

# FACULTAD DE INGENIERÍA



Carrera de Ingeniería Industrial

“OPTIMIZACIÓN DE PROCESOS DE  
PRODUCCIÓN APLICANDO METODOLOGÍA DE  
BALANCEO DE LINEA Y AMEF PARA  
INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD EN  
INDUSTRIA MANUFACTURERA”

Trabajo de investigación para optar al grado de:

**Bachiller en Ingeniería Industrial**

**Autor :**

William Freddy Peña Jara

**Asesor:**

Ing. Richard Alex Farfan Bernales

Lima - Perú

2019

## **DEDICATORIA**

A mi esposa Katherine y a mis hijos Gonzalo y Joaquín, que jamás dejan de creer en mí, y son el motor que me impulsa a seguir adelante.

## **AGRADECIMIENTO**

A la Universidad Privada del Norte, y al personal profesional de la Facultad de Ingeniería Industrial, por haber contribuido a lo largo de mi formación profesional, a través de sus constantes enseñanzas.

A nuestros catedráticos y asesor del proyecto de tesis por su apoyo en la realización del presente trabajo de investigación.

## Tabla de contenido

ACTA DE AUTORIZACIÓN PARA PRESENTACIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN	
ACTA DE EVALUACIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN	2
DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTO	3
ÍNDICE DE TABLAS	5
ÍNDICE DE FIGURAS	6
RESUMEN	7
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	8
CAPÍTULO II: METODOLOGÍA	12
CAPÍTULO III: RESULTADOS	26
CAPÍTULO IV: CONCLUSIONES	35
REFERENCIAS	36
ANEXOS	45

## ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. RELACIÓN DE BUSCADORES DE ARTICULOS ACADÉMICOS .....	14
TABLA 2. RESULTADOS GENERALES DE BÚSQUEDA DE TRABAJOS EMPIRICOS REALIZADOS CON VARIABLES: AMEF Y BALANCEO DE LINEA.....	27

## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA n° 1. DIAGRAMA DE ISHIKAWA .....	9
FIGURA n° 2. ESTRATEGIA DE RECOPIACIÓN Y SELECCIÓN DE ESTUDIOS EMPÍRICOS .....	26
FIGURA n° 3. DISTRIBUCIÓN DE ESTUDIOS DE APLICACIÓN EMPÍRICA .....	28
FIGURA n° 4. DISTRIBUCIÓN DE LAS INVESTIGACIONES EN FUNCIÓN DE LA VARIABLE INDEPENDIENTE .....	28
FIGURA n° 5. NÚMERO DE INVESTIGACIONES SELECCIONADOS EN FUNCIÓN DEL BUSCADOR .....	29
FIGURA n° 6. PORCETAJE DE INVESTIGACIONES SELECCIONADOS EN FUNCIÓN DEL BUSCADOR. ....	30
FIGURA n° 7. DISTRIBUCIÓN DE INVESTIGACIONES SELECCIONADOS POR AÑO. ....	30
FIGURA n° 8. DISTRIBUCIÓN DE INVESTIGACIONES EN FUNCIÓN A SU ORIGEN .....	31
FIGURA n° 9. % INCREMENTO DE PRODUCTIVIDAD POR APLICACIÓN DE AMEF. ....	32
FIGURA n° 10. % INCREMENTO DE PRODUCTIVIDAD POR APLICACIÓN DE BALANCEO DE LINEA. ....	32

## RESUMEN

AMEF y Balanceo de línea son herramientas de ingeniería que permite al profesional optimizar los procesos de manufactura, mediante la identificación de causas de efecto de falla y el equilibrado de las etapas del proceso de fabricación respectivamente.

La presente revisión sistemática tiene como objetivo describir y analizar diversos estudios de investigación practica de aplicación de Balanceo de línea y AMEF en la optimización de procesos e incremento de la productividad, el cual servirá como base de estudio para la implementación de ambas metodologías a los procesos de manufactura de Laboratorios Biomont.

La recopilación de estudios se realizó en diversos buscadores como: Google académico, Researchgate, Doaj, Scielo, Latindex, Redalyc, Emerald, Science Direct, etc, teniendo en cuenta criterios de inclusión como: año de publicación (2014-2019), uso de herramientas AMEF, Balanceo de línea, entre otros; no obstante, una limitación fue el acceso a estudios completos por lo que tales trabajos fueron excluidos. Teniendo en cuenta los criterios de inclusión y exclusión se seleccionaron 37 estudios de 100 revisados.

Finalmente, se concluye que las herramientas AMEF y Balanceo de línea, permitió optimizar e incrementar la productividad de los procesos de manufactura de las industrias en las que se implementó.

**PALABRAS CLAVES:** “AMEF (FMEA)”, “Balaceo de línea”, “Balancing line”, “Optimización”, “Proceso”, Productividad”.

## CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

Actualmente las empresas peruanas se encuentran en un ambiente de alta competitividad, no siendo una excepción la industria veterinaria, el cual en el mercado peruano encontramos productos de manufactura tanto nacional como extranjera. En la actualidad, según la subdirección insumos pecuarios del Servicio Nacional de Sanidad Agraria (SENASA), se tiene el registro de 93 fabricantes nacionales y 53 empresas importadoras que cuentan con registro sanitario de productos veterinarios.

En este contexto, en el cual las empresas se encuentran en un ambiente muy dinámico, resulta necesario analizar aspectos importantes en su estructura y paradigmas, teniendo como reto tomar acciones, no solo para asegurar el éxito, sino que les permita sobrevivir a un ambiente cambiante.

Laboratorios Biomont S.A es una empresa de capital peruano con 59 años de presencia en el mercado, y teniendo en consideración el alto dinamismo que se encuentra el sector manufacturero, busca adoptar herramientas de ingeniería que le permita aumentar su competitividad. Una de las diversas formas es mediante el incremento de su productividad, a través de la optimización de sus procesos de fabricación, agregando de este modo un valor agregado a los productos fabricados.

La Productividad en todo sistema de operación de bienes, obedece a la relación que guardan los resultados obtenidos para con los recursos empleados en el logro de los mismos, este factor es de vital importancia ya que de ser favorable se estará en condiciones de permanecer en el mercado cada vez más competitivo. Esta premisa ha llevado a las empresas establecer diversos mecanismos de control con la convicción de elevar su desempeño a través de la mejora de sus indicadores de



operación. (Álvarez, C., García, J. & Ramírez E. 2012 p.124).

Todo proceso de producción es un sistema de acciones dinámicamente interrelacionadas orientado a la transformación de ciertos elementos “entradas”, denominados factores, en ciertos elementos “salidas”, denominados productos, con el objetivo primario de incrementar su valor, concepto éste referido a la “capacidad para satisfacer necesidades. (Nicolás, E. 2016).

Se procedió a realizar un análisis causa – efecto para identificar las principales causas de improductividad de los productos que se fabrican en el área de soluciones tópicas:

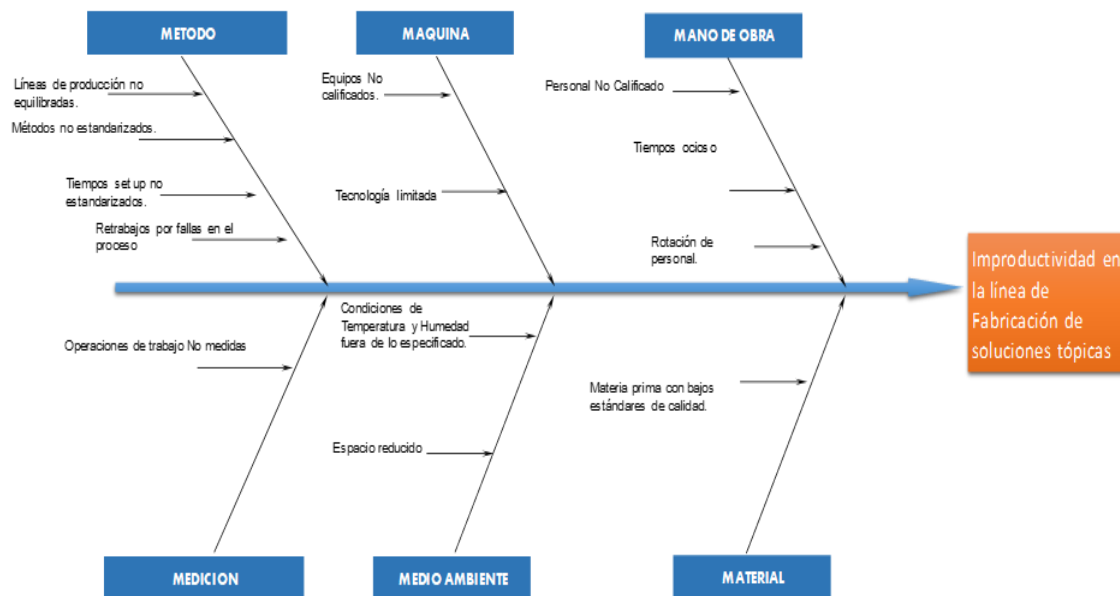


Figura 1. Diagrama de Ishikawa

El análisis causa – efecto nos permitió identificar que la principal causa de improductividad en la línea de fabricación de soluciones tópicas es debido a que son procesos obsoletos, no optimizados en casi 20 años.

En la presente revisión sistemática buscamos evaluar el impacto que tienen las

metodologías de ingeniería: Balanceo de línea y Análisis modal de fallas y efectos (AMEF) en la optimización de procesos de manufactura del sector industrial y su influencia en el incremento de la productividad de la línea de fabricación.

