1	450	1	330	1	240	1	240	1
FABRICACIÓN		FABRICACIÓN		FABRICACIÓN		FABRICACIÓN		FABRICACIÓN	
840	2	1080	1	850	1	1290	1	3870	1
COMPACTAR		COMPACTAR		COMPACTAR		COMPACTAR		COMPACTAR	
600	2	1590	2	600	2	1725	2	5175	2
ENSAMBLAR		ENSAMBLAR		ENSAMBLAR		ENSAMBLAR		ENSAMBLAR	
640	2	1290	2	640	2	690	2	2070	2
ACONDICIONAMIENTO		ACONDICIONAMIENTO		ACONDICIONAMIENTO		ACONDICIONAMIENTO		ACONDICIONAMIENTO	
3435	2	4470	4	3435	2	3180	2	3180	4

Nota: Fuente: propia.

Como se ha demostrado anteriormente, la demanda de dichos productos es aleatoria, lo que genera una incertidumbre en cómo realizar la planeación de la producción de forma efectiva, por lo que con los pronósticos se estimó la siguiente demanda para un periodo de seis meses (Debido a que cada producto cuenta con varias referencias “47 en total” se toma para el modelo la demanda agregada por producto)

Se debe tener en cuenta que al no generar una orden completa, los faltantes del pedido deberán entregarse al mes siguiente generando un 15% de descuento en los productos faltantes, como así mismo en dado caso de generar sobreproducción es dinero que se deja de invertir y generar ganancias donde actualmente el DTF está al 5,18% Anual lo que me significa que cada producto que mantenga en inventario está quitando la posibilidad de generar ganancias con el dinero que cuesta producirlo.

### 5.3.2. Modelo Matemático (Veli Ulucam, 2013).

El modelo matemático contempla el comportamiento real de la producción hoy, es decir los operarios necesarios por estación y los tiempos de limpiezas que se necesitan cuando se termina la fabricación en cada estación. La función objetivo del modelo consiste en minimizar los costos incurridos en la cadena de producción de la empresa, tomando en cuenta los costos de cada proceso: Costos de contratación, costos de faltantes, costos de inventarios, costos de producción, cantidad de producto faltante, cantidad de producto producido, cantidad de inventarios y cantidad de producto demandado.

Costo total incurrido en la producción de las órdenes requeridas:

**FO:**

$$\text{Min } z = \sum_{\substack{t \in T \\ k \in K \\ j \in J \\ t > 0}} r(j) * R(t, j) + o1(j) * O1(t, j) + o2(j) * O2(t, j) + o3(j) * O3(t, j) + o4(j) * O4(t, j) + i(j) * I(t, j) + s(j) * S(t, j) + h * H(t, k);$$

**Conjuntos:**

$T = (0, \dots, 6)$ ; Periodos

$J = (1, \dots, 5)$ ; Productos

$K = (1, \dots, 5)$ ; Estaciones

**Variables de decisión:**

$R_{tj, t>0}$  = Cantidad de unidades producidas en tiempo regular en el periodo t del producto j.

$O_{1tj, t>0}$  = Cantidad de unidades producidas en tiempo extra diurno en el periodo t del producto j

$O_{2tj, t>0}$  = Cantidad de unidades producidas en tiempo extra nocturno en el periodo t del producto j

$O_{3tj, t>0}$  = Cantidad de unidades producidas en tiempo extra diurno festivo en el periodo t del producto j

$O_{4tj, t>0}$  = cantidad de unidades producidas en tiempo extra nocturno festivo en el periodo t del producto j

$H_{tk, t>0}$  = Cantidad de trabajadores Contratados en el periodo t en la estación k.

$W_{tk}$  = cantidad de trabajadores en el periodo t en la estación k.

$I_{tj}$  = inventario en el periodo t del producto j

$S_{tj}$  = Faltantes en el periodo t del producto j.

$r_j$  = Costo de producir una unidad en tiempo regular del producto j.

$o1_j$  = Costo de producir una unidad en tiempo extra diurno.

$o2_j$  = Costo de producir una unidad en tiempo extra nocturno.

$o3_j$  = Costo de producir una unidad en tiempo extra diurno festivo.

$o4_j$  = Costo de producir una unidad en tiempo extra nocturno festivo.

$i_j$  = Costo de mantener una unidad en inventario del producto j.

$M_k$  = Procentaje de productividad de los operarios en la estación k

$D_{tj}$  = Demanda pronosticada en el periodo t del producto j

$WO_k$  = Fuerza laboral inicial en la estación k.

$ot1_{t>0}$  = Dias extras diurnos en el periodo i

$ot2_{t>0}$  = Dias extras nocturnos en el periodo i

$ot3_{t>0}$  = Dias extras diurnos festivo en el periodo i

$ot4_{t>0}$  = Dias extras nocturno festivo en el periodo i

$ts_{jk}$  = Tiempo estandar del producto j en días

$S_j$  = Costo de faltante de producto j.

$n_{t>0}$  = Días hábiles en el periodo i

$h$  = Costo de contratar.

$IO_j$  = Inventario inicial.

$SO_j$  = faltantes iniciales.

**Parámetros:**

**Restricciones:**

**R1:** Restricción que indica la inicialización de la cantidad de trabajadores en el periodo 0 de la estación k

$$s. t. R1\{k \text{ in } K, t \text{ in } T: t = 0\}: W[kt] = WO_k$$

**R2:** Inicializa la cantidad en inventario

$$s. t. R2\{j \text{ in } J, t \text{ in } T: t = 0\}: I[t, j] = IO[j]$$

**R3:** Inicializa la cantidad de faltantes

$$s. t. R3\{j \text{ in } J, t \text{ in } T: t = 0\}: S[t, j] = SO[j]$$

**R4:** Calcula el inventario final o los faltantes en cada periodo

(Cantidad unidades de inventario anterior menos los faltantes que no se abastecieron en el periodo anterior más las cantidades a producir en el periodo regular actual, donde debe suplirse a través de los diferentes tipos de horas extras menos la demanda requerida en el periodo actual de los productos, esto genera los faltantes en dicho periodo)

$$s. t. R4\{j \text{ in } J, t \text{ in } T: t > 0\}: I[t - 1, j] - S[t - 1, j] + R[t, j] + O1[t, j] + O2[t, j] + O3[t, j] + O4[t, j] - D[t, j] \\ = I[t, j] - S[t, j]$$

**R5:** Determina cuantas unidades se producen en tiempo regular

$$s. t. R5\{k \text{ in } K, t \text{ in } T: t > 0\} \sum_{j \text{ in } J} (R[t, j] * ts[jk]) \leq W[tk] * n[t] * M[k]$$

**R6:** Determina cuantas unidades se producen en tiempo extras diurnas en cada periodo t de producto j, que debe ser menor a los días que se tienen

$$s. t. R6\{k \text{ in } K, t \text{ in } T: t > 0\} \sum_{j \text{ in } J} (O1[t, j] * ts[jk]) \leq W[tk] * ot1[t] * M[k]$$

**R7:** Determina cuantas unidades en tiempo extra nocturno se producen en cada periodo t de producto j, que debe ser menor a los días que se tienen

$$s. t. R7\{k \text{ in } K, t \text{ in } T: t > 0\} \sum_{j \text{ in } J} (O2[t, j] * ts[jk]) \leq W[tk] * ot2[t] * M[k]$$

**R8:** Determina cuantas unidades en tiempo extra-diurno festivo se producen en cada periodo t de producto j, que debe ser menor a los días que se tienen

$$s. t. R8\{k \text{ in } K, t \text{ in } T: t > 0\} \sum_{j \text{ in } J} (O3[t, j] * ts[jk]) \leq W[tk] * ot3[t] * M[k]$$

