

# Resumen

La Falta de Homogeneidad en el Producto (LHP, por sus siglas del inglés “Lack of Homogeneity in the Product”) aparece en procesos productivos con materias primas que derivan directamente de la naturaleza y/o procesos de producción con operaciones que confieren heterogeneidad a las características de los productos obtenidos, incluso cuando los insumos utilizados son homogéneos. La LHP aparece en diferentes sectores como la cerámica, horticultura, mármol, snacks, entre otros. Se convierte en un problema gerencial cuando los clientes requieren homogeneidad en el producto y las cadenas de suministro enfrentan la necesidad de incluir actividades de clasificación en sus procesos productivos para obtener sub-lotes de producto homogéneo. Debido a la incertidumbre inherente a la LHP, los sub-lotes homogéneos y su cantidad no serán conocidos hasta que el producto haya sido producido y clasificado. Una gestión inadecuada de la LHP puede tener un impacto muy negativo en la satisfacción de los clientes debido a inconsistencias en la respuesta a sus requerimientos y también en la eficacia de la Cadena de Suministro.

El Proceso de Comprometer de Pedido (OPP, por sus siglas del inglés “Order Promising Process”) aparece como un elemento clave para gestionar adecuadamente la LHP, con el fin de asegurar la coincidencia entre el suministro incierto de producto homogéneo y las propuestas de pedido del cliente. El OPP se refiere al conjunto de actividades empresariales realizadas para proporcionar una respuesta a las órdenes de los clientes. Estas actividades están relacionadas con las decisiones de aceptación/rechazo, y establecimiento de fechas de entrega para las órdenes del cliente. En las cadenas de suministro afectadas por la LHP, el OPP debe considerar la homogeneidad como otro requisito adicional en la respuesta a los pedidos. Además, debido a la incertidumbre intrínseca de la LHP, las discrepancias entre las cantidades homogéneas reales y planificadas podrían provocar que las órdenes comprometidas anteriormente no puedan ser completadas debido a la escasez de producto. El proceso de planificación de la escasez (SP, por sus siglas del inglés “Shortage Planning”) se encarga de encontrar alternativas para minimizar este impacto negativo en los clientes y la cadena de suministro.

---

Considerar la LHP dentro del OPP implica un conjunto nuevo de características desafiantes que deben ser abordadas. El enfoque convencional de asumir la homogeneidad en el producto para el programa maestro de producción (MPS, por sus siglas del inglés “Master Production Schedule”) y las cantidades disponibles a comprometer (ATP, por sus siglas del inglés “Available-To-Promise”) derivadas de él, no es adecuado. En cambio, tanto el MPS como el ATP deben manejarse en términos de sub-lotes homogéneos. Dado que la cantidad exacta de producto homogéneo de los lotes previstos en el MPS no se sabe exactamente hasta que se han realizado las actividades de clasificación, el ATP también hereda esta incertidumbre, trayendo un nuevo nivel de complejidad. El producto no homogéneo no se puede acumular para satisfacer futuras órdenes entrantes. Más aún, si el producto manipulado es perecedero, el manejo de la homogeneidad se vuelve mucho más complejo. Esto se debe a que el estado del producto es dinámico en el tiempo, y variables relacionadas como calidad, precio, etc., podrían también cambiar con el tiempo. Esta situación puede provocar costos inesperados de desperdicio aparte de la escasez ya mencionada. El factor de perecedero es en sí mismo otra fuente de incertidumbre asociada a la LHP.

Esta disertación propone un marco conceptual y diferentes modelos y herramientas de programación matemática, tanto en entornos deterministas como de incertidumbre, para apoyar al OPP y SP considerando el efecto de LHP. El objetivo es proporcionar un compromiso fiable con los pedidos de los clientes en busca de un alto nivel de servicio no sólo en la fecha y la cantidad esperadas, sino también en los requisitos de homogeneidad. El modelado de las características inherentes al LHP en contexto determinista constituye en sí mismo uno de los principales aportes de esta tesis. Otra novedad consiste en la inclusión de la incertidumbre en la definición de sub-lotes homogéneos, sus cantidades y su estado y valor dinámicos. El enfoque de modelado de incertidumbre propuesto se basa principalmente en la aplicación de la teoría de conjuntos difusos y la teoría de la posibilidad.

Las herramientas y modelos matemáticos propuestos han sido validados en casos reales de cadena de suministro, específicamente en el sector cerámico para no perecederos, y en el sector de la fruta para productos perecederos. Los resultados muestran un buen desempeño en términos de interpretación y adaptabilidad al efecto de la LHP tanto en entornos deterministas como de incertidumbre. Los modelos de incertidumbre superan los resultados de los modelos deterministas en términos del rendimiento de los objetivos y robustez, tanto con datos planificados como para las simulaciones de la realidad, mostrando condiciones más sensibles para interpretar el comportamiento real del problema de la LHP, lo cual es un objetivo importante de este trabajo.