El objetivo del balanceo de la línea es dar a cada operador una cantidad de trabajo lo más parecida posible. Esto puede lograrse sólo con el desglose de las tareas en los movimientos básicos que se requieren para hacer cada pieza de trabajo y reensamblar las tareas en labores con casi el mismo valor en cuanto a tiempo. (Meyers, 2006, p. 110)

Por otro lado, AMEF es una herramienta de confiabilidad de ingeniería que ayuda a definir, identificar, priorizar y eliminar fallas conocidas y/o potenciales del proceso de fabricación. El objetivo es eliminar los modos de falla o reducir sus riesgos. Proporciona un documento vivo que refleja las últimas acciones del proceso, cuantificando y priorizando los riesgos asociados con los modos de falla. (Stamatis, 2015, p. 19-20)

En base a las definiciones, podemos indicar que la aplicación de las metodologías Balanceo de línea - AMEF es clave para mejorar la confiabilidad de procesos de fabricación, ya que nos permitirá identificar y desglosar cada etapa del proceso y evaluar las fallas potenciales, junto con el efecto que provocan éstas; y a partir de ello, establecer acciones para intentar eliminar o reducir la posibilidad de que ocurran durante el proceso de fabricación.

Entonces teniendo en cuenta el contexto y los conceptos antes mencionados se plantea el siguiente problema de investigación: ¿Como se aplica la metodología Balanceo

de línea y AMEF en la optimización de procesos de fabricación para incrementar la productividad en industria manufacturera?

La presente revisión sistemática tiene como objetivo describir y analizar diversos estudios de investigación practica de aplicación de la metodología Balanceo de línea y análisis de modo y efecto de las fallas (AMEF) en la optimización del proceso de fabricación para el incremento de la productividad.

El desarrollo del presente trabajo de investigación servirá como una base teórica que sustente la aplicación de las herramientas Balanceo de línea y Análisis de modo y Efecto de Fallas (AMEF), para incrementar la productividad en la industria manufactura, mediante la optimización de los procesos de manufactura.

## CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

### Tipo de estudio

En la actualidad y producto de la globalización, encontramos múltiples publicaciones científicas con relación a un tema, por lo que resulta indispensable encontrar metodologías que garanticen la correcta selección, síntesis y análisis de la información identificando su importancia para el tema de investigación.

El tipo de estudio para presente trabajo de investigación, es la revisión sistemática, el cual es un proceso desarrollado para la recopilación de datos e información, a fin de extraer de forma eficiente los resultados y conclusiones de investigaciones que tienen relación con el tema de estudio, teniendo en cuenta los criterios de selección previamente establecidos.

Las revisiones sistemáticas tienen en consideración los criterios de selección predeterminados y se desarrollan de acuerdo con un enfoque metodológico preestablecido.

La metodología es un componente esencial del proceso de revisión sistemática; garantiza que una revisión sistemática se planifica cuidadosamente y que lo que se planifica se documenta explícitamente antes de que comience la revisión, promoviendo así una conducta consistente por parte del investigador, la responsabilidad, la integridad de la investigación y la transparencia de la revisión finalizada. (Moher et al., 2015) (PRISMA-P Group., 2015 p.2)

La interrogante de investigación determinada para la realización de la revisión sistemática fue la siguiente: ¿Como se aplica las metodologías Balanceo de línea y AMEF en la optimización de procesos para incremento de la productividad?

### **Criterios de Inclusión**

La recopilación de estudios de investigación se realizó en el mes de abril del 2019 teniendo en cuenta los siguientes criterios de inclusión:

1. Estudios publicados a partir del año 2014.
2. Estudios con enfoque cuantitativo.
3. Estudios de diseño experimental o cuasiexperimental.
4. Estudios con alcance descriptivo, correlacional-causal.
5. Estudios cuyos documentos sean digitales.
6. Estudios publicados en idioma español, portugués e inglés.
7. Estudios publicados en su totalidad.
8. Estudios que contengan las variables independientes de investigación: AMEF y Balanceo de línea.
9. Estudios que contengan la variable dependiente de investigación: optimización y/o productividad.
10. Estudios realizados en empresas manufactureras.
11. Estudios en los que se haya obtenido resultados y conclusiones empíricos.

### **Recursos de Información**

La presente revisión sistemática se realizó en diversas bases de datos que facilitan la extracción de estudios de investigación.

La base de datos consultada son las siguientes:

Tabla 1  
*Relación de buscadores de artículos académicos*

Ítem	Buscador	Enlace
1	Scielo.	<a href="https://www.scielo.org/">https://www.scielo.org/</a>
2	Latindex.	<a href="https://www.latindex.org/latindex/inicio">https://www.latindex.org/latindex/inicio</a>
3	Redalyc.	<a href="https://www.redalyc.org/home.oa">https://www.redalyc.org/home.oa</a>
4	Doaj.	<a href="https://doaj.org/">https://doaj.org/</a>
5	Google académico.	<a href="https://scholar.google.com/">https://scholar.google.com/</a>
6	Emerald.	<a href="https://www.emeraldinsight.com/">https://www.emeraldinsight.com/</a>
7	Researchgate.	<a href="https://www.researchgate.net/">https://www.researchgate.net/</a>
8	Science Direct.	<a href="http://www.sciencedirect.com">www.sciencedirect.com</a>
9	Springer Link.	<a href="http://www.springerlink.com">www.springerlink.com</a>
10	Cybertesis.	<a href="http://cybertesis.unmsm.edu.pe/">http://cybertesis.unmsm.edu.pe/</a>

### Estrategia de Búsqueda

Se realizó una revisión exhaustiva de fuentes bibliográficas que combinen métodos exactos y heurísticos en donde se investigue la aplicación de las metodologías Balanceo de línea y AMEF en la optimización de procesos para incrementar la productividad en industria veterinaria.

Primero se seleccionó las palabras clave para la búsqueda bibliográfica teniendo en cuenta el idioma de búsqueda:

- Idioma español: "Balanceo de línea", "AMEF", "optimización", "proceso", "productividad".
- Idioma inglés: "Line Balancing", "FMEA", "optimización", "process", "productivity".
- Idioma portugués: "Balanceamento de linha", "AMEF", "otimização", "processo", "produtividade".

Teniendo en consideración el tema de investigación, la pregunta planeada: ¿Como se aplica las metodologías Balanceo de línea y AMEF en la optimización de procesos para incremento de la productividad? y las palabras claves se procedió a realzar la búsqueda científica en las bases de datos descritos en recursos de información.

Los estudios de investigación fueron extraídos teniendo en consideración los criterios de inclusión y exclusión. La mayor fuente de información se obtuvo de revistas internacionales; sin embargo, también se consideró tesis como material bibliográfico.

### **Criterios de Exclusión**

Los siguientes criterios de exclusión de los estudios de investigación fueron los siguientes:

1. Estudios publicados antes del año 2004.
2. Estudios publicados en idioma distintos al inglés, español o portugués.
3. Estudios publicados en donde no muestran la totalidad del artículo.
4. Estudios de enfoque cualitativo.
5. Estudios de diseño No experimental.
6. Estudios referentes a encuestas.
7. Estudios duplicados.
8. Estudios que no muestren resultados y conclusiones empíricos.

### **Estudios de investigación seleccionados de la variable Balanceo de línea**

Akhter, S., Bakar, A., y Shorif, N. en el 2016 desarrollaron el trabajo “Mejora de la productividad mediante el desarrollo de una línea equilibrada eficiente” en donde evaluaron la línea de producción actual de la bicicleta Royal Plus y a través del Balanceo de línea se identificó y analizó la existencia de tiempo de inactividad bajo en la línea de producción. Se encontró que el concepto de reducción del tiempo de inactividad logra aumentar la eficiencia

de la línea hasta un 3,6%, ya que era anterior al 85% y después de la mejora ahora es del 88,6%.

Quiroga, C. en el 2014 realizó el trabajo de investigación titulado “Solución de problemas de producción en una empresa manufacturera de calzado en león Guanajuato”, en el que aplicó la metodología balanceo de líneas, a fin de equilibrar las cargas de trabajo. Producto derivados de un estudio de tiempos y movimientos para incrementar la productividad de la empresa mediante la implementación de cambios en los métodos de trabajo; otro resultado fue la eliminación de movimientos innecesarios mediante un estudio de movimientos, incrementando la productividad al 56% en una estación de trabajo.

Fansuri, A., Rose, A., Rashid, M., Mohamed, N. y Ahmad, H. en el 2015 en su trabajo de investigación “Mejora de la productividad a través del balanceo de líneas en la compañía electrónica” lograron incrementar la eficiencia de producción de 81.7% al 86.2%. La productividad también se incrementó de 67 unidades por hora a 97 unidades por hora. En general, la técnica de equilibrio de líneas incremento la eficiencia y la productividad de las líneas productivas.

Wojciech, D. en 2018 desarrollo la investigación: “El uso del entorno de simulación para resolver el problema de equilibrado de la línea de montaje” en donde demostró que, debido al uso de herramientas de simulación de balanceo de línea, se logró estimar la eficiencia objetivo de la línea de producción. Otro aspecto importante del uso del simulador es que permitió la verificación de la división de la línea en celdas de trabajo antes de implementarlas. La posibilidad de analizar las soluciones propuestas en un entorno virtual permitió la verificación de su corrección sin interrumpir el funcionamiento de la línea, lo que conduciría a incurrir en pérdidas.