**R9:** Determina cuantas unidades en tiempo extra-nocturno festivo se producen en cada periodo t de producto j, que debe ser menor a los días que se tienen

$$s. t. R9\{k \text{ in } K, t \text{ in } T: t > 0\} \sum_{j \text{ in } J} (O4[t, j] * ts[jk]) \leq W[tk] * ot4[t] * M[k]$$

**R10:** Determina la cantidad de trabajadores disponibles en el periodo t en la estación k

$$s. t. R10\{k \text{ in } K, t \text{ in } T: t > 0\}: W[tk] = W[t - 1, k] + H[tk]$$

**R11:** Al terminar el horizonte de planeación no pueden quedar faltantes

$$s. t. R11\{j \text{ in } J, t \text{ in } T: t = 6\}: S[tj] = 0$$

**5.3.3. Herramienta para la planeación de la producción**

Esta herramienta es un valor agregado que se da a la empresa Laboratorios Ronvar con el fin que la empresa logre tomar decisiones de como planear su producción teniendo en cuenta el tiempo que se demora su pedido y si desea contratar personal nuevo u horas extras.

La herramienta está en la capacidad de dar a conocer el tiempo que se demora en fabricar el pedido, si se tiene a tiempo, y en dado caso que no, el costo de contratar horas extras u operarios nuevos para el cumplimiento de la demanda, y da a conocer la utilidad.

Se planeó con el fin de que se adapte a la empresa si esta quiere producir de forma continua o si prefiere hacerlo lote por lote, en dado caso de ser continua se tiene en cuenta que cuando no se entrega el producto a tiempo queda como backorders, es decir en el momento de introducir la demanda real se debe tener en cuenta el pedido más los backorders.



Se agradece al colaborador Cristian Abril, quien aportó con la programación para al replica en las 47 referencias.

La herramienta se puede observar en el (Anexo 4) junto con su instructivo.

**5.4. Objetivo Específico d:** Realizar un análisis comparativo del desempeño de la línea de compacto, en términos de costos e indicadores, bajo distintos escenarios donde varían los niveles de servicio y la demanda, mediante la Simulación de los diferentes escenarios analizados.

#### 5.4.1. Simulación Montecarlo

Con el objetivo de evaluar un nivel de servicio adecuado para mantener los menores costos, se realiza una Simulación Montecarlo la cual consiste en generar diferentes demandas aleatorias para poder obtener una estimación de los costos de inventario y faltantes, determinado de esta manera se hace necesario variar la cantidad de producto producido para alcanzar el nivel de servicio objetivo y por lo tanto no es posible tomar los valores de unidades producidas arrojadas por el modelo matemático, sin embargo la simulación tiene en cuenta la cantidad de operarios contratada por el modelo matemático.

Lo primero que se procede a realizar es generar una demanda aleatoria con distribución normal para cada uno de los productos, luego se determina la cantidad a producir de cada de estos teniendo en cuenta el nivel de servicio esperado, siguiente se realiza la planeación de la producción teniendo en cuenta los tiempos de procesamiento en cada estación y su cantidad de trabajadores disponibles, luego se calcula la cantidad de unidades producidas en cada uno de los tiempos (regular, extra diurno, extra nocturno, festivo diurno, festivo nocturno), luego se actualiza el inventario. Determinando si existen faltantes o inventario, y por último se determinan los costos asociados.

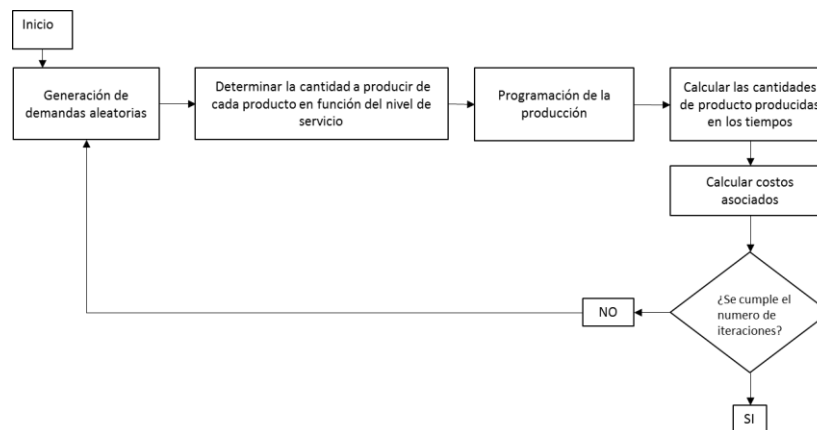


Ilustración 4. Flujoograma Simulación Montecarlo. Fuente: Propia

#### Definición de Parámetros

- Cantidad de trabajadores disponibles por estación (Arrojado por el óptimo del modelo matemático).
- Inventario inicial.
- Faltantes iniciales.
- Costo de producción en tiempo regular.
- Costo de producción en Horas extras diurnas.
- Costo de producción en Horas extras Nocturnas.
- Costo de producción en Horas extras diurnas Festivas.
- Costo de producción en Horas extras Nocturnas Festivas.
- Porcentaje de productividad de los trabajadores
- Tiempo estándar de cada producto en cada estación
- Tamaño de lote por producto
- Stock de Seguridad

### Definición de Variables

- Demanda
- Cantidad de producto  $j$  a producir en el periodo  $t$ .
- Cantidad de producto  $j$  a producir en Horas extras diurnas.
- Cantidad de producto  $j$  a producir en Horas extras Nocturnas.
- Cantidad de producto  $j$  a producir en Horas extras diurnas Festivas.
- Cantidad de producto  $j$  a producir en Horas extras Nocturnas Festivas.
- Inventario del producto  $j$  en el periodo  $T$
- Faltantes del producto  $j$  en el periodo  $T$

### Definición de Indicadores

Se trabajó bajo 4 indicadores de desempeño, con el fin de evaluar el escenario más eficiente: costo de Faltante, costo de Inventario, nivel de servicio, costo total.

### Definición de Supuestos

- La demanda se distribuye normal
- No hay ausencia de los operarios.
- La fuerza laboral es constante en todos los periodos.
- El tiempo de trabajo en la empresa son de 8 horas/día y se trabaja de lunes a sábado (Inician a las 6:00 am-2:00 pm).
- La planta no se cierra hasta que las maquinas terminen el último trabajo asignado del día laboral.
- Cada orden de pedido debe pasar primero por dispensación y termina en acondicionamiento (Los productos de sombras 3 tonos, sombras dalia y sombras 9 tonos deben pasar la cantidad de veces “ $n$ ” por las operaciones de dispensación y fabricación.
- Luego del inicio de cada proceso se realizar una pausa para que ingrese el inspector de calidad y realice las pruebas correspondientes.
- Existe un lugar y capacidad finita de almacenamiento, la cual genera costo de inventario.
- Los tiempos de desplazamiento son significativos debido a la distribución al interior de la planta.
- No se presenta reprocesos ni daños en las maquinas durante el horizonte de planeación. Se requiere este supuesto dado que, si no se establece, debe realizarse simulación y optimización estocástica y se sale del alcance del proyecto
- Se tiene en cuenta que el stock de seguridad es contante y se toma como 1.64 veces la desviación de la demanda.

