

# EL PLAN MAESTRO DE PRODUCCIÓN Y LA INCERTIDUMBRE EN EL SECTOR MANUFACTURA: UNA REVISIÓN DE LA LITERATURA

GUSTAVO ADOLFO LUNA-VICTORIA-LEÓN\*  
<https://orcid.org/0000-0001-5065-5433>

MARTÍN FIDEL COLLAO-DÍAZ  
<https://orcid.org/0000-0001-6874-4629>

JORGE ANTONIO CORZO-CHÁVEZ  
<https://orcid.org/0000-0002-2771-8528>

RICHARD NICHOLAS MEZA-ORTIZ  
<https://orcid.org/0000-0002-9490-2130>

Universidad de Lima, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Lima, Perú

Recibido: 6 de junio del 2022 / Aceptado: 30 de junio del 2022

doi: <https://doi.org/10.26439/ing.ind2022.n43.6108>

**RESUMEN.** En esta investigación se tocan dos temas relevantes para la ingeniería industrial: los planes maestros de producción (variable dependiente) y la incertidumbre (variable independiente). Esta última se constituye en un factor crítico de impacto en el sector manufactura. Para la investigación se recopilaron artículos científicos relacionados con estas variables con la finalidad de establecer el estado del arte referente al tema. Se recurrió a la búsqueda de información en dos bases indexadas, Scopus y ProQuest, y se la filtró utilizando criterios de inclusión y exclusión mediante el método PRISMA para llegar, finalmente, a contemplar dieciséis artículos de interés para la investigación. Publicados en revistas científicas, estos estudios muestran data importante acerca de las variables descritas y variables adicionales que influyen sobre la incertidumbre y que, de alguna forma, impactan en la elaboración de los planes maestros de producción del sector manufactura.

**PALABRAS CLAVE:** plan maestro de producción / incertidumbre / sector manufactura / PRISMA

---

\* Correos electrónicos en orden de aparición: Galuna@ulima.edu.pe; MCOLLAO@ulima.edu.pe; Jacorzo@ulima.edu.pe; RNMEZA@ulima.edu.pe

## THE MASTER PRODUCTION SCHEDULE AND UNCERTAINTY IN THE MANUFACTURING SECTOR: A SYSTEMATIC REVIEW OF THE LITERATURE

**ABSTRACT.** This research addresses two relevant topics for industrial engineering: master production plans (dependent variable) and uncertainty (independent variable). The latter constitutes a critical impact factor in the manufacturing sector. For the investigation, we collected articles related to these variables to establish the state of affairs in the specialized literature. We searched for information in two indexed databases, Scopus and ProQuest, and filtered it using inclusion and exclusion criteria derived from the PRISMA method. We identified sixteen scientific journal articles of interest for the investigation at the end of the process. These studies show essential data about the variables described and additional variables that influence uncertainty and that, in some way, impact the preparation of master production schedules in the manufacturing sector.

**KEYWORDS:** master production schedule / uncertainty / manufacturing sector / PRISMA

## 1. INTRODUCCIÓN

Según el Fondo Monetario Internacional (2021), en el año 2020 el PBI mundial decreció en 3,3 %, debido a la pandemia del COVID-19. Uno de los sectores que impactan directamente en el PBI es el de manufactura. Según el Banco Mundial (2020), los encargados de plantear las políticas económicas deberán tomar medidas importantes para generar un aumento de la productividad y disminuir la pobreza de millones de habitantes de países en desarrollo.

El aumento de la productividad es vital para el crecimiento de los ingresos y la reducción de la pobreza; sin embargo, ha venido disminuyendo en los países con economías emergentes y en desarrollo desde la crisis financiera de los años 2007-2009.

La desaceleración del crecimiento de la productividad de los últimos años es consecuencia de la reducción de la productividad laboral en varios sectores, entre los cuales el de manufactura es uno de los principales. Los niveles de productividad de los países de economías emergentes y en desarrollo representan menos del 20 % del promedio de los países con economías avanzadas y el de los países de bajos ingresos, tan solo el 2 %.

El estudio integral del Banco Mundial sobre la productividad, editado por Alistair Dieppe (2020), señala que la creciente complejidad y automatización de los procesos de fabricación tiene mayores necesidades de mano de obra calificada y puede hacer que cada vez sea más difícil para los países lograr aumentar su productividad general. Es necesario reducir la incertidumbre al elaborar los planes maestros de producción en las empresas manufactureras y que estas sean más eficientes al utilizar los recursos necesarios para lograr incrementar la productividad.

De acuerdo con el Ministerio de la Producción (s. f.), el sector manufactura en el Perú experimentó un crecimiento del 50,3 %, en el mes de marzo del 2021, recuperándose de la crisis originada por la pandemia.

La producción en el Perú se centra en los sectores pesquería, refinación de metales, refinación de azúcar, agroindustria y ensamblaje de motores y motocicletas. Si bien se experimentó un crecimiento en la producción, este no reflejó cambios en los grados de tecnificación, lo que impide alcanzar altos estándares de competitividad y desarrollo que se requieren para el incremento de la productividad.

En ese sentido, es importante para las industrias incrementar su competitividad a partir de la mejora de sus niveles de productividad y tecnificación. Es indispensable que incorporen, en sus políticas y conocimientos, los conceptos de cadena de suministros que manejan las empresas de clase mundial.

Olhager (2013) estableció una línea de tiempo para la evolución del enfoque de planificación en las operaciones, cuyo aporte se reflejará en el incremento de la productividad del sector manufactura.

Para esta revisión sistemática de la literatura se plantearon las siguientes preguntas que la justifican teóricamente:

- P1: ¿Cómo están clasificados cronológicamente los artículos?
- P2: ¿En qué base de datos se encuentra una mayor cantidad de artículos sobre el plan maestro de producción?
- P3: ¿Qué tipo de estudio es el más utilizado para el plan maestro de producción?
- P4: ¿Cuáles son las herramientas de la planeación más utilizadas?
- P5: ¿Cuáles son las variables que más afectan la elaboración de los planes maestros?
- P6: ¿Cuál sería el aporte de la investigación para las empresas del sector manufactura?