Jiage, H., Chan, F., Lee, C. y Strandhagen, J. en el 2018 presentó su estudio titulado “Equilibrio de la línea de ensamblaje basado en la optimización de la viga hormiga”, en donde utilizó un enfoque híbrido que ejecuta el algoritmo ACO-BS para implementar el balanceo de línea. El objetivo fue minimizar el número de estaciones de trabajo para un ciclo de tiempo determinado. Los resultados muestran que mediante el equilibrado de línea realiza mejoras significativas en la productividad.

Zixiang Li, Qiuhua Tang, and Liping Zhang en el 2016 desarrollaron el estudio de título “Minimización del tiempo de ciclo en líneas de montaje de dos lados con restricciones de asignación: mejoras y un algoritmo simple”, el cual nos proporciona un modelo de programación entero para resolver problemas de procesos de manufactura a través del balanceo de línea con restricciones de asignación de manera óptima y utiliza un algoritmo codicioso iterativo (IG) simple y efectivo para abordar problemas de manufactura de gran volumen. Este algoritmo utiliza una nueva búsqueda local al considerar las relaciones de precedencia entre las tareas para reducir el tiempo de cálculo y optimizar los procesos de ensamble. En particular, se desarrolla un esquema de decodificación basado en la prioridad para manejar estas restricciones de asignación y reducir los tiempos de inactividad dependientes de la secuencia mediante el ajuste de los valores de prioridad. La ampliación del algoritmo IG demostró alta eficiencia para resolver problemas de balanceo de línea.

Rabbani, M., Siadatian, R., Farrokhi-Asl, H. y Manavizadeh, N. en el 2016 desarrollaron el estudio titulado “Algoritmos de optimización de objetivos múltiples para problemas de equilibrio de líneas de ensamblaje de modelos mixtos con estaciones de trabajo paralelas”, el cual trata sobre el problema de equilibrio de la línea de ensamblaje de varios productos, cuya similitud de fabricación es muy alta, y se fabrican en la misma línea de montaje. Como resultado, es posible ensamblar varios tipos de productos simultáneamente

sin ningún tiempo de configuración adicional. La investigación demostró la reducción del número de estaciones de trabajo y maximizar la suavidad de la carga de trabajo entre las estaciones de trabajo mediante el correcto balanceo de línea, optimizando así los procesos de manufactura.

Morshed, N. y Saifujjaman, K. en el 2014 en un estudio titulado “Balanceo de la línea de ensamblaje para mejorar la productividad mediante el método de trabajo compartido en la industria de la confección” propuso un modelo de diseño de balanceo de línea basado en la lógica del sistema modular (un trabajador trabaja más de dos procesos, está capacitado en todos los procesos y esta combinación de trabajadores calificados termina su trabajo en producción de flujo de piezas) y el sistema tradicional (un trabajador trabaja en un proceso y todos los trabajadores que pueden ser expertos o no pueden terminar su trabajo en la producción de flujo de paquetes) juntos, donde solo un sistema de producción modular puede ser aplicable con una serie de trabajadores calificados para lograr una mayor productividad.

VPandit, S., Kadam, S., Kharat, A., y Nayakawade, C. en el 2014 en su trabajo desarrollado “Mejora de la productividad por aplicación del equilibrado de línea” aplicaron el equilibrado de líneas para superar los cuellos de botella y optimizar los procesos de manufactura, obteniendo resultados satisfactorios. El rendimiento real frente al nivel objetivo se midió y observó que la productividad mejoró con una reducción considerable en el trabajo en curso, así como en los inventarios de materias primas.

Parvez, M., Amin, F. y Akter, F. en el 2017 en su trabajo: “Técnicas de equilibrio de líneas para mejorar la productividad mediante el método de trabajo compartido” centraron su investigación en mejorar la eficiencia general de la línea de ensamblaje de un solo modelo al reducir el cuello de botella, el tiempo del ciclo y la distribución de la carga de trabajo en

cada estación de trabajo, utilizando técnicas de balanceo de líneas, principalmente el método de trabajo compartido, logrando la optimización del proceso.

Reddy, K., Bhupal, M. y Chiranjeevi, G. en el 2018 en su estudio “Mejora de la productividad mediante el uso de estrategias de automatización y equilibrio de líneas para mejorar la eficacia general del equipo” lograron implementar el balanceo de línea en una línea de ensamblaje logrando incrementar la efectividad general del equipo a un 14%, logrando mejorar la productividad general de la línea.

Caruajulca, B. en el 2017 en la tesis titulada “Balance de línea para mejorar la productividad en el área de confección de la empresa Industries Fashion e.i.r.l – lima” lograron mejorar la eficiencia en el área de confección, después de la aplicación de balanceo de línea, en un 34 %, inicialmente esta cantidad que era de 33%, para luego del desarrollo de la propuesta se incrementó a un 67% desempeño de la línea , esta diferencia en porcentajes es la mejora que se menciona, debido a la implementación de secuencia de operaciones en diversos procesos y una nueva distribución de planta, lo cual reduce los tiempos que tomaba la elaboración del proceso aumentando su eficiencia y productividad.

Mohammad, M., Musa, A. y Hossain, F. en el 2019 desarrollaron el trabajo “Mejora de la productividad a través del equilibrio de líneas: un estudio de caso en una industria de indumentaria”, en el que aplicaron métodos de trabajo compartido, logrando como resultado una mejora en la eficiencia de línea de trabajo logrando incrementar la productividad mediante la optimización del proceso.

Chueprasert, M. y Ongkunaruk, P. en el 2015 desarrollaron el trabajo “Balanceo de línea para el incremento de la productividad: un estudio de caso de un fabricante de leche pasteurizada” identificaron que la eficiencia de la producción actual era inferior al 70%, lo que implicaba que había tiempos de espera, que se consideran un desperdicio y dan como

resultado altos costos de producción. Posteriormente identificaron la operación cuello de botella en el proceso de embalaje, que dependía de la capacidad de la máquina. Luego implementaron combinaciones de trabajo-estudio y Balanceo de líneas mejorar la eficiencia. Para el trabajo se implementó tres modelos de mejora. El primer método fue reducir los recursos innecesarios; el segundo fue aumentar la eficiencia; y el tercero implementó los conceptos de ECRS. En comparación con la eficiencia de la línea actual del 65.51%, la eficiencia de la línea de los tres métodos se incrementó a 68.97%, 88.33% y 71.56%, respectivamente.

Hafezalkotob, A., Ketabian, H. y Rahimi, H. en el 2014 en su investigación “Equilibrio de la línea de producción mediante las técnicas de simulación y estadística”, concluyeron que es posible eliminar el cuello de botella existente con la implementación de balanceo de línea mediante cambios en las ubicaciones de las estaciones de producción o reduciendo los residuos en algunas estaciones, logrando de esta forma la optimización del proceso.

Muhammad, A., Tabish, S., y Malikah, I. en el 2018 realizaron un trabajo de investigación titulada “Equilibrado de la línea de montaje en una industria de fabricación”, en el que utilizaron un algoritmo de Balanceo de línea, logrando mejorar la eficiencia de la línea de ensamblaje de 48.96% a 97.3 %. El tiempo del ciclo disminuyó de 120 minutos a 100 minutos para satisfacer la demanda requerida. Como resultado se obtuvo un incremento en la productividad.

Batool, J. en el 2015 desarrollo la investigación titulada “La eficacia del equilibrio de líneas en la eficiencia del flujo de producción: un estudio experimental”, exploraron los beneficios que se obtienen al utilizar la técnica de equilibrio de la línea de ensamblaje y destacó las reacciones de los beneficios ya que la producción se puede duplicar con las

mismas instalaciones y recursos. La eficiencia de la línea de ensamblaje aumentó de aproximadamente en un 50% luego de la aplicación de la metodología Balanceo de líneas.

Reginato, G., Anzanello, M., Kahmann, A. y Schmidt, L. en el 2016 desarrollaron el trabajo “Método de balanceo de líneas de ensamblaje mixto en escenarios con diferentes mezclas de productos” en donde lograron incrementar la eficiencia de la línea en el cuello de botella en un 32%, mientras que la eficiencia general se incrementó en un 11% debido a la mejor distribución de tareas entre las estaciones de trabajo producto del balanceo de líneas.

Gómez, A., Quintana, N., y Ávila, J. realizaron en el 2015 un estudio titulado “Simulación de eventos discretos y líneas de balance, aplicadas al mejoramiento del proceso constructivo de la cimentación de un edificio” concluyeron que la integración de las herramientas de balanceo de línea es de gran utilidad en la planeación y toma de decisiones en un proyecto civil.

Nguyen, T., Le, M., Thanh, V., y Ngoc, D. en el 2016 realizaron el estudio “Balanceo de línea para una línea de montaje de electrónica”, en donde se incrementó la efectividad laboral general, productividad y eliminación de desechos.

Simea, H., Janab, P. y Panghalb, D. en el 2019 realizaron el estudio “Factibilidad de utilizar la técnica de simulación para el balanceo de líneas en la industria de prendas de vestir”, en donde los resultados de cinco escenarios demostraron que el uso de la técnica de Balanceo de línea en el diseño y evaluación de diferentes sistemas de producción alternativos logran incrementar la productividad. Esto ayudará a las industrias de prendas de vestir a optimizar la utilización de sus recursos a través del balanceo de líneas efectivo, logrando un incremento de la productividad.

### **Estudios de investigación seleccionados de la variable AMEF**

Barosz P., Dudek-Burlikowska M., Roszak M. en el 2018 desarrollaron el trabajo titulado “Aplicación de la herramienta FMEA en el método de fabricación seleccionado de una empresa” en donde le permitió a la empresa eliminar rápidamente los errores o descuidos que ocurren en procesos productivos individuales, y optimizar el flujo continuo de la producción.