## 6. Resultados

### 6.1. Objetivo específico a

#### 6.1.1. Diagrama de Operaciones

Las líneas horizontales dan a conocer los insumos que entran en cada etapa de la producción, los círculos significan que es una operación y los cuadrados que es un control, al interior de cada circulo o cuadrado se introduce el número que indica el orden en que va la producción y al costado derecho el tiempo que tarda cada operación, para mayor claridad ver (Anexo 4) donde se encuentra el detalle del diagrama de operaciones de cada producto. A continuación, en la Tabla 7 se observa un resumen del resultado arrojado por el Diagrama de operaciones.

Tabla 7. Resultado de diagrama de operaciones.

Resultado de Diagrama de Operaciones														
Sombras 3 Tonos			Sombras Dalia			Sombras Individual			Polvos			Rubor		
Actividad	Número	Tiempo min	Actividad	Número	Tiempo min	Actividad	Número	Tiempo min	Actividad	Número	Tiempo min	Actividad	Número	Tiempo min
○	29	3030	○	77	8370	○	13	2320	○	13	4860	○	13	2340
□	5	2925	□	11	3015	□	3	2970	□	3	2970	□	3	2970
TOTAL	34	5955	TOTAL	88	11385	TOTAL	16	5290	TOTAL	16	7830	TOTAL	16	5310

Nota: Fuente: propia.

### 6.1.2. Diagrama de Flujo

Este diagrama ofrece una descripción visual de las actividades implicadas en los procesos de producción de Polvos, Rubor, Sombra Individual, Sombra Dalia y Sombra 3 tonos, mostrando la relación secuencial entre ellas, facilitando la rápida comprensión de cada actividad y su relación con las demás, observándose el resumen en la Tabla 8. El contenido a profundidad se encuentra en el (Anexo 4).

Tabla 8. Resultado del diagrama de flujo.

Símbolo	Polvos			Rubor			Sombra Individual			Sombra Dalia			Sombra 3 Tonos		
	Actual			Actual			Actual			Actual			Actual		
	No.	Tiempo (min)	Dist (mts)	No.	Tiempo (min)	Dist (mts)	No.	Tiempo (min)	Dist (mts)	No.	Tiempo (min)	Dist (mts)	No.	Tiempo (min)	Dist (mts)
○	13	4860		13	2340		13	2320		77	8340	0	29	3000	0
→	12		46,34	12		46,34	12		0	60	0	121	24	0	64,94
□	3	2970		3	2970		3	2970		11	3045	0	5	2955	0
▽	2			2			2			18	0	0	6	0	0
D	2			2			2			9	0	0	3	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>32</b>	<b>7830</b>	<b>67,3</b>	<b>32</b>	<b>5310</b>	<b>67,3</b>	<b>32</b>	<b>5290</b>	<b>67,3</b>	<b>175</b>	<b>675</b>	<b>67,3</b>	<b>67</b>	<b>5955</b>	

Nota: Fuente: propia.

Se encontró que para los productos rubor, sombras y polvos se comparten fases de ejecución. Este fue un primer diagnóstico del panorama general de la empresa para realizar un paneo de la visualización de las actividades innecesarias y la verificación de la distribución del trabajo.

### 6.1.3. Diagrama Hombre Máquina

En este diagrama se identificó que la mayor parte de la maquina está en un tiempo muerto mientras se realizan otras operaciones diferentes al uso de dicha máquina, mientras que los operarios si mantienen la mayor parte de su tiempo, productivo, teniendo de igual manera un porcentaje en tiempo improductivo el cual podría minimizarse utilizando este tiempo en apoyo a otras operaciones, en la Tabla 9 se muestran los resultados obtenidos para los 5 productos. Para ver el desarrollo de esta actividad consultar el (Anexo 4).

Tabla 9. Diagrama hombre máquina.

Polvo			Sombras 3 Tonos		
<b>Total</b>	<b>10748,45</b>		<b>Total</b>	<b>3625,5</b>	
Productivo	5783,4	54%	Productivo	1627	45%
Improductivo	1858,2	17%	Improductivo	288,3	8%
Muerto	3046	28%	Muerto	1710,2	47%
Rubor			Sombras Individual		
<b>Total</b>	<b>5685,1</b>		<b>Total</b>	<b>5641,9</b>	
Productivo	2368,9	42%	Productivo	2355,4	42%
Improductivo	580,5	10%	Improductivo	560,3	10%
Muerto	2735,7	48%	Muerto	2726,2	48%
Sombras Dalia			<b>TOTAL</b>		
<b>Total</b>	<b>3605,5</b>		<b>Productivo</b>	<b>45%</b>	
Productivo	1622	45%	<b>Improductivo</b>	<b>11%</b>	
Improductivo	283,3	8%	<b>Muerto</b>	<b>44%</b>	
Muerto	1700,2	47%			

Nota: Fuente: propia.

#### 6.1.4. Estudio de Tiempos

Se tomaron 3 lecturas de observaciones para cada actividad dentro del proceso productivo. Posteriormente se calculó el total del tiempo por cronometro en minutos, y con ayuda del Rating Factor se estableció una valoración (Normal, Lento y Rápido), para finalmente calcular el tiempo normal para cada observación. Con mayor detalle ver el (Anexo 5). A continuación, el ejemplo realizado al producto de polvos con un estudio de tiempos por cronometro.

Tabla 10. Estudio de tiempos Polvo.

POLVO			
ACTIVIDADES	Observaciones		
	1	2	3
Allistar Materias Primas	59	62	60
Pesar Materias Primas, Validar el Peso	298	304	300
Mezclar Solidos ,Micropulverizar Solidos , Añadir Líquidos, Mezclar Líquidos+Solidos,Micropulverizar Mezcla, Control de Calidad, Dispensa Polvo en bolsas De 20 kilos	579	614	609
Tamizar la Mezcla (20kg), Compartir Automático	1.232	1.231	1.229
Ensamblar	1.199	1.202	1.200
Acondicionamiento, Cuarentena, Liberación	5.397	5.406	5.400
<b>Tiempo cronometro 1 (Min)</b>	<b>59,37</b>	<b>62,44</b>	<b>60,12</b>
<b>Rating Factor</b>	<b>100%</b>	<b>110%</b>	<b>110%</b>
<b>Tiempo Normal</b>	<b>59,37</b>	<b>68,69</b>	<b>66,13</b>

Media	64,73
Desviación	4,81
Confianza	90%
Error	10%

IM	5,1
ID	6,5
t Student	1,8331
Medición Confiable	

Nota: Fuente: propia.

- Las tres observaciones tienen valoraciones por encima del 100%, es decir en condiciones de un operario promedio normal rápido.
- El tiempo normal es mayor que el tiempo observado, confiabilidad al 100%.
- La medición es confiable con las 3 observaciones realizadas, según nuestra prueba de normalidad t Student.

Las 3 observaciones fueron suficientes, como se evidenció en la comparación del IM e ID.

Tabla 11. Resumen de los resultados de estudio de tiempos.

Indicadores	RUBOR	POLVO	SOMBRA INDIVIDUAL	SOMBRA 3 TONOS	SMOBRA DALIA
Media	63	65	64	61	57
Desviación	13	5	8	4	5
Confianza	90%	90%	90%	90%	90%
Error	10%	10%	10%	10%	10%
IM	5,5	5,1	4,2	4,7	5,3
ID	6,3	6,5	6,4	6,1	5,7
<b>Criterio</b>	<b>Medición Confiable</b>	<b>Medición Confiable</b>	<b>Medición Confiable</b>	<b>Medición Confiable</b>	<b>Medición Confiable</b>

Nota: Fuente: propia.