De este modo, se buscará y revisará artículos indizados en fuentes de información con indicadores de calidad —detalladas en el siguiente apartado—, que constituyan estudios e investigaciones relevantes para el tema de la presente investigación.

A partir de esta revisión sistemática se evaluarán la calidad, herramientas y variables empleadas en las investigaciones seleccionadas en la revisión de literatura para su aplicación en la comprensión de la relación entre los planes maestros de producción y la incertidumbre en el sector manufactura.

## 2. METODOLOGÍA

En la presente investigación se ha utilizado la metodología PRISMA (siglas en inglés de preferred reporting items for systematic reviews and meta analyses).

El proceso de búsqueda de información se realizó considerando como variables de búsqueda y palabras clave (*keywords*): *master production schedule*, *master production scheduling*, *manufacturing*, *safety stock*. Se utilizó el operador booleano “OR” para enlazar y excluir palabras clave entre sí y el operador incluyente “AND”.

Se aplicó la ecuación lógica (búsqueda Master Production Schedule OR Master Production Scheduling; Master Production Schedule OR Master Production Scheduling AND Manufacturing, Master Production Schedule OR Master Production Scheduling AND Safety Stock, Master Production Schedule OR Master Production Scheduling AND Manufacturing AND Safety Stock) como estrategia de búsqueda para filtrar la revisión sistemática.

La búsqueda de literatura científica se realizó en las siguientes bases de datos: Scopus y ProQuest.

Los criterios de inclusión y exclusión que se utilizaron para la revisión de literatura científica fueron los siguientes:

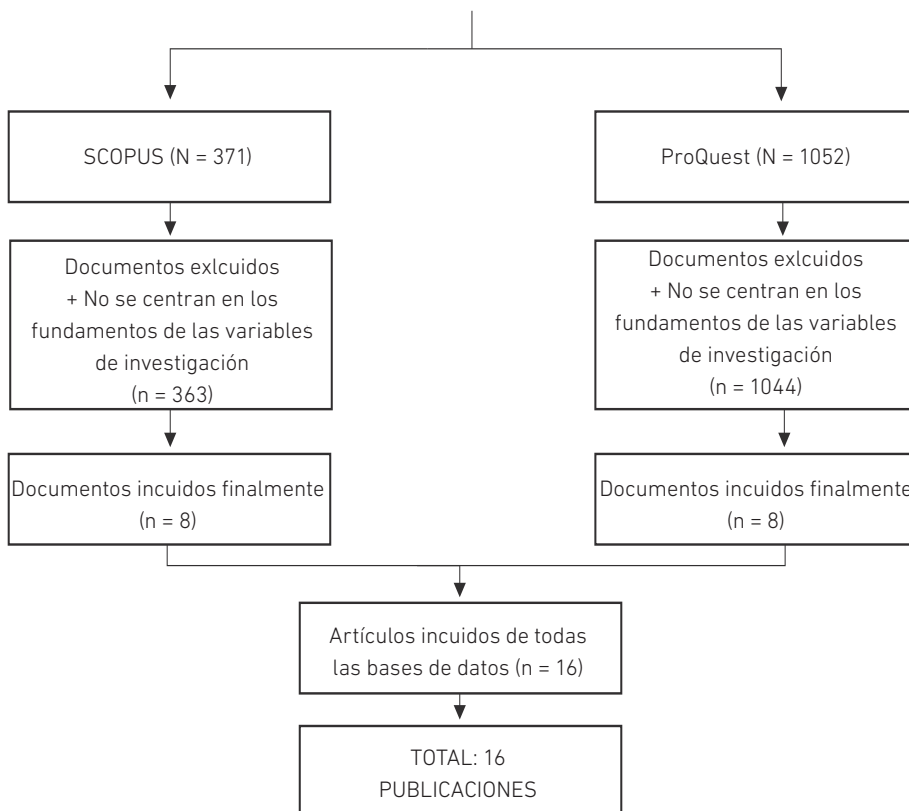
- **Antigüedad:** se ha considerado una antigüedad máxima de 10 años.
- **Tipos de documentos:** solo se han considerado artículos científicos.
- **Palabras clave:** se consideraron frases en inglés como *master production schedule*, *master production scheduling*, *manufacturing*, *safety stock*.

**Figura 1**

*Flujo del proceso de recopilación de fuentes*

ECUACIÓN DE BÚSQUEDA

(Production Schedule OR Master Production Scheduling; Master Production Scheduling OR Master Production Scheduling AND Safety Stck, Master Production Schedule OR Master Production Scheduling AND Manufacturing AND Safety Stock)



### 3. RESULTADOS

El proceso de búsqueda de información se realizó considerando las variables de investigación y los *keywords production schedule, master production scheduling, master production schedule, safety stock y manufacturing*.

Asimismo, se utilizaron los operadores booleanos “OR” para enlazar palabras claves y excluyentes entre sí y un operador incluyente que fue el “AND”.

La búsqueda de la literatura se realizó en las bases de datos: ProQuest y Scopus (véase Tabla 1).

**Tabla 1**

*Resumen de artículos revisados*

N.º	Título del artículo	Año	Autores	Revista	Base de datos	Objetivo
A1	Effectiveness of nervousness reduction policies when capacity is constrained	2020	Atadeniz, S. N., & Sridharan, S. V.	<i>International Journal of Production Research</i>	ProQuest Scopus	Determinar, a través de un estudio de simulación, la eficacia de tres políticas de reducción del nerviosismo o imprecisión del plan maestro de producción (MPS) cuando la capacidad de producción está limitada.
A2	A reference model in BPMN for conceptual modelling of master planning schedule	2020	Entringer, T. C., & Ferreira, A. D. S.	<i>Independent Journal of Management &amp; Production</i>	ProQuest	Desarrollar un modelo de referencia de los procesos del plan maestro de producción (MPS) a través un módulo de planificación y control de la producción.
A3	Master production schedule using robust optimization approaches in an automobile second-tier supplier	2020	Martín, A., G., Díaz-Madroño, M., & Mula, J.	<i>Central European Journal of Operations Research</i>	ProQuest Scopus	Determinar, a través de un caso de estudio, cómo minimizar los costos de producción, los costos de tiempo extra y de inactividad y costos de inventario a través de un enfoque robusto de optimización del plan maestro de producción (MPS).