Rojas A., Villarrea A., Morera A. en el 2014, implementaron el análisis de riesgo mediante la herramienta AMEF en la industria bajo un enfoque práctico y conceptual, en donde obtuvieron resultados en lo que muestran claramente la importancia de la incorporación de un buen sistema de control sistemático para la gestión de riesgos en las plantas de proceso secundario dentro del sector avícola. La compatibilidad y la practicidad de la metodología AMEF permite que tanto su gestión como elaboración puedan ser llevadas a cabo por los profesionales responsables.

Doshi J., y Desai D. en el 2017 realizaron un trabajo titulado “Aplicación del AMEF para el incremento constante de la calidad: múltiples estudios de caso en pymes automotrices”, cuya investigación demostró notablemente que se puede lograr una mejora continua de la calidad mediante la implementación efectiva de AMEF en pymes automotrices. Los puntos de mejora identificados y sus efectos fueron diferentes para las compañías de casos individuales, pero todas mostraron una mejora continua de la calidad y mayor productividad.

Tsai S.B., Zhou J., Gao Y., Wang J., Li G., Zheng Y., Ren P., Xu W. en el 2017 publicaron su estudio titulado “Combinación de modelos FMEA con DEMATEL para resolver problemas de procesos de producción”, en el que el método propuesto combinó efectivamente las ventajas de AMEF y DEMATEL para facilitar la identificación de

problemas centrales y la priorización de soluciones en la industria de células fotovoltaicas de China.

Aranti N., Oktaufanus S. en el 2015 en su trabajo “Análisis de riesgo de la producción de alimento para aves utilizando FMEA difusa” demostraron la robustez del AMEF en su aplicación para identificar, clasificar y analizar el riesgo potencial. Esta investigación tuvo objetivo utilizar la metodología AMEF para analizar el riesgo en el proceso de producción de aves de corral, a fin de maximizar su eficiencia.

Galvez M. en el 2018 en la tesis titulado “Mejora de la productividad en la unidad de desarrollo de producto en una empresa de confecciones mediante herramientas Lean Manufacturing”, demostraron que mediante la aplicación de AMEF identificaron las principales causas de la baja productividad en la Unidad de Desarrollo, a fin de controlarlas e incrementar la productividad.

Elbadawi I., Arafat M., Ahmad W., Ali I., Ali N., Ahmad A. en el 2018 en su estudio “Aplicación del Análisis de Efecto y Criticidad en Modo de Falla (FMECA) a una Banda Transportadora de Fabricación Integrada por Computadora (CIM)” concluyeron que la implementación del AMEF es altamente efectivo para mejorar la confiabilidad y seguridad de la banda transportadora CIM en el taller de ingeniería mecánica.

Fernandez W. en el 2017 publico la tesis “Aplicación de la herramienta AMEF para mejorar la productividad de la línea HC-1 de yogurt en una empresa láctea”, en donde concluyo que la aplicación de la herramienta AMEF incrementa significativamente la Productividad de la línea productiva H-C1 en un 7.6%.

Aguilar L., y Rodriguez H., en el 2014 sustento su tesis en el análisis de modos y efectos de falla (AMEF) para incrementar la disponibilidad de operación en la línea de fabricación de gaseosas, lograron incrementar la eficiencia mecánica y disminuir las fallas

atribuibles a la maquinaria de la línea No 3 favoreciendo la productividad, por un adecuado manejo de la programación de mantenimiento, rendimientos de materias primas y rendimientos de energía.

Galeano E., y Perez H., en el 2017 en su trabajo “Análisis modal de efecto de falla (AMEF) en el proceso de extrusión”, aplicaron la herramienta AMEF a las No conformidades críticas del proceso de extrusión-soplado, logrando identificar y cuantificar la operación con mayor nivel de riesgo (NPR), a fin de disminuir o mitigar el riesgo de No conformidades durante el proceso de manufactura.

Faisal K., Falah U., Hareesh K., Munavir A., Nijab K, Nikesh P., Jibi R. en el 2015 en su trabajo de investigación “Aplicación del método FMEA en una organización de manufactura enfocada en la calidad” demostraron que luego de la implementación de la metodología, se pudo identificar y comprender los riesgos de fallas y las causas que lo originan a fin lograr una reducción del riesgo a niveles de control e incrementar la productividad de la operación.

Ravasaheb R., Shrivastava R., y Rupesh B. en el 2015 en su trabajo “Análisis modal de falla y efectos para el proceso de fabricación de Bush”, aplicaron el enfoque AMEF para mejorar la capacidad productiva, gracias al enfoque de prevención, en el punto en el que se proponen soluciones técnicas combinadas y precauciones operativas para prevenir o disminuir la probabilidad de afectar el rendimiento de la máquina, consiguiendo un incremento de la productividad.

García S. 2016 en su tesis “Implementación del Análisis Modal de Fallos y Efectos (AMFE) en la recepción de la chatarra a producción para incrementar la productividad en el área de acería de Corporación Aceros Arequipa”, aplico la metodología del Análisis Modal



de Fallos y Efecto en la recepción de la chatarra, logrando incrementar la productividad en el área de acería de la empresa Corporación Aceros Arequipa S.A.

Nguyen T., Shu M., y Hsu B. en el 2016 en su trabajo de investigación “FMEA ampliada para la fabricación sostenible: un estudio empírico en la industria de tejidos”, obtuvieron resultados analíticos, los cuales indicaban que el enfoque propuesto supera al tradicional y reduce notablemente el porcentaje de telas defectuosas de 2.41% a 1.13%, lo que reduce significativamente los desechos y aumenta la eficiencia de la operación.

Silva de Souza R. en el 2017 en el trabajo de investigación “Aplicación de la herramienta AMEF de procedimientos en una industria de bebidas” le permitió implementar controles en el proceso y obtener resultados positivos en relación con el descarte de producto, reduciendo el 6% con relación al 2016, lo que permitió un aumento de la productividad en un 15%.

Pazireh E., Sadeghi A., y Shokohyar S. en el 2017 en su trabajo “Análisis de la mejora de la eficiencia de producción utilizando FMEA a través de una técnica de optimización basada en simulación: un estudio de caso en la fabricación de prendas de vestir”, realizó la simulación basada en la optimización de la técnica AMEF en una línea de producción para examinar la improvisación de la eficiencia, muestran un significativo descenso en los defectos de los productos, logrando aumentar la productividad del proceso.

### CAPÍTULO III. RESULTADOS

#### Proceso de selección de Investigaciones

Los resultados generales de la búsqueda de trabajos empíricos en relación con el objetivo de la revisión sistemática: Aplicación de las metodologías Balanceo de línea y AMEF en la optimización de procesos para incremento en la productividad siguieron una estrategia de búsqueda para la obtención de resultados tal como se muestra en el siguiente esquema:

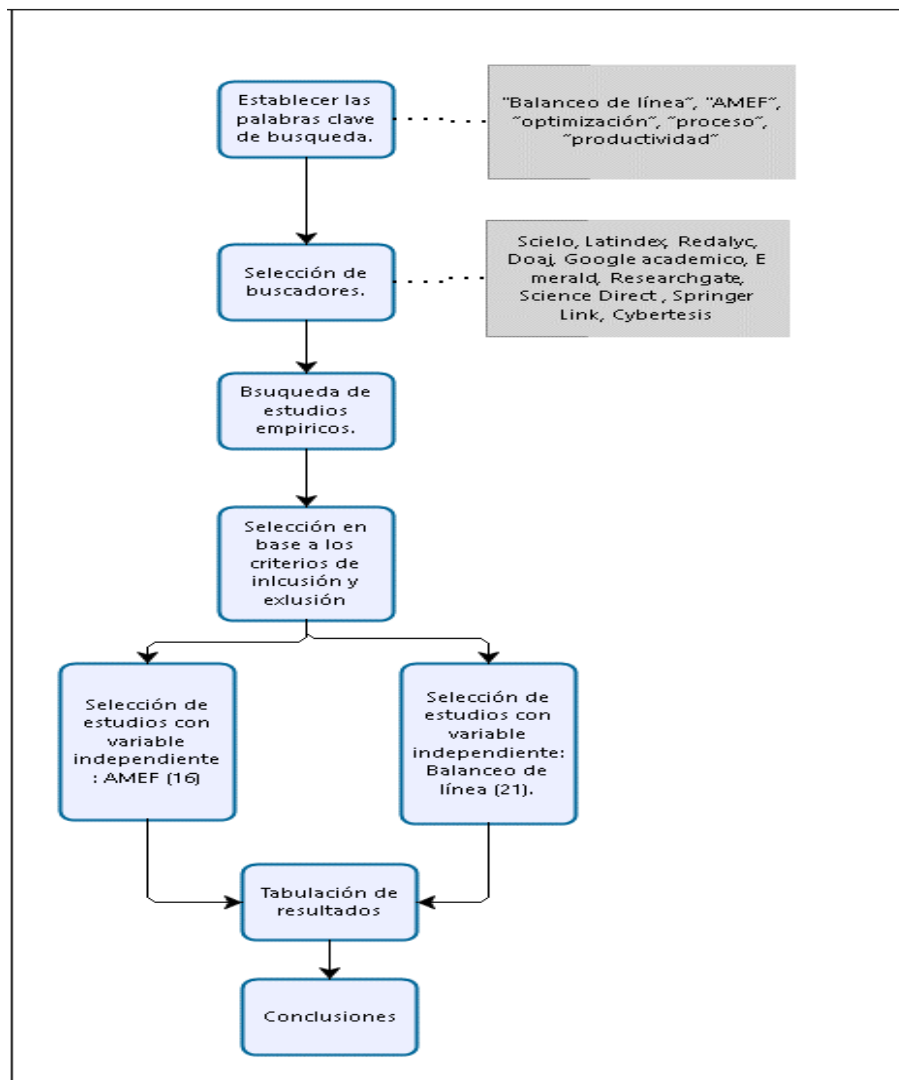


Figura 2. Estrategia de recopilación y selección de estudios empíricos

Producto de la estrategia en la recopilación y selección de estudios, se obtuvieron los resultados que se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 2