### 6.1.5. Muestreo de trabajo

Lo primero que se hizo fue un muestreo preliminar para determinar el tamaño de la muestra del estudio. Tomando en cuenta las actividades que se consideran productivas y las no productivas, posteriormente se procedió a escoger la jornada para realizar el muestreo preliminar (Se determinó arbitrariamente que se tomarían 48 muestras durante 8 horas de duración del turno, dichos resultados se colocaron en una hoja de cálculo, ver Anexo 5).

#### Muestreo Preliminar

En la tabla siguiente es posible apreciar los resultados del muestreo preliminar:

Tabla 12. Muestreo preliminar.

	Productivo	Limpieza	hablar con el inspector	Otra actividad	Fuera del puesto	Hablar con el compañero	Descanso
<b>Total</b>	1.874	229	139	111	45	111	561
	2353				717		
	76,6%				23,4%		

Nota: Fuente: propia.

Con los resultados obtenidos del muestreo preliminar (Anexo 5) se pudo calcular el tamaño de la muestra mediante fórmulas de la técnica de muestreo. Sacando la media de los porcentajes en que el operario se encuentra realizando actividades productivas y la media cuando está realizando actividades no productivas. Con estos resultados y utilizando los estudios Niebel, se procedió a calcular el tiempo productivo y el no productivo en porcentaje como se muestra a continuación:

Con una confiabilidad del 95% y un error permisible del 5%, se procedió a calcular el tamaño de la muestra.

$$n = Z_{\frac{\alpha}{2}}^2 * \frac{p * q}{B^2} = \text{Número de observaciones}$$

Se utilizará la fórmula anterior, con base en el supuesto estadístico en donde podemos encontrar que con una confiabilidad de 95% el intervalo  $p$  está definido por:

$$p = 66,67\%$$

$$q = 33,33\%$$

Entonces:

$$n = \frac{\hat{p}\hat{q}}{B^2} * Z_{\frac{\alpha}{2}}^2$$

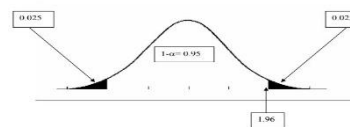


Ilustración 5: Distribución Normal. Fuente: Niebel

Con la fórmula anterior se puede sustituir los datos necesarios para el cálculo del tamaño de la muestra, considerando que el porcentaje de tiempo productivo es  $p=66,67\%$  y que el porcentaje de tiempo no productivo es de  $q=33,33\%$  y un error permisible de 5%, obteniendo así que el número de observaciones a realizar para el muestreo sería de:

$$n = \frac{\hat{p}\hat{q}}{B^2} * Z_{\frac{\alpha}{2}}^2$$

$$n = \frac{((1,96)^2) * (0,6667) * (0,3333)}{(0,05)^2} = 264 \text{ observaciones}$$

A continuación, en la tabla 13 se puede observar el resumen de las actividades tanto productivas como improductivas, según las observaciones realizadas:

Tabla 13. Actividades productivas e improductivas.

Productivas	Actividades Improductivas					
Productivo	Limpieza	hablar con el inspector	Fuera del puesto	Hablar con el compañero	Otra actividad	Descanso
320	51	37	15	26	23	8
66,67%	33,33%					

Nota: Fuente: propia.

Cabe resaltar que se tomaron las observaciones dentro del periodo de 6:00 am -10:00 am, registrando así 24 muestras por día durante un periodo de 11 días, distribuidos desde diciembre del 2017 hasta enero del 2018 con una frecuencia de dos veces por semana, y una duración de cinco semanas.

Una vez con el número de observaciones necesarias, se realizó un cálculo de los porcentajes de cada categoría (estar fuera de su área de trabajo, descansado, actividades personales, esperando, buscando algún tipo de material o hablando con el compañero). Con ayuda de la información anterior se calculó el porcentaje de tiempo productivo y el tiempo no productivo en el que incurrían los operarios, como podemos ver en el (Anexo 5).

Para el muestreo del trabajado se realizó un cronograma donde se registrarían las actividades que realizaba el cargo clasificándolas en productivas e improductivas, posteriormente se hizo un estudio de muestreo del desempeño (p= Improductivos). Una vez conociendo el porcentaje de tiempo productivo y tiempo no productivo se elaboraron gráficos donde se ilustra de manera más clara las diferencias o similitudes en el desempeño de su labor como se muestra en el (Anexo 5).

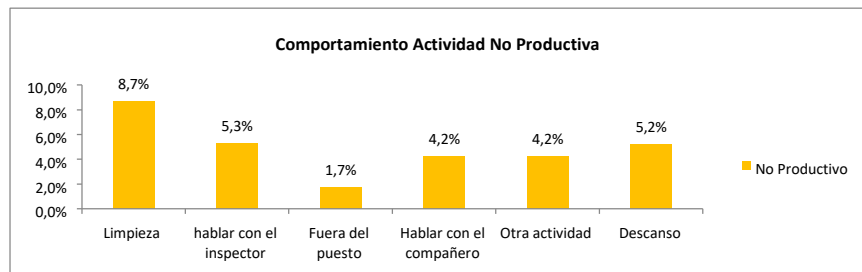


Ilustración 6: Comportamiento Actividad No Productiva

La siguiente grafica permite observar un análisis en el  $q=33,33\%$  (% Improductivo). En donde se evidencia que los porcentajes más altos pertenecen a estar realizando limpieza en el puesto de trabajo con un 8.7%, hablar con el inspector de calidad un 5.3% y descansar a través de una pausa activa con un 5.2%.

El factor (limpieza= 8.7%) se tomará como tolerancia ya que ayuda y es indispensable en el proceso para los materiales y productos que elaboran, ya que cada producto contiene ingredientes con propiedades específicas, y su mezcla podría ocasionar deterioro en la elaboración del producto. El factor (hablar con el inspector =5.3%) también se tomará como tolerancia ya que hace parte del protocolo de la empresa, debido a que durante cada operación se realizan diferentes actividades y es de suma importancia monitorear el comportamiento del producto, y detectar a tiempo una mala manipulación, para posteriormente no tener reprocesos en otras operaciones. El factor (Hablar con el compañero=4.2%) corresponde a la acción de los operarios que se dirigen hacia sus compañeros a preguntar sobre el lote que se va a fabricar, comentarios específicos durante la operación anterior, el factor (Otra actividad=4.2%) permite aprovechar el operario en otras operaciones, apoyando otras actividades cuello de botella, el factor (Fuera del puesto=1.7%) corresponde a necesidades fisiológicas por parte del colaborador y finalmente el factor (Descanso=5.2%) que

corresponde a pausas activas, desayuno entre otras actividades, se establece como tolerancia debido a la manualidad de las operaciones con el fin de evitar alguna enfermedad ergonómica o fatiga.

Par reducir la improductividad se plantean las siguientes propuestas:

- Aceptar una cantidad mínima de preguntas sobre el lote a fabricar o los comentarios específicos de las operaciones anteriores.
- Brindar capacitaciones para mejorar la claridad en los procesos.

#### 6.1.6. Tiempo Estándar

Considerando que son 14 actividades se realizó un análisis comparativo con el tiempo observado y el tiempo estándar calculado, para mayor claridad ver (Anexo 5).

Tabla 14. Porcentajes de eficiencia.

Producto	T Observado>T Estándar	% Eficiencia
Rubor	12	85,7%
Polvos	12	85,7%
Sombra Individual	8	57,1%
Sombra 3 Tonos	11	78,6%
Sombra Dalia	12	85,7%

Nota: Fuente: propia.