(continúa)

(continuación)

N.º	Título del artículo	Año	Autores	Revista	Base de datos	Objetivo
A4	Mass customisation impact on bill of materials structure and master production schedule development	2016	Chatras, C., Giard, V., & Sali, M.	<i>International Journal of Production Research</i>	ProQuest Scopus	Analizar el impacto de la personalización masiva en la estructura de la lista de materiales y el desarrollo del plan maestro de producción (MPS) en la industria automotriz.
A5	Simultaneous lotsizing and scheduling considering secondary resources: a general model, literature review and classification	2019	Wörbelauer, M., Meyr, H., & Almada-Lobo, B.	<i>OR Spectrum</i>	ProQuest	Determinar que existen factores secundarios que deben ser considerados en la programación y lotización simultánea de la producción.
A6	Dynamic production planning model: a dynamic programming approach	2013	Khaledi, H., & Reisi-Nafchi, M	<i>The International Journal of Advanced Manufacturing Technology</i>	ProQuest Scopus	Optimizar un modelo de programación para la planificación de la producción incluyendo variables estocásticas y transformándolo en un modelo de programación lineal.
A8	Application of production planning and control method in manufacturing enterprise	2015	Bai, X., & Zhu, B.	<i>Management &amp; Engineeringt</i>	ProQuest	Implementar un programa maestro de producción y un plan de requisitos de materiales en el taller de pistones del grupo King Kong. Redujo las horas innecesarias desperdiciadas, evitó el tiempo de inactividad y el fenómeno de espera, de modo que la eficiencia se mejora significativamente.
A9	Fuzzy multi-objective linear programming and simulation approach to the development of valid and realistic master production schedule	2011	Supriyanto, I., & Noche, B.	<i>Logistics Journal</i>	ProQuest Scopus	Utilizar la programación lineal para alcanzar mejores resultados en el MPS como herramienta importante para la toma decisiones en la planificación de producción y ante una serie de variables que pueden afectar su elaboración y asertividad.

(continúa)

(continuación)

N.º	Título del artículo	Año	Autores	Revista	Base de datos	Objetivo
A10	Hybrid fuzzy-stochastic approach to multi-product, multi-period, and multi-resource master production scheduling problem: Case of a polyethylene pipe and fitting manufacturer	2018	Razavi Hajiagha, S.H., Sadat Hashemi, S., & Sadeghi, M.	<i>Scientia Iranica</i>	ProQuest Scopus	Demostrar la aplicabilidad de la programación lineal en la elaboración de MPS a través de su aplicación en la industria del polietileno.
A11	Improving performance with sophisticated master production scheduling	2015	Jonsson, P., & Kjellsdotter I. L.	<i>International Journal of Production Economics</i>	ProQuest Scopus	Incentivar el uso de tecnología de la información para la elaboración del MPS considerando diferentes objetivos empresariales.
A12	Evolution of operations planning and control: From production to supply chains	2013	Olhager, J.	<i>International Journal of Production Research</i>	ProQuest Scopus	Exponer las distintas herramientas de planificación de operaciones que se han ido desarrollando en el tiempo y que son importantes para la gestión.
A13	Improving data consistency in production control	2016	Reuter, C., & Brambring, F.	<i>Procedia CIRP</i>	Scopus	Mitigar los efectos negativos de la calidad deficiente de los datos en el control de la producción mediante la adaptación de algoritmos de minería de datos (DM) para estimar valores probables para las inconsistencias de datos típicas en el control de producción.

(continúa)



(continuación)

N.º	Título del artículo	Año	Autores	Revista	Base de datos	Objetivo
A14	Development of an integrated demand-supply balancing system for supply chain exception handling.	2014	Wang, L.-C., & Cheng, C.-Y.	<i>International Journal of Information Systems and Change Management</i>	Scopus	Desarrollar un marco de sistema integrado de equilibrio de oferta y demanda (IDSB) y demostrar cómo maneja la excepción de la cadena de suministro una empresa textil que ha implementado dicho sistema. El sistema IDSB puede ayudar a los planificadores de producción global a generar de manera efectiva un programa maestro de producción y un plan de reasignación de múltiples sitios más factible que el enfoque tradicional en términos de material disponible, capacidad y fecha de vencimiento de pedidos.
A15	Advanced production planning and scheduling systems.	2019	Zijm, H., & Schutten, M.	<i>Lecture Notes in Logistics</i>	Scopus	Presentar modelos para la planificación integrada de la capacidad y la producción maestra, la planificación del trabajo y la carga del grupo de recursos y la programación y el control de la planta.
A16	High variety impacts on master production schedule: A case study from the automotive industry.	2015	Chatras, C., Giard, V., & Sali, M.	<i>IFAC-PapersOnLine</i>	Scopus	Describir el enfoque utilizado en el sector automotriz para la planificación de ventas y producción basado en una representación original de la diversidad de productos. Este enfoque se discute y se compara con otra alternativa que se ocupa de la incertidumbre de la demanda en el horizonte congelado.

Nota. Elaboración a partir de la revisión de literatura en Scopus y ProQuest.