*Resultados generales de búsqueda de trabajos empíricos realizados con variables AMEF y Balanceo de línea*

Ítem	Buscador	Artículos encontrados: AMEF	Artículos encontrados: Balanceo de línea	Total de artículos Investigados	Artículos Seleccionados: AMEF	Artículos Seleccionados: Balanceo de línea	Total de artículos Seleccionados
1	Scielo	2	2	4	0	2	2
2	Latindex	0	0	0	0	0	0
3	Redalyc	10	3	13	0	0	0
4	Doaj	10	7	17	3	5	8
5	Google académico	26	10	36	9	5	14
6	Emerald	1	1	2	0	0	0
7	Researchgate	7	10	17	2	7	9
8	Science Direct	3	3	6	1	2	3
9	Springer Link	1	3	4	0	0	0
10	cybertesis	1	0	1	1	0	1
<b>Total</b>		<b>61</b>	<b>39</b>	<b>100</b>	<b>16</b>	<b>21</b>	<b>37</b>

## Distribución de los estudios de aplicación empírica en función de los seleccionados vs

### los descartados

A partir de estos resultados podemos resaltar que, de un total de 100 artículos investigados, se seleccionaron 37 y se descartaron 62 artículos. Los artículos descartados no cumplían con los criterios de inclusión, principalmente los criterios de año de publicación y el sector de aplicación (No manufacturero).

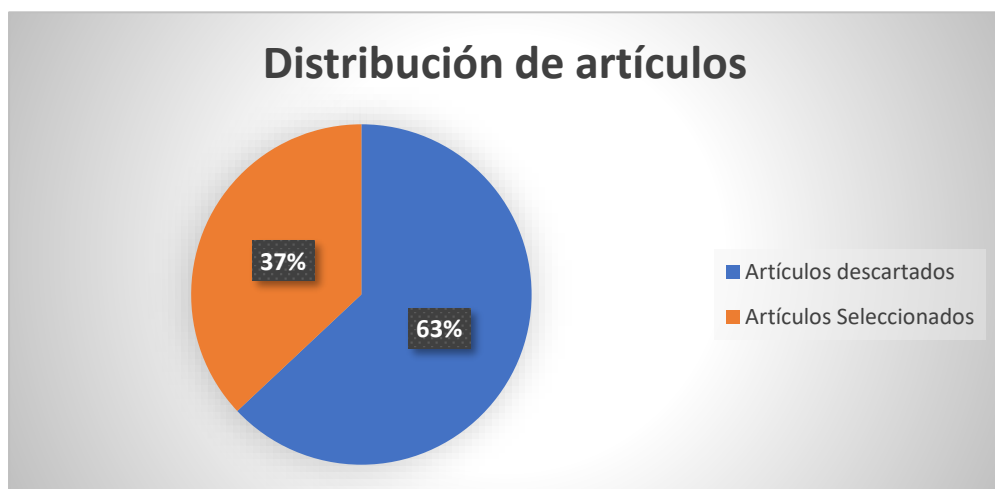


Figura 3. Distribución de estudios de aplicación empírica

### Distribución de las investigaciones en función a las variables independientes

Del total de artículos seleccionados, 16 (43%) corresponden a variable independiente AMEF y 21 (57%) a la variable independiente Balanceo de línea. Como se puede evidenciar existen mayor número de trabajos de aplicación de la Herramienta de Balanceo de línea con respecto al AMEF.

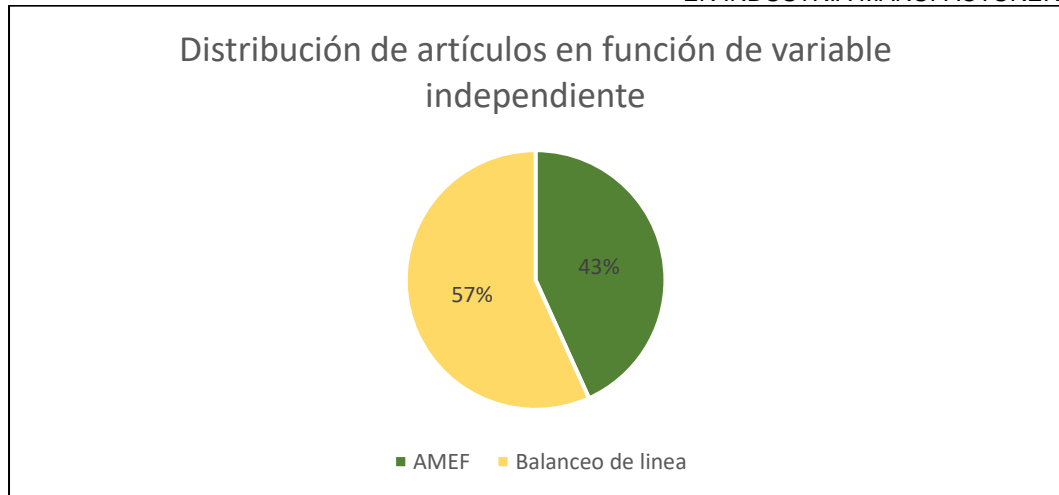


Figura 4. Distribución de investigaciones en función de la variable independiente.

### Distribución de las Investigaciones en función a los buscadores

En relación a los buscadores, indicamos que el mayor número de artículos seleccionados corresponden a los buscadores Google académico: 14 artículos (38%), seguidos de Researchgate con 9 artículos (24%) y Doaj con 8 artículos ( 22%).

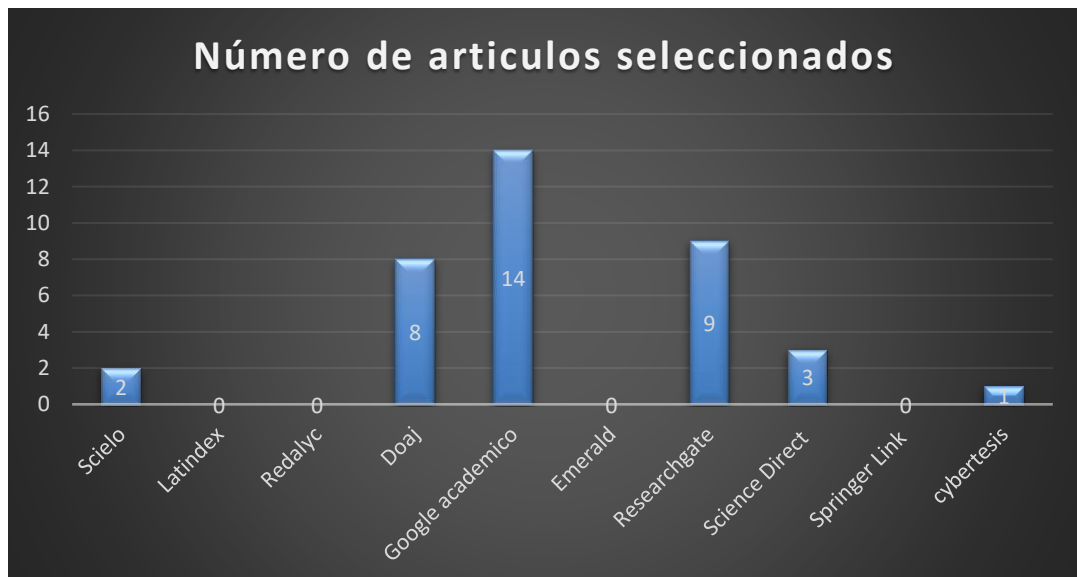


Figura 5. Número de investigaciones seleccionados en función al buscador.

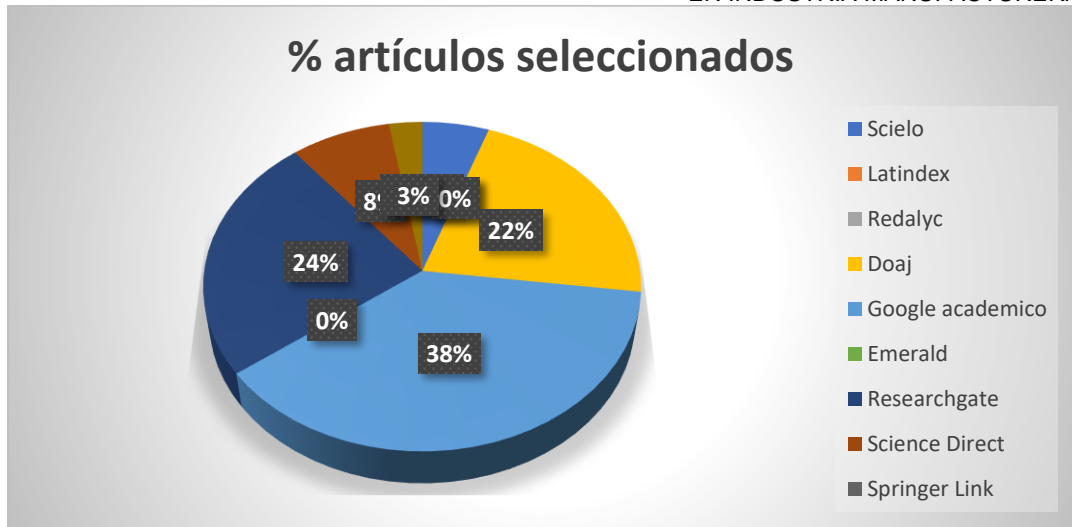


Figura 6. Porcentaje de artículos seleccionados en función al buscador.