- En Rubor el 86% de las actividades (12 de las 14 actividades), son ejecutadas con tiempos observados por debajo del tiempo estándar, al igual que los Polvos y las sombras Dalia.
- Las sombras individuales tienen la mayor oportunidad puesto que solo el 57% (8 de las 14 actividades), se ejecutan con un tiempo observado menos al tiempo estándar, puede ser debido a fatiga.
- Las sombras 3 tonos con un 78,6% (11 de 14 actividades), se ejecutan con un tiempo observado menos al tiempo estándar.

#### 6.1.7. Balanceo de Línea

El principal propósito de la utilización de esta técnica es obtener la mayor cantidad de tiempos iguales dentro de las operaciones involucradas, reduciendo la cantidad de tiempo ocioso en dichas operaciones.

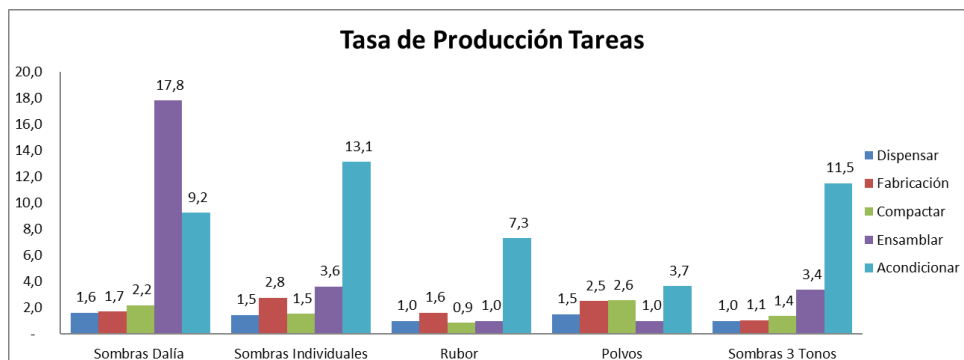


Ilustración 8: Tasa de Producción/Tarea

La siguiente grafica permite observar que las tareas de acondicionar y ensamblar concentran la mayor cantidad de tiempo en la ejecución de su proceso para los 5 productos, lo que permite confirmar la teoría del desequilibrio que existe en tiempos que poseen las 5 operaciones de la línea de producción.

Como se puede observar en el (Anexo 5) el balanceo nos permite ver las mejoras en el tiempo de producción y de la productividad total de la línea de Laboratorios Ronvar, por lo que se realizaron 14 iteraciones y se escogió la iteración que cumplía con la necesidad de la demanda para cada producto.

Si se hace una comparación entre cómo están distribuidos los recursos actuales y cómo deberían estar, se consigue como resultado una mejora en la productividad en los 5 productos, con dichos resultados se podría confirmar que, en caso de implementar la alternativa, la productividad de la empresa puede ser mejorada.

Tabla 15. Balanceo en línea.

Lote	Producto	% Balanceo de Línea Inicial	% Balanceo de Línea Final	Iteración	Cant Operarios Inicial	Cant Operarios Después
1.000	Sombras Dalia	56,33%	67,59%	ITERACION 2	9	12
1.000	Sombras Individuales	47,12%	56,55%	ITERACION 2	9	10
2.400	Rubor	47,72%	65,07%	ITERACION 2	9	11
2.400	Polvos	58,73%	70,48%	ITERACION 2	9	10
1.250	Sombras 3 Tonos	45,13%	54,2%	ITERACION 2	9	10

Nota: Fuente: propia.

Como se puede observar en la tabla 15 el balanceo de línea aplicado a cada uno de los 5 productos demuestra un crecimiento en productividad en sombras Dalia al 67,59%, Sombras Individuales 56,55%, Rubor 65,07%, Polvos 70,48% y finalmente Sombras 3 tonos 54,2%. Como se aprecia en la Tabla 15 para cada uno de los productos se realiza un incremento en la cantidad de operarios contratados actualmente, con el fin de poder reducir los tiempos en los cuellos de botella, conservando el cumplimiento del lote mínimo de producción.

### 6.1.8. Capacidad Instalada

Para hallar las unidades producidas por hora se toma el supuesto que todo operario está en la capacidad de producir el producto de punta a punta, teniendo en cuenta lo desarrollado por el balanceo donde se identificó cuantas unidades puede fabricar un operario en una hora, se tienen el resultado donde se determina la capacidad instalada de cada uno de los productos en un periodo de una semana, donde URH son las unidades que puede producir un operario en una hora.

Tabla 16. Capacidad instalada.

	Sombra Individual	Sombra Dalia	Sombra 3 Tonos	Polvos	Rubor
URH	4,11	2,92	4,69	21,07	7,40
Horas diarias trabajadas	8	8	8	8	8
Días de la semana trabajadas	6	6	6	6	6
<b>Capacidad Instalada</b>	<b>197</b>	<b>140</b>	<b>225</b>	<b>1012</b>	<b>355</b>

Nota: Fuente: propia.

Por lo que se observa que el producto que más conlleva capacidad son los polvos y el último las sombras Dalia, ya conociendo la capacidad instalada real de la empresa se pudo proceder a desarrollar los siguientes objetivos.



## 6.2. Objetivo Específico b

### 6.2.1. Análisis de la demanda

Después del levantamiento de información cuantitativo se procedió a buscar una justificación para los picos y caídas en ciertos meses del año, y poder así justificar el comportamiento de la demanda aleatoria, la mayoría de los casos pertenecían a:

- Faltantes de productos para responder a la demanda de los clientes.
- Sobreproducción en meses donde se esperaba un incremento en la demanda.
- Retiro de clientes potenciales.

Para mayor claridad ver (Anexo 2) (Anexo 6).

### 6.2.2. Pronóstico de la demanda

En el (Anexo 2) se pueden evidenciar los métodos utilizados, los errores hallados y el pronóstico definitivo.

## 6.3. Objetivo Específico c:

### 6.3.1. Modelo Matemático (Anexo 7)

El modelo matemático para la minimización de costos arroja un valor óptimo con un resultado dentro de la función objetivo de:

<b>Z</b>	\$ 4.757.632.800
----------	------------------

Las demandas que se usaron para el modelo matemático están agregadas por referencias de tipos de productos según los pronósticos arrojados donde se muestran a continuación.

*Tabla 17. Demanda agregada de los productos.*

Demanda pronostico	Som Ind	Som Dalia	Som 3 tonos	Polvos	Rubor
JULIO	8.463	1832	5157	25752	2930
AGOSTO	8.463	1832	5168	25789	2930
SEPTIEMBRE	8.467	1832	5180	25754	2930
OCTUBRE	8.473	1832	5191	25719	2930
NOVIEMBRE	8.468	1832	5203	25919	2930
DICIEMBRE	8.411	1832	4202	25783	2930

Nota: Fuente: propia.

La solución óptima indica la cantidad de operarios ideales en cada estación en el horizonte de tiempo de 6 meses, para poder cumplir con la demanda requerida.

*Tabla 18. Cantidad de operarios ideales.*

estacion 1	estacion 2	estacion 3	estacion 4	estacion 5
1	2	3	2	6

Nota: Fuente: propia

La cantidad de unidades a producir en tiempo regular son las siguientes en:

*Tabla 19. Cantidad de unidades a producir en tiempo regular.*

	Som Ind	Som Dalia	Som 3 tonos	Polvos	Rubor
JULIO	8321	1454	3810	18013	1037
AGOSTO	5907	1372	5168	25779	2932
SEPTIEMBRE	7995	1349	5180	13994	2928
OCTUBRE	8471	1429	5191	14624	2931
NOVIEMBRE	8468	1255	5203	7892	2929
DICIEMBRE	8411	1393	4202	11698	2930

Nota: Fuente: propia

La cantidad de unidades a producir en tiempo extra diurno son las siguientes

Tabla 20. Cantidad de unidades a producir en tiempo extra diurno.