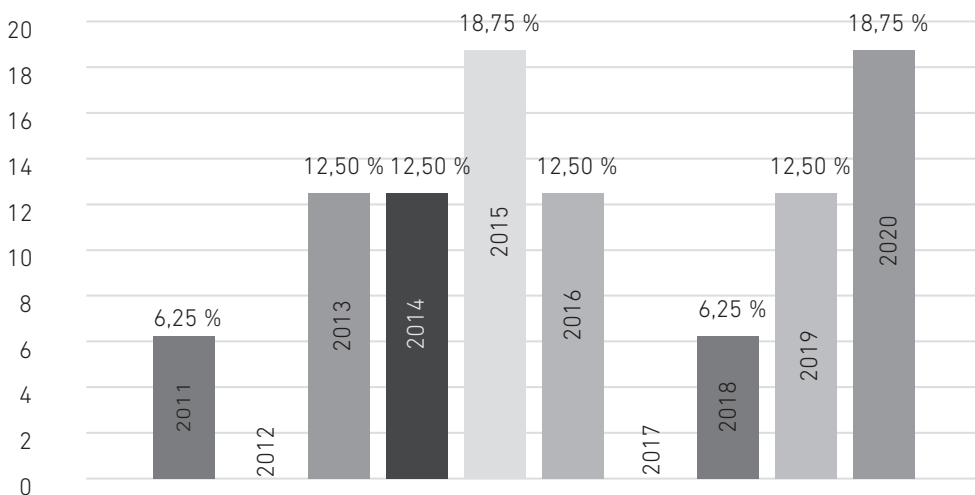
### Características de los estudios

#### Artículos por años

Uno de los criterios utilizados para la búsqueda de artículos científicos fue el de fecha de publicación, considerando un rango de años del 2011 al 2020. La distribución por años muestra que el mayor número de artículos (18,75 %) se produjo entre el 2015 y el 2020 y que las cifras más bajas (6,25 %) aparecen en los años 2011, 2013, 2014, 2016 (véase Figura 2).

**Figura 2**

*Distribución de artículos por años*



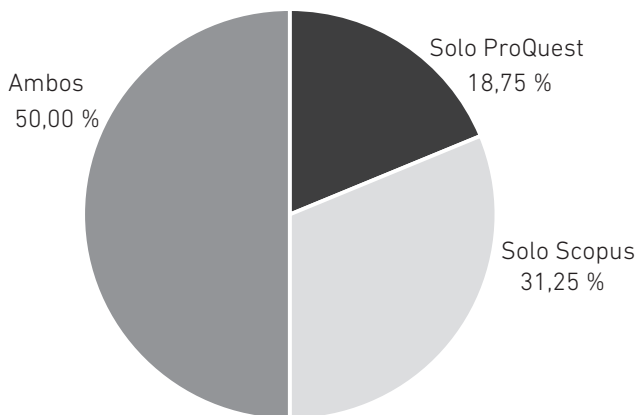
*Nota.* Elaboración a partir de la revisión de literatura en Scopus y ProQuest.

#### Artículos por base de datos

Se ha trabajado en dos bases de datos, ProQuest y Scopus, y se obtuvo un 50 % de artículos que se encuentran en ambas bases de datos, 31,25 % solo en Scopus y 18,75 % solo en ProQuest (véase Figura 3).

**Figura 3**

Distribución de artículos por base de datos



Nota. Elaboración a partir de la revisión de literatura en Scopus y ProQuest.

A continuación, se presenta el resumen de los resultados, ordenado por artículo e identificando el tipo de investigación, herramientas y variables analizadas (véase Tabla 2). Este es un aporte importante para la investigación ya que muestra la relevancia de cada artículo.

**Tabla 2**

Listado de artículos: uso de herramientas y variables

N.º	Título del artículo	Tipo de investigación	Herramientas	Variables analizadas
A1	Effectiveness of nervousness reduction policies when capacity is constrained	Mixto	- Modelo de simulación factorial (ANOVA) - Herramientas analizadas: sistemas ERP, BOM, MPS, MRP	Incertidumbre Rentabilidad Costos Stock de seguridad Pronóstico de demanda MRP
A2	A reference model in BPMN for conceptual modelling of master planning schedule	Cualitativo	- BPMN - Módulo plan maestro de producción (MPS: master production schedule) - Módulo de planeamiento y control de la producción (PPC: Production planning and control) - Software Bizagi - Módulo planificación de la capacidad de corte preliminar (RCCP: rough cut capacity planning)	Incertidumbre Plan agregado Tamaño de lote Desagregación de productos ERP Prototipo de software Stock de seguridad RCCP: Rough cut capacity planning

(continúa)

(continuación)

N.º	Título del artículo	Tipo de investigación	Herramientas	Variables analizadas
A3	Master production schedule using robust optimization approaches in an automobile second-tier supplier	Mixto	- Procedimiento heurístico para la planificación de la producción - Herramienta de modelación: Maximal Software's MPL (mathematical programming language)	Incertidumbre Tiempo de producción Desperdicio Tamaño de lote Capacidad de producción Demanda Existencias de materias primas Costos totales Costo de inventario Costo de inactividad Costo de tiempo extra
A4	Mass customization impact on bill of materials structure and master production schedule development	Cuantitativo	- BOM modular - Notaciones de probabilidad estándar y los operadores lógicos	MRP Lead time Demanda
A5	Simultaneous lotsizing and scheduling considering secondary resources: A general model, literature review and classification	Mixto	- Modelo de programación de la producción y de la lotización en simultáneo. - Herramientas analizadas: sistemas BOM, MPS, análisis de factores secundarios	Capacidad de máquinas Cantidad de herramientas compartidas, Cantidad de equipos secundarios, Cantidad de líneas compartidas
A6	Dynamic production planning model: A dynamic programming approach	Cuantitativo	- Modelo de programación dinámica y estocástica - Modelo de programación lineal - Método de aproximaciones sucesivas - Plan de ventas.	Demanda, Materia prima, Capacidad de máquinas

(continúa)

(continuación)

N.º	Título del artículo	Tipo de investigación	Herramientas	Variables analizadas
A7	A master production schedule warning approach for cement equipment manufacturing enterprises	Mixto	- Algoritmo de tiempos de entrega usando data histórica - MPS, MBOM. - Sistema de monitoreo basado en semáforo	Tiempo de producción teórico Tiempo real de producción Porcentaje de producción terminada real Porcentaje de producción terminado teórico
A8	Application of production planning and control method in manufacturing enterprise	Mixto	- Registro de tiempos - BOM - MPS	Tiempo de producción teórico Cantidad a producir Cantidad de materia prima requerida Tiempo real de producción
A9	Fuzzy multi-objective linear programming and simulation approach to the development of valid and realistic master production schedule	Mixto	- Programación lineal - MPS, MRP, CRP	Incertidumbre Inventarios Nivel de servicio Recursos productivos Tecnología de la información ( <i>software</i> )
A10	Hybrid fuzzy-stochastic approach to multi-product, multi-period, and multi-resource master production scheduling problem: Case of a polyethylene pipe and fitting manufacturer	Mixto	- Programación lineal - MPS, MRP, CRP	Incertidumbre Tecnología de la información ( <i>software</i> ) Demanda Costos