### Distribución de las investigaciones en función del año de publicación

En relación con las investigaciones seleccionadas en función del año de publicación tenemos que el mayor porcentaje corresponde al año 2017(22%), seguido de los años 2015, 2016 y 2018 con 19%.



Figura 7. Distribución de investigaciones seleccionados por año.

### Distribución de las investigaciones en función al origen de la fuente

En relación con el origen de la fuente, la mayor cantidad de los estudios son de origen internacional con 89% y los de origen Nacional solo el 11%.

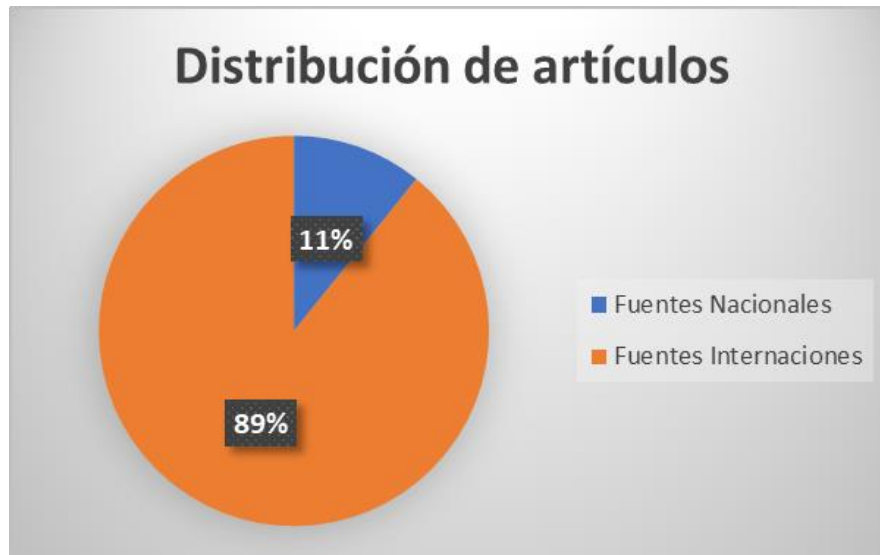


Figura 8. Distribución de investigaciones en función a su origen.

### % Incremento de productividad por aplicación de metodología AMEF

Los estudios seleccionados, demostraron que mediante la aplicación de la metodología AMEF se logró incrementar la productividad en un promedio de 7.6%, 21% y 28%.

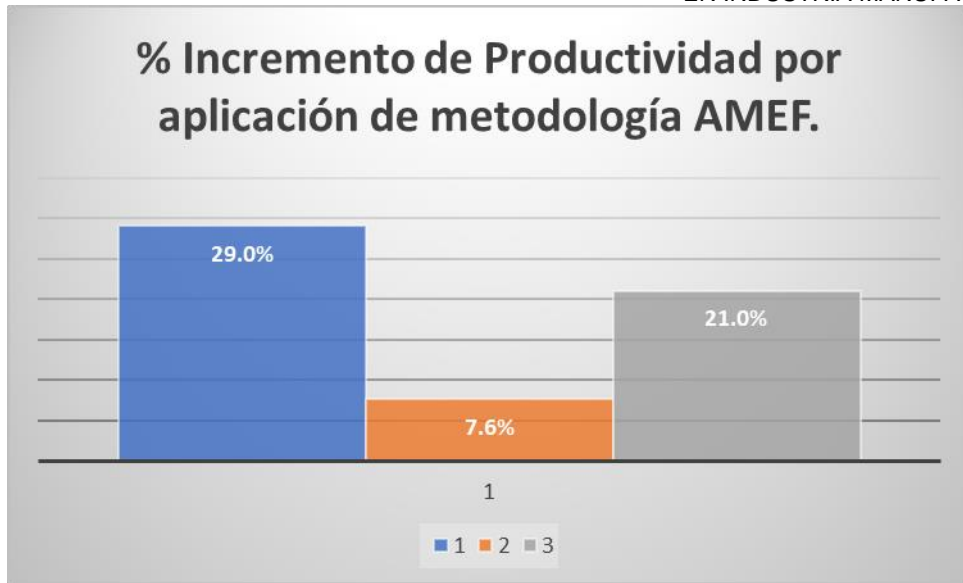


Figura 9. % incremento de productividad por aplicación de AMEF.

**% Incremento de productividad por aplicación de metodología Balanceo de línea.**

Los estudios seleccionados que aplicaron la metodología Balanceo de línea , evidenciaron un incremento de su productividad en un promedio de 14%, 22.8%, 32%, 50% y 81%.

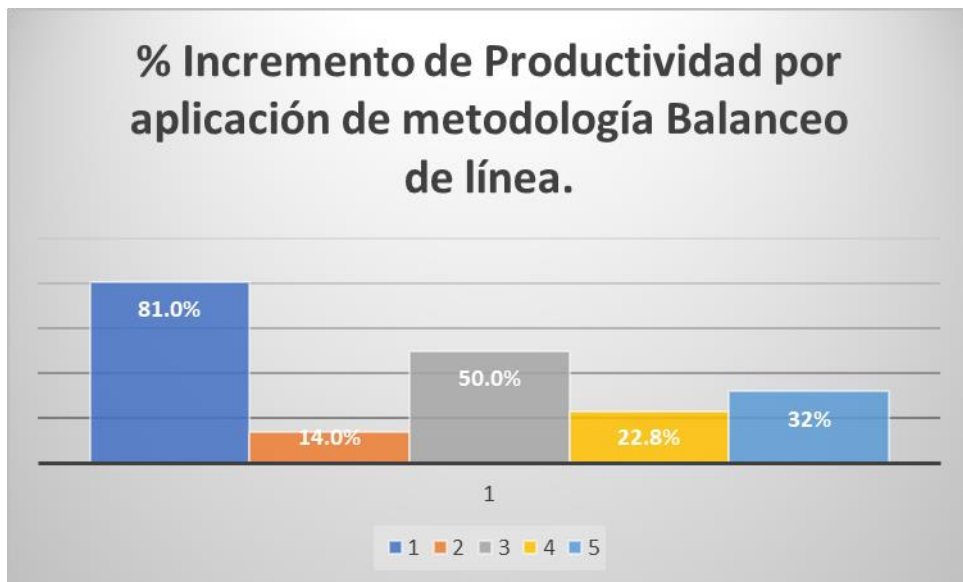


Figura 10. % incremento de productividad por aplicación de Balanceo de Línea.



### **Análisis de los resultados obtenidos en las investigaciones seleccionadas**

Los estudios empíricos investigados en la presente revisión sistemática contribuyen en el campo de la aplicación de las metodologías AMEF y Balanceo de línea en la industria manufacturera. El proceso de revisión de la literatura ha señalado la importancia de la implementación de ambas herramientas de ingeniería, ya que da a conocer la contribución de los autores de cómo pueden utilizar las herramientas en la optimización de procesos para incrementar la productividad sector manufacturo.

El 100 % de artículos seleccionados corresponden a estudios empíricos, el cual demuestra, que las herramientas AMEF y Balanceo de línea ofrecen una solución viable en muchas industrias para incrementar su productividad a través de la optimización de sus procesos.

En los estudios seleccionados en relación con la variable independiente AMEF, los autores reconocen el impacto de esta herramienta en el incremento de la productividad. Así lo demuestra Fernandez, que logra incrementar su productividad en 7.6 % luego de implementar la metodología AMEF en su línea productiva; similar resultado obtuvo Aguilar cuando logro incrementar en 6.6% la eficiencia de su proceso. De igual forma Silva de Sousa obtuvo un incremento de productividad en un 21% cuando aplico AMEF a una industria de bebidas. Ravasaheh demostró que la metodología AMEF logra mejorar la capacidad productiva, en gran medida a su filosofía de prevención de causas de fallas, similar resultado obtuvo Garcia cuando implemento AMEF en el proceso de recepción de chatarra logrando aumentar la productividad en un 29%.

Al igual que la metodología AMEF, la variable independiente: Balanceo de línea logró incrementar significativamente la eficiencia en los procesos, tal como lo demostró Caruajulca en su trabajo de investigación, en donde logro incrementar la productividad en

81%. De igual forma Reddy, Bhupal, y Chiranjeevi cuando implementaron la herramienta Balanceo de línea para mejorar la productividad, lograron incrementarla en un 14%. Battool demostró la efectividad de la herramienta Balanceo de línea cuando logró incrementar en un 50% la productividad. De igual modo Chueprasert y Ongkunaruk lograron incrementar la productividad en un 22.8 % en una fábrica de leche mediante la aplicación de Balanceo de línea. Reginato, Anzanello, Kahmann y Schmidt lograron implementar el balanceo de línea en una línea de montaje de mixta consiguiendo aumentar la productividad de la estación de trabajo en un 32%.

Teniendo en cuenta que tanto la metodología AMEF como el Balanceo de línea tienen un impacto positivo en la eficiencia de los procesos manufacturas, es viable combinar ambas metodologías a fin de que actúen sinérgicamente en la optimización de procesos favoreciendo el incremento de la productividad en industria manufacturera veterinaria.