	Som Ind	Som Dalia	Som 3 tonos	Polvos	Rubor
JULIO	0	378	0	7	0
AGOSTO	0	460	0	10	0
SEPTIEMBRE	0	483	0	11760	0
OCTUBRE	0	403	0	11095	0
NOVIEMBRE	0	577	0	18027	0
DICIEMBRE	0	439	0	14085	0

Nota: Fuente: propia

La cantidad de faltantes e inventario se muestran a continuación, siendo las arrojadas por el modelo

Tabla 21. Cantidad de unidades faltantes.

FALTANTE	1	2	3	4	5
JUNIO	0	0	0	0	0
JULIO	0	0	0	0	0
AGOSTO	0	0	0	0	0
SEPTIEMBRE	0	0	0	0	0
OCTUBRE	0	0	0	0	0
NOVIEMBRE	0	0	0	0	0
DICIEMBRE	0	0	0	0	0

Nota: Fuente: propia

Tabla 21. Cantidad de unidades faltantes

INVENTARIO	1	2	3	4	5
JUNIO	3172	0	1347	7732	1893
JULIO	3.030	0	0	0	0
AGOSTO	474	0	0	0	2
SEPTIEMBRE	2	0	0	0	0
OCTUBRE	0	0	0	0	1
NOVIEMBRE	0	0	0	0	0
DICIEMBRE	0	0	0	0	0

Nota: Fuente: propia

Para garantizar la factibilidad de las decisiones del modelo se realiza la programación de la producción, para ello se divide la cantidad a producir de cada producto en sus respectivos lotes y se calculan los tiempos de procesamiento para cada uno, y se programan en el siguiente orden.

Tabla 22. Tiempo de procesamiento para cada producto según el lote.

Trabajo	Producto	Unidades	Tiempo procesamiento (Dias)				
			TP1	TP2	TP3	TP4	TP5
lote 1	1	1000	0,69	0,89	0,42	0,67	1,19
lote 2	1	1000	0,69	0,89	0,42	0,67	1,19
lote 3	1	1000	0,69	0,89	0,42	0,67	1,19
lote 4	1	1000	0,69	0,89	0,42	0,67	1,19
lote 5	1	1000	0,69	0,89	0,42	0,67	1,19
lote 6	1	1000	0,69	0,89	0,42	0,67	1,19
lote 7	1	1000	0,69	0,89	0,42	0,67	1,19
lote 8	1	1000	0,69	0,89	0,42	0,67	1,19
lote 9	1	468	0,32	0,41	0,20	0,31	0,56
lote 10	2	1000	0,50	4,03	3,59	2,16	1,10
lote 11	2	832	0,42	3,35	2,99	1,79	0,92
lote 12	3	1250	0,50	1,34	1,20	0,72	1,10
lote 13	3	1250	0,50	1,34	1,20	0,72	1,10
lote 14	3	1250	0,50	1,34	1,20	0,72	1,10
lote 15	3	1453	0,58	1,56	1,39	0,84	1,28
lote 16	4	7400	0,94	1,13	1,10	1,34	1,55
lote 17	4	7400	0,94	1,13	1,10	1,34	1,55
lote 18	4	7400	0,94	1,13	1,10	1,34	1,55
lote 19	4	3719	0,47	0,57	0,55	0,68	0,78
lote 20	5	2400	0,75	0,88	0,42	0,67	1,19
lote 21	5	529	0,17	0,19	0,09	0,15	0,26

La columna 1 hace referencia al código del lote, la columna 2 hace referencia al tipo de producto que se está fabricando, la columna 3 son las cantidades por producir, y de la columna 4 a la 8 son los tiempos de procesamiento en cada estación. (Anexo 7)

A través de un diagrama de Gantt se realizó la planeación de la producción para los 21 lotes, para ver con mayor claridad como se comportó dicha planeación ver el anexo (9).

#### 6.4. Objetivo Específico d

##### 6.4.1. Simulación Montecarlo (Anexo 8)

El algoritmo se programó con el fin de procesar los datos con una variación en el nivel de productividad (Porcentaje) y la demanda aleatoria, de tal forma en que cada escenario brinde la posibilidad de analizar los indicadores de desempeño Costo faltantes, Costo inventario, costo total, nivel de servicio arrojado y stock de seguridad.

Se generaron 5 escenarios, el escenario 1 con un 50% de Nivel de servicio, el escenario 2 con un 65% de Nivel de servicio, el escenario 3 con un 70% de Nivel de servicio, el escenario 4 con un 110% de Nivel de servicio y el escenario 5 con un Nivel de servicio del 87%

Tabla 23. Resumen simulación Montecarlo. Fuente: propia.

escenari	costos faltantes esperado	costo inventario esperado	nivel de servicio esperado	costo total esperado	SS p1	SS p2	SS p3	SS p4	SS p5
1	\$ 14.206.941	\$ 2.971	78%	\$ 187.815.960	2.937	303	1.151	4.335	820
2	\$ 3.645.272	\$ 30.362	96%	\$ 178.075.172	2.937	303	1.151	4.335	820
3	\$ 8.046.432	\$ 10.478	88%	\$ 182.318.560	2.937	303	1.151	4.335	820
4	\$ 9.240.480	\$ 8.221	86%	\$ 183.121.105	2.937	303	1.151	4.335	820
5	\$ 18.501.870	\$ 1.049	73%	\$ 192.311.774	2.937	303	1.151	4.335	820

- Se establece el “Burning time” como parámetro de validación del número de réplicas necesarias para estabilizar el promedio del costo total para que la simulación sea significativa.

La simulación de los 5 escenarios genero la solución óptima en el escenario 2 debido a que es donde se incurre en un menor costo total (\$178.075.172), y un nivel de servicio del 96%, y un residuo de faltantes mínimo del (\$3.645.272)

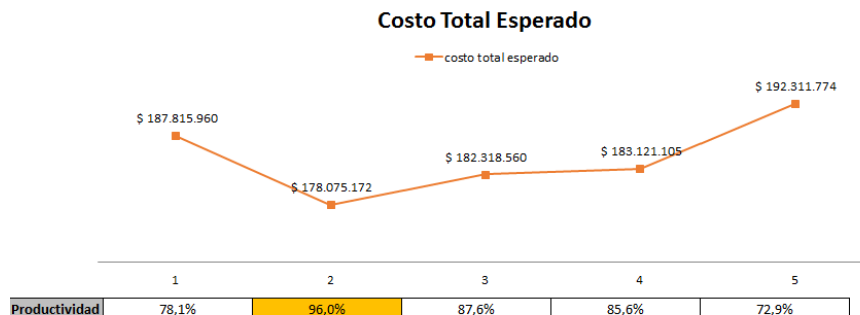


Ilustración 7: Costo total esperado. Fuente: Propia

**Escenario 1:**

*Tabla 24. Escenario 1 Simulación. Fuente: propia.*

escenario	costo faltantes esperado	costo inventario esperado	nivel de servicio esperado	costo total esperado	SS p1	SS p2	SS p3	SS p4	SS p5
1	\$ 14.206.941	\$ 2.971	78,10%	\$ 187.815.960	2.937	303	1.151	4.335	820

Con un nivel de servicio del 50% el promedio del costo faltantes es de (\$14.206.941), sin costos de inventario y con un costo total de (\$ 2.971 ) y un nivel de servicio de 78,1% ,

**Escenario 2:**

*Tabla 25. Escenario 2 Simulación. Fuente: propia.*

escenario	costos faltantes esperado	costo inventario esperado	nivel de servicio esperado	costo total esperado	SS p1	SS p2	SS p3	SS p4	SS p5
2	\$ 3.645.272	\$ 30.362	96,00%	\$ 178.075.172	2.937	303	1.151	4.335	820

Con un nivel de servicio del 65% el promedio del costo faltantes es de (\$ 3.645.272), costos de inventario (\$ 30.362) con un costo total de (\$ 178.075.172) y un nivel de servicio de 83,339%

**Escenario 3:**

*Tabla 26. Escenario 3 Simulación. Fuente: propia.*

escenario	costos faltantes esperado	costo inventario esperado	nivel de servicio esperado	costo total esperado	SS p1	SS p2	SS p3	SS p4	SS p5
3	\$ 8.046.432	\$ 10.478	87,60%	\$ 182.318.560	2.937	303	1.151	4.335	820

Con un nivel de servicio del 70% el promedio del costo faltantes es de (\$8.046.432), costos de inventario (\$10.478 ) y con un costo total de (\$ 182.318.560) y un nivel de servicio de 87,6%.