(continúa)

(continuación)

N.º	Título del artículo	Tipo de investigación	Herramientas	Variables analizadas
A11	Improving performance with sophisticated master production scheduling	Mixto	- Sistema TI - MPS - Definición de los objetivos de negocio	Incertidumbre Demanda Recursos productivos Costos Tecnología de la información ( <i>software</i> )
A12	Evolution of operations planning and control: From production to supply chains	Cualitativo	- MPS, MRP, control de piso, S&OP, planeamiento de la cadena de suministro.	Evolución de cadena de suministros
A13	Improving data consistency in production control	Mixto	- Uso de algoritmos para el manejo de datos para la mejora del plan de producción.	Control de producción Confiabilidad de datos Incertidumbre
A14	Development of an integrated demand-supply balancing system for supply chain exception handling	Mixto	- Sistema que ayuda a sincronizar la demanda y la oferta dentro de múltiples sitios para el manejo de excepciones dentro de la cadena de suministro	Producción de múltiples sitios Demanda Excepciones en la cadena de suministro Sincronización de data
A15	Advanced production planning and scheduling systems	Mixto	- Modelo de: - Planificación integrada de la capacidad - Producción maestra - Control de los recursos de la planta - Utilización de algoritmos basados en programación lineal.	Capacidad Mano de obra Materiales directos Algoritmos basados en programación lineal
A16	High variety impacts on master production schedule: A case study from the automotive industry	Mixto	- MPS, MRP, control de piso, S&OP, planeamiento de la cadena de suministro.	Componentes alternativos Incertidumbre Horizonte congelación

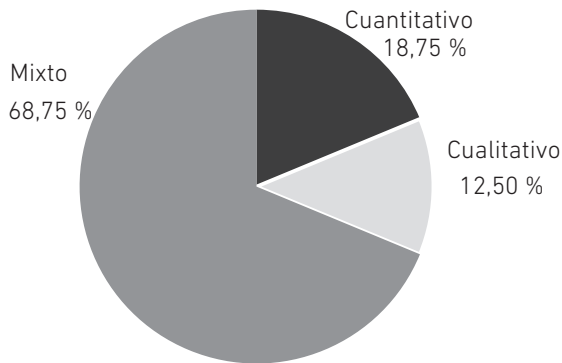
Nota. Elaboración a partir de la revisión de literatura en Scopus y ProQuest.

#### Artículos por tipo de estudio

Entre los artículos seleccionados se identificaron tres tipos de estudio: el 18,75 % son cuantitativos, el 12,5 % son cualitativos y el 68,75 % son de tipo mixto (véase Figura 4).

**Figura 4**

Distribución de artículos por tipo de estudio



*Nota.* Elaboración a partir de la revisión de literatura en Scopus y ProQuest.

#### Artículos por aplicación de las herramientas

Se ha identificado el uso de 28 herramientas en los 16 artículos, las cuales se han aplicado 54 veces en total, esto quiere decir que en un artículo se ha aplicado más de una herramienta (véase Tabla 2); las de mayor uso son el *master production schedule*, con una aplicación de un 20,37 %, el *bill of materials* y el *material requirement planning* cada uno con un 9,26 %, y en tercer lugar el *production, planning and control*, el *rough cut capacity planning* y el modelo de programación lineal con un 5,56 % cada uno. Se muestran las estadísticas de la aplicación de dichas herramientas en los artículos (véase Tabla 3).

**Tabla 3***Herramientas en los artículos investigados*

Item	Herramienta	Porcentaje	Cantidad	Artículos
1	Master production schedule	20,37 %	11	A1, A2, A5, A7, A8, A9, A10, A11, A12, A15, A16
2	Bill of materials	9,26 %	5	A1, A4, A5, A7, A8
3	Material requirements planning	9,26 %	5	A1, A9, A10, A12, A15
4	Production, planning and control	5,56 %	3	A2, A15, A16
5	Rough cut capacity planning	5,56 %	3	A2, A9, A10
6	Modelo de programación lineal	5,56 %	3	A6, A9, A10
7	Business process model and notation	3,70 %	2	A2, A11
8	Modelo de programación de la producción y de la lotización en simultáneo	3,70 %	2	A5, A15
9	Modelo de simulación factorial (ANOVA)	1,85 %	1	A1
10	Enterprise resource model	1,85 %	1	A1
11	Software bizagi process modeler	1,85 %	1	A2
12	Procedimiento heurístico para la planificación de la producción	1,85 %	1	A3
13	Maximal software MPL (mathematical programming language)	1,85 %	1	A3
14	Standard probability notations and logical operators	1,85 %	1	A4
15	Análisis de factores secundarios	1,85 %	1	A5
16	Modelo de Programación dinámica y estocástica	1,85 %	1	A6
17	Método de aproximaciones sucesivas	1,85 %	1	A6
18	Plan de ventas	1,85 %	1	A6
19	Algoritmo de tiempos de entrega usando data histórica	1,85 %	1	A7
20	Sistema de monitoreo basado en semáforo	1,85 %	1	A7
21	Registro de tiempos	1,85 %	1	A8
22	IT system	1,85 %	1	A11
23	Shop floor control	1,85 %	1	A12
24	Sales & operation planning	1,85 %	1	A12
25	Supply chain planning	1,85 %	1	A12

*(continúa)*



(continuación)

Item	Herramienta	Porcentaje	Cantidad	Artículos
26	Algoritmos para el manejo de datos para la mejora del plan de producción	1,85 %	1	A13
27	Sincroniza la demanda y la oferta dentro de múltiples sitios para el manejo de excepciones dentro de la cadena de suministro	1,85 %	1	A14
28	Periodo de congelamiento	1,85 %	1	A16
TOTAL			54	

Nota. Elaboración a partir de la revisión de literatura en Scopus y ProQuest.