## CAPÍTULO IV. CONCLUSIONES

La presente revisión sistemática recopila investigaciones prácticas de aplicación de AMEF y Balanceo de línea como variables independientes en la optimización de procesos de manufactura y consecuente incremento de productividad, obteniéndose las siguientes conclusiones:

- Los estudios empíricos de aplicación de metodologías AMEF y Balanceo de línea, demuestra que ambas herramientas pueden resolver problemas de optimización de procesos consiguiendo un incremento de la productividad.
- El éxito de la ampliación de AMEF y Balanceo de línea, depende en gran medida del grado de conocimiento que se tiene del proceso productivo y el método de aplicación de estas herramientas.
- La implementación exitosa de AMEF y Balanceo de línea, produce una reducción de costos en el proceso productivo, logrando el máximo aprovechamiento de los recursos.
- El posible la implementación combinada de ambas metodologías en los procesos de manufactura en industria veterinaria, con el objetivo de optimizar tales procesos e incrementar su productividad.

## REFERENCIAS

- Aguilar, L. y Rodríguez H. (2014). *Análisis de modos y efectos de falla para mejorar la disponibilidad operacional en la línea de producción de gaseosas No. 3*. (Tesis Pregrado). Universidad de Colombia. Facultad de Ingeniería, Colombia.
- Recuperado de  
<https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/7838/Doc%20Final%20Proyecto%20A-rmando%20y%20Leonardo%20sustentacion.pdf?sequence=1>
- Álvarez Bernal, C., García Muela, J. & Ramírez Cárdenas, E. (2012). *Gestión y Aplicación del conocimiento en la mejora del desempeño de sistemas de operación*. Obregón, México. ITSON.
- Akhter, S., Bakar, A., y Shorif, N. (2016). Improvement in Productivity by Developing an Efficient Balanced Line. *Asian Business Research Conference 30 - 31 December, 2016, BIAM Foundation, Dhaka, Bangladesh*, p. 1-12. Recuperado de <http://www.worldbizins.org/img/1500531108.pdf>
- Aranti, N. y Oktaufanus, S. (2015). Risk Analysis of Poultry Feed Production Using Fuzzy FMEA. *Procedia Manufacturing*, 4, p.270-28. Recuperado de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2351978915011579..>
- Akhter, S., Bakar, A., y Shorif, N. (2016). Improvement in Productivity by Developing an Efficient Balanced Line. *Asian Business Research Conference 30 - 31 December, 2016, BIAM Foundation, Dhaka, Bangladesh*, p. 1-12. Recuperado de <http://www.worldbizins.org/img/1500531108.pdf>
- Barosz, P., Dudek-Burlikowska, M. y Roszak, M. (2018). The application of the FMEA method in the selected production process of a company. *Production Engineering*

*Archives*, 18, 35-41. Recuperado de [https://www.qpij.pl/production-engineering-archives/files/2018\\_18\\_PEA\\_06.pdf](https://www.qpij.pl/production-engineering-archives/files/2018_18_PEA_06.pdf)

Batool, J. (2015). The Effectiveness of Line Balancing on Production Flow Efficiency: An Experimental Study. *Eng. &Tech.Journal*, Vol. 33, Part (A), No.6, 2015, p. 1357-1366. Recuperado de [https://www.researchgate.net/publication/329683113\\_The\\_Effectiveness\\_of\\_Line\\_Balancing\\_on\\_Production\\_Flow\\_Efficiency\\_An\\_Experimental\\_Study](https://www.researchgate.net/publication/329683113_The_Effectiveness_of_Line_Balancing_on_Production_Flow_Efficiency_An_Experimental_Study)

Caruajulca, B. (2017). *Balance de línea para mejorar la productividad en el área de confección de la empresa Industries Fashion E.I.R.L – Lima, 2017*. (Tesis Pregrado). UCV. Escuela de Ingeniería, Perú. Recuperado de [http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV/12397/Caruajulca\\_BB.pdf?sequence=1&isAllowed=y..](http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV/12397/Caruajulca_BB.pdf?sequence=1&isAllowed=y..)

Chueprasert, M. Y Ongkunaruk, P. (2015). Productivity improvement based line balancing: a case study of pasteurized milk manufacturer. *International Food Research Journal* 22(6), p. 2313-2317. Recuperado de [https://www.researchgate.net/publication/283862733\\_Productivity\\_improvement\\_based\\_line\\_balancing\\_A\\_case\\_study\\_of\\_pasteurized\\_milk\\_manufacturer](https://www.researchgate.net/publication/283862733_Productivity_improvement_based_line_balancing_A_case_study_of_pasteurized_milk_manufacturer)

Doshi, J. y Desai, D. (2017). Application of failure mode & effect analysis (FMEA) for continuous quality improvement - multiple case studies in automobile SMEs. *International Journal for Quality Research*. 11(2), 345–360. Recuperado de [file:///C:/Users/wpena/Downloads/Application\\_of\\_failure\\_mode\\_effect\\_analysis\\_FMEA\\_f%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/wpena/Downloads/Application_of_failure_mode_effect_analysis_FMEA_f%20(2).pdf)

- Elbadawi, I., Arafat, M., Ahmad, W., Ali, I., Ali, N. y Ahmad A. (2018). Application of Failure Mode Effect and Criticality Analysis (FMECA) to a Computer Integrated Manufacturing (CIM) Conveyor Belt. *Engineering, Technology & Applied Science Research*, 8 (3), p. 3023 -3027, Recuperado de <https://www.etasr.com/index.php/ETASR/article/view/2043/pdf>
- Faisal, K., Falah, U., Hareesh, K., Munavir, A., Nijab, K, Nikesh, P.,...,Jibi. R. (2015). Application of Fmea Method in a Manufacturing Organization focused on Quality. *IJEIT* 4(7), p. 64-70. Recuperado de [http://www.ijeit.com/Vol%204/Issue%207/IJEIT1412201501\\_10.pdf](http://www.ijeit.com/Vol%204/Issue%207/IJEIT1412201501_10.pdf)
- Fansuri, A., Rose, A., Rashid, M., Mohamed, N. y Ahmad, H. (2015). Productivity Improvement Through Line Balancing at Electronic Company – Case Study. *Materials Science and Engineering* 409, p. 1-6. Recuperado de [https://www.researchgate.net/publication/328771162\\_Productivity\\_Improvement\\_Through\\_Line\\_Balancing\\_at\\_Electronic\\_Company\\_-\\_Case\\_Study](https://www.researchgate.net/publication/328771162_Productivity_Improvement_Through_Line_Balancing_at_Electronic_Company_-_Case_Study)
- Fernandez W. (2017). *Aplicación de la herramienta AMEF para mejorar la productividad de la línea HC-1 de yogurt en una empresa láctea, 2017*. (Tesis Pregrado). UCV. Escuela de Ingeniería, Perú. Recuperado de <http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV/10367/Fern%C3%A1ndez-SW.pdf?sequence=1&isAllowed=y..>
- Galeano, E. y Perez, H. (2017). *Análisis de modo y efecto de falla en el proceso de extrusión – soplado en placa S.A.* (Tesis Pregrado). Universidad Francisco José de Caldas. Facultad tecnológica, Colombia. Recuperado de <http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/6110/1/GaleanoHern%C3%A1ndezEdward2017.pdf..>

Galvez, M. (2018). *Mejora de la productividad en la unidad de desarrollo de producto en*

*una empresa de confecciones mediante herramientas Lean Manufacturing.*

UNMSM. Facultad de Ingeniería Industrial, Perú. Recuperado de

[http://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/cybertesis/8971/Galvez\\_mm.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/cybertesis/8971/Galvez_mm.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Gómez, A., Quintana, N., y Ávila, J. (2015). Simulación de eventos discretos y líneas de

balance, aplicadas al mejoramiento del proceso constructivo de la cimentación de un

edificio. *Ingeniería y Ciencia*, vol. 11, no. 21, p. 157–175. Recuperado de

<http://www.scielo.org.co/pdf/ince/v11n21/v11n21a09.pdf>

Gracia, S. (2016). *Implementación del Análisis Modal de Fallos y Efectos (AMFE) en la*

*recepción de la chatarra a producción para incrementar la productividad en el*

*área de acería de Corporación Aceros Arequipa, Lima, 2016.* (Tesis Pregrado).

Universidad Cesar Vallejo. Escuela de Ingeniería Industrial, Perú. Recuperado de

[http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV/9889/Garc%C3%ADa\\_PSE.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV/9889/Garc%C3%ADa_PSE.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Hafezalkotob, A., Ketabian, H. y Rahimi, H. (2014). Balancing the Production Line by the

Simulation and Statistics Techniques, *Research Journal of Applied Sciences,*

*Engineering and Technology* 7(4), p. 754-763. Recuperado de

[https://www.researchgate.net/publication/263848502\\_Balancing\\_the\\_Production\\_Line\\_by\\_the\\_Simulation\\_and\\_Statistics\\_Techniques\\_A\\_Case\\_Study](https://www.researchgate.net/publication/263848502_Balancing_the_Production_Line_by_the_Simulation_and_Statistics_Techniques_A_Case_Study)

Jiage, H., Chan, F., Lee, C. y Strandhagen, J. (2018). Assembly Line Balancing Based on

Beam Ant Colony Optimisation. *Mathematical Problems in Engineering Volume*

2018, Article ID 2481435, p. 1-17. Recuperado de

<https://doi.org/10.1155/2018/2481435..>

Meyers, F. y Stephens, M. (2016). *Diseño de instalaciones de manufactura y manejo de materiales*. Monterrey, Mexico: Pearson Educación.