**Escenario 4:**

*Tabla 27. Escenario 4 Simulación. Fuente: propia.*

escenario	costos faltantes esperado	costo inventario esperado	nivel de servicio esperado	costo total esperado	SS p1	SS p2	SS p3	SS p4	SS p5
4	\$ 9.240.480	\$ 8.221	85,60%	\$ 183.121.105	2.937	303	1.151	4.335	820

Con un nivel de servicio del 95% el promedio del costo faltantes es de (\$ 9.240.480), y un costo de inventario de (\$8.221) y con un costo total de (\$ 183.121.105) y un nivel de servicio de 85,6%

**Escenario 5:**

*Tabla 28. Escenario 5 Simulación. Fuente: propia.*

escenario	costos faltantes esperado	costo inventario esperado	nivel de servicio esperado	costo total esperado	SS p1	SS p2	SS p3	SS p4	SS p5
5	\$ 18.501.870	\$ 1.049	72,90%	\$ 192.311.774	2.937	303	1.151	4.335	820

*Tabla 25: Escenario 5 Simulación. Fuente: propia*

Con un nivel de servicio del 76% el promedio del costo faltantes es de (\$18.501.870), y un costo de inventario de (\$1.049) y con un costo total de (\$ 192.311.774) y un nivel de servicio de 72,9%

**7. Conclusiones y recomendaciones**

- En el Diagrama de Operaciones la fabricación del producto promedio tarda 13,6 días, con una desviación media de 3,3. Donde se encontró 145 operaciones y 25 inspecciones en total donde estas representan el 17% de toda la operación. (Por obligaciones reglamentarias respectivas al INVIMA)

- En el Diagrama de Flujo el 100% de los retrasos se dan en las operaciones manuales y el 100 % de almacenamiento se producen en fabricación debido al almacenaje de insumos y mezclas.
- En el Diagrama HM el 45% es productivo, el 11% es improductivo y el 44% tiempo muerto.
- En el Balanceo arrojo la siguiente cantidad de operarios óptimos: Sombras dalia 12, Individual 10, 3 Tonos 10, Rubor 11 y Polvos 10. Y se observó que las estaciones acondicionar y ensamblar corresponden a las tareas con mayor inversión de tiempo.
- Muestreo: improductividad 23,4%, productividad 76,6% (Tolerancias: Hablar con el inspector, Limpieza y otra actividad)
- Se comparó la situación actual versus la solución del modelo matemático, donde se tuvo en cuenta los inventarios y faltantes que tuvo la empresa en el último semestre, comparándolas con la solución arrojada por el modelo matemático en el mismo horizonte de tiempo. Se tuvo en cuenta la cantidad de operarios que se tenían inicialmente vs los arrojados por el modelo matemático para contemplar la totalidad de los costos. Lográndose así una reducción del 34% donde a la actualidad se tenía un costo de \$58.614.192 pasando a un costo de \$19.992.323. Se puede observar en el anexo 10.

## 8. Cronograma

Actividad	Estado	Diciembre				Enero				Febrero				Marzo				Abril				Mayo				Junio			
	# Semanas	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Realizar el diagnóstico de las operaciones actuales de la producción con el fin de determinar la situación actual del proceso productivo	Planeado																												
	Ejecutado	■	■																										
Realizar los diagramas de flujo, operaciones y hombre-máquina de cada uno de los productos	Planeado																												
	Ejecutado	■	■																										
Estudios de tiempos: Donde se podrán establecer los estándares de tiempos, usando tiempos continuos para obtener un registro completo de estos.	Planeado																												
	Ejecutado			■	■																								
Muestreo de trabajo con el fin de determinar la utilización de la máquina y el operario, las holguras o suplementos y establecer los estándares de tiempo	Planeado																												
	Ejecutado			■	■	■	■	■	■																				
Balanceo donde permite efectuar iteraciones sobre la distribución del proceso para encontrar el número de operarios necesarios para cada actividad, permitiendo ver las mejoras en el tiempo de producción y de la productividad.	Planeado																												
	Ejecutado							■	■	■	■																		
Capacidad instalada que permite hallar el volumen máximo de producción en un periodo determinado.	Planeado																												
	Ejecutado											■	■																
Analizar la demanda de los productos con el fin de aplicar los modelos de pronóstico que mejor se ajusten.																													
Realizar el análisis del comportamiento de la demanda actual con el fin de identificar el mejor método de pronóstico.	Planeado																												
	Ejecutado												■	■	■	■													
Aplicar los métodos pertinentes según los patrones identificados la demanda.	Planeado																												
	Ejecutado																												
Diseñar un modelo de planeación agregada de producción mediante programación lineal, considerando la variabilidad de la demanda.																													
Diseño del modelo de planeación de la producción	Planeado																												
	Ejecutado																												
Elaboración del plan de producción	Planeado																												
	Ejecutado																												
Realizar un análisis comparativo del desempeño de la línea de compacto, en términos de costos e indicadores, bajo distintos escenarios donde varían los niveles de servicio y la demanda, mediante la Simulación de los diferentes escenarios analizados.																													
Generación de escenarios de los niveles de servicio y demandas	Planeado																												
	Ejecutado																												
Simulación de los escenarios generados evaluando costos e indicadores de desempeño.	Planeado																												
	Ejecutado																												
Análisis comparativo de los escenarios simulados	Planeado																												
	Ejecutado																												

## 9. Glosario

**Backorders:** Los pedidos pendientes, representan los pedidos realizados al proveedor de productos que ya no están disponibles en una determinada ubicación que se sirve.

**Cadena de Valor:** Modelo teórico que permite describir el desarrollo de las actividades de una organización empresarial generando valor al cliente final.

**Heurística:** Conjunto de técnicas o métodos para resolver un problema.

**Invima:** Entidad de vigilancia y control de carácter técnico científico, que trabaja para la protección de la salud individual y colectiva de los colombianos.

**Línea de compacto:** Línea de producción de la empresa RONVAR donde se realizan los productos netamente solidos

**Plan agregado de producción:** Determina fuerza laboral, la cantidad de producción, los niveles de inventario y la capacidad externa, con el objetivo de satisfacer los requerimientos para un horizonte de planificación.

**Plan maestro de la producción:** Desagregación del plan agregado e la producción. Decisión de tipo operativa, respecto a los artículos y cantidades que deben ser fabricados en el siguiente período de planificación

**Proceso productivo:** Conjunto de operaciones planificadas de transformación de unos determinados factores o insumos en bienes o servicios mediante la aplicación de un procedimiento tecnológico

**Simulación Montecarlo:** Método numérico que permite resolver problemas físicos y matemáticos mediante la simulación de variables aleatorias.