**Tabla 4**

*Variables en los artículos investigados*

Item	Variables	Porcentaje	Cantidad	Artículos
1	Incertidumbre	10,00 %	8	A1, A2, A3, A9, A10, A11, A13, A16
2	Demanda en todo el horizonte de planificación	7,50 %	6	A3, A4, A6, A10, A11, A14
3	Costos	5,00 %	4	A1, A3, A10, A11
4	Material requirements planning	3,75 %	3	A1, A4, A8
5	Tiempo de producción	3,75 %	3	A3, A7, A8
6	Tecnología de la información	3,75 %	3	A9, A10, A11
7	Stock de seguridad	2,50 %	2	A1, A2
8	Estructura de producto	2,50 %	2	A1, A2
9	Bill of materials (BOM)	2,50 %	2	A1, A4
10	Tamaño de lote	2,50 %	2	A2, A3
11	Capacidad de producción	2,50 %	2	A3, A15
12	Nivel de inventario	2,50 %	2	A3, A9
13	Escasez de materias primas	2,50 %	2	A5, A6
14	Tiempo planificado de producción	2,50 %	2	A7, A8
15	Recursos productivos	2,50 %	2	A9, A11
16	Rentabilidad	1,25 %	1	A1
17	Pronóstico de demanda	1,25 %	1	A1
18	Plan agregado	1,25 %	1	A2
19	Cronograma de entrada	1,25 %	1	A2
20	Inventario inicial	1,25 %	1	A2

(continúa)

(continuación)

Item	Variables	Porcentaje	Cantidad	Artículos
21	Adopción de ERP	1,25 %	1	A2
22	Prototipo de software	1,25 %	1	A2
23	Rough cut capacity planning	1,25 %	1	A2
24	Porcentaje de desperdicio de producción	1,25 %	1	A3
25	Existencia de materias primas	1,25 %	1	A3
26	Costo de inventarios	1,25 %	1	A3
27	Costos de inactividad	1,25 %	1	A3
28	Costos de tiempo extra	1,25 %	1	A3
29	Lead time	1,25 %	1	A4
30	Cantidad de máquinas	1,25 %	1	A5
31	Cantidad de herramientas compartidas	1,25 %	1	A5
32	Cantidad de equipos secundarios	1,25 %	1	A5
33	Cantidad de líneas compartidas	1,25 %	1	A5
34	Capacidad de máquinas	1,25 %	1	A6
35	Porcentaje de producción terminado real	1,25 %	1	A7
36	Porcentaje de producción terminado teórico	1,25 %	1	A7
37	Cantidad a producir	1,25 %	1	A8
38	Nivel de servicio	1,25 %	1	A9
39	Evolución de la cadena de suministros	1,25 %	1	A12
40	Control de producción	1,25 %	1	A13
41	Confiabilidad de datos	1,25 %	1	A13
42	Errores de data	1,25 %	1	A13
43	Producción demúltiples sitios	1,25 %	1	A14
44	Excepciones en la cadena de suministro	1,25 %	1	A14
45	Sincronización de data	1,25 %	1	A14
46	Mano de obra	1,25 %	1	A15
47	Materiales directos	1,25 %	1	A15
48	Algoritmos basados en programación lineal	1,25 %	1	A15
49	Componentes alternativos	1,25 %	1	A16
50	Horizonte congelación	1,25 %	1	A16
TOTAL			80	

### *Aplicación de las variables en los planes maestros dentro de los artículos*

Se identificaron 50 variables utilizadas en los 16 artículos, las cuales se han aplicado 80 veces en total, esto quiere decir que en un artículo se ha aplicado más de una variable (véase Tabla 2); la variable que más aparece es la incertidumbre con 10 %, seguida por la demanda en todo el horizonte de planificación con un 7,5 %, los costos con un 5 % y MRP, tiempo de producción y tecnología de la información con un 3,75 % cada uno (véase Tabla 4).

### *Los planes de producción en un contexto de incertidumbre*

De lo investigado se obtiene la siguiente clasificación de los artículos que consideran a la incertidumbre en la elaboración de sus planes maestros de producción (véase Tabla 5).

**Tabla 5**

*Lista de artículos que consideran la incertidumbre y que no la consideran*

Artículos que consideran la incertidumbre	A1	A2	A3	A9	A10	A11	A13	A16
Artículos que no consideran la incertidumbre	A4	A5	A6	A7	A8	A12	A14	A15

En la Tabla 6 se presentan las abreviaturas de los factores y los significados de cada una para facilitar su identificación. Posteriormente, se presenta la ponderación de los factores realizada con el método de enfrentamiento (véase Tabla 7).

**Tabla 6**

*Abreviatura y descripción de factores*

Factor	Descripción
VA	Variables analizadas
TI	Tipo de investigación
HU	Herramientas utilizadas
AP	Año de publicación
BD	Base de datos

**Tabla 7***Enfrentamiento de factores*

Factor	VA	TI	HU	AP	BD	Conteo	Pond. (%)
VA	X	1	1	1	1	4	33,33 %
TI	0	X	1	1	1	3	25,00 %
HU	0	1	X	1	1	3	25,00 %
AP	0	0	0	X	1	1	8,33 %
BD	0	0	0	1	X	1	8,33 %
Total						12	100,00 %

Se procedió a realizar la calificación de cada factor en una escala de 1 a 5 (véase Tabla 8). Se consideran más relevantes los artículos que incluyen en su análisis de seis variables a más, que utilizan en la investigación métodos mixtos (cualitativos y cualitativos), que utilizan cuatro herramientas o más, y los artículos más recientes (del año 2019 en adelante), por su aplicación práctica a la realidad actual y, finalmente, los artículos que se encuentran en las dos bases de datos utilizadas en esta investigación.

Se multiplicó la ponderación calculada anteriormente con la calificación para obtener una puntuación total, la cual muestra el grado de relevancia de cada artículo para la presente investigación (véase Tabla 9). Los artículos A1, A3, A10 y A15 resultaron ser los de mayor relevancia.