**Stock:** Conjunto de mercancías o productos que se tienen almacenados en espera de su venta o comercialización.

**Stock de seguridad:** Es un término utilizado en logística para describir el nivel extra de stock que se mantiene en almacén para hacer frente a eventuales roturas de stock.

**Suavización exponencial:** Esta técnica se basa en la atenuación de los valores de la serie de tiempo, obteniendo el promedio de estos de manera exponencial; en donde los datos se ponderan dando un mayor peso a las observaciones más recientes y uno menor a las más antiguas.

**Promedio móvil:** Es óptimo para patrones de demanda aleatorios o nivelados donde se pretende eliminar el impacto de los elementos irregulares históricos mediante un enfoque en períodos de demanda reciente.

**Valoración:** Se asocia con la velocidad, del ritmo o cadencia con la que el colaborador realiza su labor.

## 10. Tabla de anexos

No. Anexo	Nombre	Desarrollo	Tipo de Archivo	Enlace corto ( <a href="https://goo.gl/">https://goo.gl/</a> )	Relevancia para el documento (1-5)
1	Pareto, Ventas, Referencias, Sobreproducción y Proceso Productivo	Propio y Externo	Excel	<a href="https://drive.google.com/open?id=1qCrKmTXftWNFIYKWLaeCBjkAfMEbvjPu">https://drive.google.com/open?id=1qCrKmTXftWNFIYKWLaeCBjkAfMEbvjPu</a>	4
2	Análisis demanda y Pronósticos	Propio	Excel	<a href="https://drive.google.com/open?id=1aXZxTdwsAh1eNsCrXJxo6JZLwndB7H6-">https://drive.google.com/open?id=1aXZxTdwsAh1eNsCrXJxo6JZLwndB7H6-</a>	5
3	Herramienta planeación de producción	Propio	Excel	<a href="https://drive.google.com/open?id=1TA9Mw6Zxs7aJ8mYwhUILY9oQjjiy-Ludh">https://drive.google.com/open?id=1TA9Mw6Zxs7aJ8mYwhUILY9oQjjiy-Ludh</a>	4

4	Diagramas del proceso	Propio	Excel	<a href="https://drive.google.com/open?id=1MktmPZynNkdm1o5r9Tf4H140YsO4cb0-">https://drive.google.com/open?id=1MktmPZynNkdm1o5r9Tf4H140YsO4cb0-</a>	4
5	Muestreo y Tiempos	Propio	Excel	<a href="https://drive.google.com/open?id=1AXPIDmP7D36n-rFkI5NzAReiA7V3jqYZ">https://drive.google.com/open?id=1AXPIDmP7D36n-rFkI5NzAReiA7V3jqYZ</a>	4
6	Pruebas rachas y kolmogorof	Propio	Excel	<a href="https://drive.google.com/open?id=1N3a_wmAVtcmjy2i1XqFeDEgjsd-vC2Kw">https://drive.google.com/open?id=1N3a_wmAVtcmjy2i1XqFeDEgjsd-vC2Kw</a>	4
7	Modelo Matemático	Propio	Excel - Gusek	<a href="https://drive.google.com/open?id=1Wcqtv9UL6JXgD_fZezdOHE73T1621UtY">https://drive.google.com/open?id=1Wcqtv9UL6JXgD_fZezdOHE73T1621UtY</a>	5
8	Simulación	Propio	Excel	<a href="https://drive.google.com/open?id=1-LkuT1VXswL7qs3rGQfalRIHJavCeGIJ">https://drive.google.com/open?id=1-LkuT1VXswL7qs3rGQfalRIHJavCeGIJ</a>	5
9	Gantt	Propio	Excel	<a href="https://drive.google.com/open?id=1x0-_kmN_OWszkQhGsh08PGfoVB_vMBdT">https://drive.google.com/open?id=1x0-_kmN_OWszkQhGsh08PGfoVB_vMBdT</a>	5
10	Costo Beneficio	Propio	Excel	<a href="https://drive.google.com/open?id=1ALA28DF-fP0X5dW4-CCbwt7jvegOkAVI">https://drive.google.com/open?id=1ALA28DF-fP0X5dW4-CCbwt7jvegOkAVI</a>	4

## 11. Referencias

- Amaya Sosa, L. M. (2015). *Propuesta de mejora en el proceso planificación y fabricación de un envase cosmético*. Quito: Universidad de las Américas, 2015.,
- Aguilar, Fernández (2004). *Análisis y mejora de flujos de materias primas, material en proceso y producto terminado para la empresa de inyección de plásticos*. México: Universidad de las Américas - Puebla, 2004.
- ANDI. (2015). Informe de sostenibilidad 2015 Industria de Cosmético y Aseo. *Cámara de la industrial de cosmético y aseo*.
- ANDI. (2016). El Sector Cosmético en Colombia.
- Bolaños González, E. X. (2016). *Desarrollo de un modelo productivo que permita incrementar la capacidad de la línea de semisólidos ya la vez optimizar los recursos de la empresa de cosméticos*. Quito: 2016.,
- Cañas Castañeda Juan Sebastián (2013). *Planeación de la Producción Aplicando Modelos de Programación Lineal y Teoría de Restricciones Para una Industria del Sector Metalmeccánico*. Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá.
- Flores, M. G. M. (2009). Implementación de un Algoritmo de Recocido Simulado para el Problema de Planificación de Tareas en una Empresa de Manufactura de Cosméticos-Edición Única.
- Nahmias, s (2014). *Análisis de la producción y las operaciones*. Sexta edición. México; Bogotá; McGraw-Hill.
- Niebel Benjamin, Freivalds Andris (2009). *Ingeniería industrial: Métodos, estándares y diseño del trabajo*
- Palma, R. R., & Forradellas Martínez, R. Q. (2009). *Propuesta para optimización de sistemas productivos modelados con simulación por eventos discretos*. Paper presented at the XI Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación.
- Pinzón Salazar Sebastián (2013) *Aplicación de métodos heurísticos en la resolución de problemas de balanceo de líneas con estaciones en paralelo*. Universidad Tecnológica de Pereira. Pereira
- Procolombia. (2015). El Mundo Invierte en Colombia. *Cosméticos y Artículos de Aseo*.
- Reay-Chen Wanga y Tien-Fu Liang (2010). Applying possibilistic linear programming to aggregate production planning.
- Rodriguez Ramírez, L., & Saleh Vélez, H. (2013). Factores clave de éxito asociados con la introducción de innovaciones en el sector cosméticos y artículos de aseo: estudio de caso.
- Salazar López, Bryan. (2016). Ingeniería Industrial Online.com: Estudio de tiempos. Recuperado de: <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/estudio-de-tiempos/>
- Torres, N., vallejo, B., Rivera, J., Salamanca, A., & Luque, D. (2005). Estudio descriptivo del sector productor y comercializador de cosméticos en Bogotá D.C. Colombia. 2005, 34(2).



Varela, M. H., León, C. A. M., Rodríguez, C. R. C., Nariño, C. A. H., & medina Enríquez, A. PLANEACIÓN AGREGADA: EL CONCEPTO Y LAS ESTRATEGIAS.

Varela, M. H., León, C. A. M., Rodríguez, C. R. C., Nariño, C. A. H., & medina Enríquez, A. (2014). PLANEACIÓN AGREGADA: EL CONCEPTO Y LAS ESTRATEGIAS.

Varguez, J. S. (2015). Unidad II: PLANEACION AGREGADA.

Veli Ulucam (2013). Aggregate Production Planning Model Based On Mixed Integer Linear Programming