**Tabla 8***Calificación de factores*

Factor	Criterios de calificación		
	1	3	5
VA	≤ 3 variables	≥ 3 ∧ ≤ 5 variables	≥ 6 variables
TI	cualitativa	cuantitativa	mixta
HU	=1 herramienta	≥ 2 ∧ ≤ 3 herramientas	≥ 4 herramientas
AP	≤ 2015	≥ 2016 ∧ ≤ 2018	≥ 2019
BD	ProQuest	Scopus	ambos

**Tabla 9**

*Relevancia: puntuación total por artículo*

Artículo	Factor	VA	TI	HU	AP	BD	Total
	Pond. (%)	33,33 %	25,00 %	25,00 %	8,33 %	8,33 %	100 %
A1	Calif.	5	5	5	5	5	5,00
	Punt.	1,67	1,25	1,25	0,42	0,42	
A2	Calif.	5	1	5	5	1	3,67
	Punt.	1,67	0,25	1,25	0,42	0,08	
A3	Calif.	5	5	3	5	5	4,50
	Punt.	1,67	1,25	0,75	0,42	0,42	
A4	Calif.	3	3	3	3	5	3,17
	Punt.	1,00	0,75	0,75	0,25	0,42	
A5	Calif.	3	5	5	5	1	4,00
	Punt.	1,00	1,25	1,25	0,42	0,08	
A6	Calif.	1	3	5	1	5	2,83
	Punt.	0,33	0,75	1,25	0,08	0,42	
A7	Calif.	3	5	5	1	5	4,00
	Punt.	1,00	1,25	1,25	0,08	0,42	
A8	Calif.	3	5	3	1	1	3,17
	Punt.	1,00	1,25	0,75	0,08	0,08	
A9	Calif.	3	5	5	1	3	3,83
	Punt.	1,00	1,25	1,25	0,08	0,25	
A10	Calif.	3	5	5	3	5	4,17
	Punt.	1,00	1,25	1,25	0,25	0,42	
A11	Calif.	3	5	3	1	5	3,50
	Punt.	1,00	1,25	0,75	0,08	0,42	
A12	Calif.	1	1	5	1	5	2,33
	Punt.	0,33	0,25	1,25	0,08	0,42	
A13	Calif.	3	5	1	3	3	3,00
	Punt.	1,00	1,25	0,25	0,25	0,25	
A14	Calif.	3	5	1	1	3	2,83
	Punt.	1,00	1,25	0,25	0,08	0,25	
A15	Calif.	3	5	5	5	3	4,17
	Punt.	1,00	1,25	1,25	0,42	0,25	
A16	Calif.	1	5	3	1	3	2,67
	Punt.	0,33	1,25	0,75	0,08	0,25	

#### 4. DISCUSIÓN

En los artículos revisados se analizan principalmente las siguientes herramientas: MPS, BOM y el MRP, que contribuyen a una mejor programación de la producción.

El plan maestro de producción contribuye a reducir la incertidumbre, reducir los costos de inventario y mejorar los tiempos de entrega (Atadeniz y Sridharan, 2020; Chatras et al., 2016; Entringer y Ferreira, 2020; Martín et al., 2020).

Otra de las herramientas mayormente utilizadas es la lista de materiales, esta es necesaria para alimentar el MPS y lograr un impacto en la mejora de la productividad y en la prevención de cualquier atraso que pueda ocurrir (Atadeniz y Sridharan, 2020; Bai y Zhu, 2015; Chatras et al., 2016; Sun et al., 2014; Wörbelauer et al., 2019).

El uso de la herramienta MRP en el sector manufactura contribuye a reducir la incertidumbre del plan maestro de producción, reduciendo las horas innecesarias, evitando el tiempo de inactividad y los tiempos de espera, de modo que la eficiencia mejora sustancialmente (Atadeniz y Sridharan, 2020; Bai y Zhu, 2015; Chatras et al., 2016).

En cuanto a los tipos de estudio, podemos decir que los artículos seleccionados, en su mayoría, han aplicado herramientas mixtas, tanto cuantitativas como cualitativas. Por ejemplo, aplican procedimientos heurísticos para la planificación de la producción, modelos de programación de la producción y de la lotización en simultáneo, algoritmos de tiempos de entrega que usan data histórica, registro de tiempos, programación lineal, definición de los objetivos de negocio, algoritmos para el manejo de datos para la mejora del plan de producción, sistemas que ayudan a sincronizar la demanda y la oferta y control de piso (Atadeniz y Sridharan, 2020; Bai y Zhu, 2015; Chatras et al. 2015; Jonsson y Kjellsdotter, 2015; Martín et al., 2020; Razavi et al., 2019; Reuter y Brambring, 2016; Sun et al., 2014; Supriyanto y Noche, 2011; Wang y Cheng, 2014; Wörbelauer et al., 2019 y Zijm y Schutten, 2019).

Por otro lado, es importante mencionar que las variables que más se han considerado son la incertidumbre, la demanda, los costos y los tiempos de producción, que en la búsqueda por diseñar el mejor modelo para la programación de la producción y su consecuente eficiencia son consideradas de manera contundente (Atadeniz y Sridharan, 2020; Bai y Zhu, 2015; Chatras et al. 2015; Chatras et al., 2016; Entringer y Ferreira, 2020; Jonsson y Kjellsdotter, 2015; Khaledi y Reisi-Nafchi, 2013; Martín et al., 2020; Razavi et al., 2019; Reuter y Brambring, 2016; Supriyanto y Noche, 2011 y Wang y Cheng, 2014).

Finalmente, se realizó una evaluación de los artículos seleccionados para determinar su grado de relevancia para la presente investigación. Se valoró la cantidad de variables analizadas, el tipo de investigación, la cantidad de herramientas utilizadas, la antigüedad de la publicación y su presencia en las bases de datos publicadas.

## 5. CONCLUSIONES

La investigación muestra que los artículos están distribuidos cronológicamente entre el año 2010 y el 2020, con la mayoría concentrados entre los años 2015 al 2020, lo que representa el 68,75 %. En cuanto a las bases de datos consideradas, se recalca que estas fueron ProQuest y Scopus; se encontró que en Scopus se obtuvo la mayor cantidad de artículos, un 81,25 %. Asimismo, en relación con el tipo de estudio, podemos decir que el mixto (cuantitativo y cualitativo) es el de mayor cantidad, un 68,75 % respecto a los estudios solo cuantitativos o solo cualitativos.

Las herramientas más utilizadas en los artículos son el master production schedule (MPS) con el 20,7 %, el material requirement planning (MRP) y el BOM con el 9,26 %, respectivamente, del total de los artículos. Por otro lado, las variables que más afectan la elaboración de los planes maestros son la incertidumbre con 10 %, seguida por la demanda con un 7,5 % y los costos con un 5 %. Además, el 50 % de los artículos considera la incertidumbre como variable importante para el desarrollo de los planes de producción.

De cara al futuro, esta investigación se constituye en un aporte importante para que las herramientas y variables mostradas sean consideradas en la elaboración de los planes maestros de producción que podrían incrementar la productividad en las empresas del sector manufactura.

## REFERENCIAS

- Atadeniz, S. N., & Sridharan, S. V. (2020). Effectiveness of nervousness reduction policies when capacity is constrained. *International Journal of Production Research*, 58(13), 4121-4137. <http://dx.doi.org/10.1080/00207543.2019.1643513>
- Bai, X., & Zhu, B. (2015). Application of production planning and control method in manufacturing enterprise. *Management & Engineering*, 18, 3-7.
- Banco Mundial. (2020, 14 de julio). *El aumento de la productividad, el principal motor de reducción de la pobreza, corre peligro debido a las perturbaciones causadas por la COVID-19*. <https://www.bancomundial.org/es/news/press-release/2020/07/14/productivity-growth-threatened-by-covid-19-disruptions>
- Chatras, C., Giard, V., & Sali, M. (2015). High variety impacts on master production schedule: a case study from the automotive industry. *IFAC-PapersOnLine*, 48(3), 1073-1078. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2015.06.226>
- Chatras, C., Giard, V., & Sali, M. (2016). Mass customisation impact on bill of materials structure and master production schedule development. *International Journal of Production Research*, 54(18), 5634-5650. <http://doi.org/10.1080/00207543.2016.1194539>

- Dieppe, A. (s.f.). *Global productivity: Trends, drivers, and policies*. The World Bank Group. Recuperado el 10 de mayo del 2022. <https://www.worldbank.org/en/research/publication/global-productivity>
- Entringer, T. C., & Ferreira, A. D. S. (2020, marzo-abril). A reference model in BPMN for conceptual modelling of master planning schedule. *Independent Journal of Management & Production*, 11(2), 394-418.
- Fondo Monetario Internacional. (2021, abril). *La economía mundial se está afianzando, pero con recuperaciones divergentes en medio de aguda incertidumbre*. <https://www.imf.org/es/Publications/WEO/Issues/2021/03/23/world-economic-outlook-april-2021>
- Jonsson, P., & Kjellsdotter L. (2015). Improving performance with sophisticated master production scheduling. *International Journal of Production Economics*, 168, 118-130. <http://doi.org/10.1016/j.ijpe.2015.06.012>
- Khaledi, H., & Reisi-Nafchi, M. (2013). Dynamic production planning model: A dynamic programming approach. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 67, 1675-1681. <http://dx.doi.org/10.1007/s00170-012-4600-7>
- Martín, A., G., Díaz-Madroñero, M., & Mula, J. (2020). Master production schedule using robust optimization approaches in an automobile second-tier supplier: *Central European Journal of Operations Research*, 28, 143-166. <http://dx.doi.org/10.1007/s10100-019-00607-2>
- Ministerio de la producción. (s.f.). *Desempeño del sector industrial manufacturera - marzo 2022*. Recuperado el 10 de mayo del 2021, de <https://ogeiee.produce.gob.pe/index.php/en/shortcode/estadistica-oe/estadisticas-manufactura>
- Olhager, J. (2013) Evolution of operations planning and control: From production to supply chains, *International Journal of Production Research*, 51(23-24), 6836-6843. <http://dx.doi.org/10.1080/00207543.2012.761363>
- Razavi Hajiagha, S. H., Sadat Hashemi, S., & Sadeghi, M. (2019). Hybrid fuzzy-stochastic approach to multi-product, multi-period, and multi-resource master production scheduling problem: Case of a polyethylene pipe and fitting manufacturer. *Scientia Iranica*, 26(3), 1809-1823. [http://scientiairanica.sharif.edu/article\\_20329\\_a8ada7d622b089fe557d37bc2b94d04b.pdf](http://scientiairanica.sharif.edu/article_20329_a8ada7d622b089fe557d37bc2b94d04b.pdf)
- Reuter, C., & Brambring, F. (2016). Improving data consistency in production control. *Procedia CIRP*, 41, 51-56. <http://doi.org/10.1016/j.procir.2015.12.116>
- Sun, L. B., Guo, S. S., Tao, S. Q., Li, Y. B., & Du, B. G. (2014). A master production schedule warning approach for cement equipment manufacturing enterprises. *Scientia Iranica*, 21(3), 1120-1127. [http://scientiairanica.sharif.edu/article\\_3547.html](http://scientiairanica.sharif.edu/article_3547.html)



- Supriyanto, I., & Noche, B. (2011). Fuzzy multi-objective linear programming and simulation approach to the development of valid and realistic master production schedule. *Logistics Journal: Proceedings*, 7. [http://doi.org/10.2195/LJ\\_proc\\_supriyanto\\_de\\_201108\\_01](http://doi.org/10.2195/LJ_proc_supriyanto_de_201108_01)
- Wang, L.-C., & Cheng, C.-Y. (2014). Development of an integrated demand-supply balancing system for supply chain exception handling. *International Journal of Information Systems and Change Management*, 7(1), 70-91. <http://doi.org/10.1504/IJISCM.2014.065059>
- Wörbelauer, M., Meyr, H., & Almada-Lobo, B. (2019). Simultaneous lotsizing and scheduling considering secondary resources: A general model, literature review and classification. *OR Spectrum*, 41(1), 1-43. <http://doi.org/10.1007/s00291-018-0536-0>
- Zijm, H., & Schutten, M. (2019). Advanced production planning and scheduling systems. En Zijm, H., Klumpp, M., Regattieri, A., Heragu, S. (Eds.) *Operations, Logistics and Supply Chain Management. Lecture Notes in Logistics* (pp. 417-439). Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-92447-2\\_19](https://doi.org/10.1007/978-3-319-92447-2_19)