Mohammad, M., Musa, A. y Hossain, F. (2019). Productivity Improvement through Line Balancing-A Case Study in an Apparel Industry. *Global Scientific Journals, Volume 7, Issue 2, February 2019*, p. 893-902. Recuperado de [https://www.researchgate.net/publication/331638479\\_Productivity\\_Improvement\\_through\\_Line\\_Balancing-A\\_Case\\_Study\\_in\\_an\\_Apparel\\_Industry](https://www.researchgate.net/publication/331638479_Productivity_Improvement_through_Line_Balancing-A_Case_Study_in_an_Apparel_Industry)

Moher et al. (2015) PRISMA-P Group (2015). Preferred reporting items for systematic review and meta-analysis protocols (PRISMA-P) 2015 statement. *Systematic Reviews*, 4, 1-9 doi:10.1186/2046-4053-4-1..

Morshed, N. y Saifujjaman, K. (2014). Assembly Line Balancing to Improve Productivity using Work Sharing Method in Apparel Industry. *Global Journal of Researches in Engineering: G Industrial Engineering Volume 14 Issue 3 Version 1.0*, p. 39-47. Recuperado de [https://globaljournals.org/GJRE\\_Volume14/4-Assembly-Line-Balancing.pdf](https://globaljournals.org/GJRE_Volume14/4-Assembly-Line-Balancing.pdf)

Muhammad, A., Tabish, S., y Malikah, I. (2018). Assembly line balancing in a manufacturing industry using largest candidate rule algorithm. *Conference Paper* · November 2017, p. 14-28. Recuperado de [https://www.researchgate.net/publication/321194686\\_A\\_CASE\\_STUDY\\_OF\\_LINE\\_BALANCING\\_USING\\_LARGEST\\_CANDIDATE\\_RULE\\_ALGORITHM\\_IN\\_A\\_MANUFACTURING\\_INDUSTRY](https://www.researchgate.net/publication/321194686_A_CASE_STUDY_OF_LINE_BALANCING_USING_LARGEST_CANDIDATE_RULE_ALGORITHM_IN_A_MANUFACTURING_INDUSTRY)



Nguyen, T., Shu, M. y Hsu, B. (2016). Extended AMEF for Sustainable Manufacturing:

An Empirical Study in the Fabrics Industry. *Sustainability*, 8(9), p. 939.

Recuperado de <https://www.mdpi.com/2071-1050/8/9/939>.

Nguyen, T., Le, M., Thanh, V., y Ngoc, D. (2016). Lean Line Balancing for an Electronics

Assembly Line. *Procedia CIRP* 40 (2016), p. 437 – 442. Recuperado de

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S22128271160010498>

Nicolas Cartier, E. (2016). *¿Cómo enseñar a determinar costos? Un problema no resuelto.*

VIII Congreso del Instituto Nacional de Costos (IIC) y I Congreso de la Asociación

Uruguay de Costos (AURCO). Buenos Aires, Argentina.

Parvez, M., Amin, F. y Akter, F. (2017). Line Balancing Techniques To Improve

Productivity Using Work Sharing Method. *Journal of Research & Method in*

*Education, Volume 7, Issue 3 Ver. IV (May - June 2017)*, PP 07-14. Recuperado de

[https://www.researchgate.net/publication/317494150\\_Line\\_Balancing\\_Techniques](https://www.researchgate.net/publication/317494150_Line_Balancing_Techniques)

[To Improve Productivity Using Work Sharing Method](https://www.researchgate.net/publication/317494150_Line_Balancing_Techniques)

Pazireh, E., Sadeghi, A., y Shokohyar, S. (2017). Analyzing the enhancement of

production efficiency using FMEA through simulation-based optimization

technique: A case study in apparel manufacturing. *Cogent Engineering*, 4, p. 1-12.

Recuperado de

<https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/23311916.2017.1284373?needAcces>

[s=true](https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/23311916.2017.1284373?needAccess=true)

Quiroga, C. y Aguirre, J. (2014). Solución de problemas de producción en una empresa de

manufactura de suelas en León. Guanajuato, México. *Revista CEA*, 1(1), 121-130.

Recuperado

de

[https://www.researchgate.net/publication/303959411\\_Solucion\\_de\\_problemas\\_de\\_produccion\\_en\\_una\\_empresa\\_manufacturera\\_de\\_calzado\\_en\\_Leon\\_Guanajuato\\_Mexico](https://www.researchgate.net/publication/303959411_Solucion_de_problemas_de_produccion_en_una_empresa_manufacturera_de_calzado_en_Leon_Guanajuato_Mexico)

- Rabbani, M., Siadatian, R., Farrokhi-Asl, H. y Manavizadeh, N. (2016). Multi-objective optimization algorithms for mixed model assembly line balancing problem with parallel workstations. *Cogent Engineering* (2016), 3, p. 3-19. Recuperado de <https://www.cogentoa.com/article/10.1080/23311916.2016.1158903.pdf1>
- Ravasaheb, R., Shrivastava, R. y Rupesh B. (2015). Failure Mode Effect Analysis-Case Study for Bush Manufacturing process. *IJSEAS*, 1(4), p. 283-294. Recuperado de <http://ijseas.com/volume1/v1i4/ijseas20150441.pdf>
- Reddy, K., Bhupal, M. y Chiranjeevi, G. (2018). Productivity Improvement By Using Line Balancing And Automation Strategies in order To Improve overall Equipment Effectiveness. *International Journal of Engineering Science Invention*, Volume 7, Issue 1, PP. 21-27. Recuperado de [http://www.ijesi.org/papers/Vol\(7\)i1/Version-5/C0701052127.pdf](http://www.ijesi.org/papers/Vol(7)i1/Version-5/C0701052127.pdf)
- Reginato, G., Anzanello, M., Kahmann, A. y Schmidt, L. (2016). Balanceamento de linha de montagem mista em cenários com distintos mix de produtos. *Gest. Prod., São Carlos*, v. 23, n. 2, p. 294-307. Recuperado de [http://www.scielo.br/pdf/gp/v23n2/en\\_0104-530X-gp-0104-530X1874-14.pdf](http://www.scielo.br/pdf/gp/v23n2/en_0104-530X-gp-0104-530X1874-14.pdf)
- Rojas, A., Villarrea, A. y Morera A. (2014). Implementación del análisis de riesgo en la industria alimentaria mediante la herramienta AMEF: enfoque práctico y conceptual. *Revista Med Vet*, 27, 132-147. Recuperado de <http://www.scielo.org.co/pdf/rmv/n27/n27a12.pdf1>

- Silva de Souza, R. (2017). Aplicação da ferramenta FMEA de processos em uma indústria de bebidas . (Tesis Pregrado). Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas. Universidade do Vale do Taquari – Univates. Lajeado, Brasil. Recuperado de <https://www.univates.br/bdu/bitstream/10737/1942/1/2017RicardoSilvadeSouza.pdf>
- f
- Stamatis, D. H. (2015). The ASQ Pocket Guide to Failure Mode and Effect Analysis (FMEA). Milwaukee, USA. ASQ.
- Simea, H., Janab, P. y Panghalb, D. (2019). Feasibility of Using Simulation Technique for Line Balancing In Apparel Industry. *Procedia Manufacturing* 30 (2019) p. 300–307. Recuperado de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S23519789193007331>
- Tsai, S.B., Zhou, J., Gao, Y., Wang, J., Li, G., Zheng Y., ..., Xu W. (2017). Combining FMEA with DEMATEL models to solve production process problems. *PLOS ONE* 12(8). Recuperado de <https://journals.plos.org/plosone/article/file?id=10.1371/journal.pone.0183634&type=printable>
- VPandit, S., Kadam, S., Kharat, A., y Nayakawade, C. (2014). Productivity Improvement By Application Of Line Balancing. *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*, Vol. 3, Issue 4, p. 11495-11502. Recuperado de [http://www.ijirset.com/upload/2014/april/85\\_PRODUCTIVITY.pdf](http://www.ijirset.com/upload/2014/april/85_PRODUCTIVITY.pdf)
- Wojciech, D. (2018). The use of simulation environment for solving the assembly line balancing problem. *Applied Computer Science*, vol. 14, no. 1, pp. 42–52. Recuperado

de <http://yadda.icm.edu.pl/yadda/element/bwmetal.element.baztech-d34d91c1-fc35-429a-b2eb-215fe01e2bb7>

Zixiang Li, Qiuhua Tang, and Liping Zhang. (2016). *Mathematical Problems in Engineering*  
*Volume 2016, Article ID 4536426, p. 1-15.* Recuperado de  
<http://dx.doi.org/10.1155/2016/4536426>

## ANEXOS

Estudios seleccionados de aplicación de la variable independiente: AMEF

Autor	Año	Título	Buscador	Institución
Barosz P., Dudek-Burlikowska M., Roszak M.	2018	La aplicación del método FMEA en el proceso de producción seleccionado de una empresa.	DOAJ	Production Engineering
Rojas A., Villarrea A., Morera A.	2014	Implementación del análisis de riesgo en la industria alimentaria mediante la metodología AMEF: enfoque práctico y conceptual	DOAJ	Revista Med Vet
Doshi J., Desai D.	2017	Aplicación del análisis de efecto y modo de falla (FMEA) para la mejora continua de la calidad: múltiples estudios de caso en pymes automotrices	Researchgate	International Journal for Quality Research
Tsai S.B., Zhou J., Gao Y., Wang J., Li G., Zheng Y., Ren P., Xu W.	2017	Combinación de modelos FMEA con DEMATEL para resolver problemas de procesos de producción	Researchgate	Plos one
Aranti N., Oktaufanus S.	2015	Análisis de riesgo de la producción de alimento para aves utilizando FMEA difusa	ScienceDirect	Procedia Manufacturing
Galvez M.	2018	Mejora de la productividad en la unidad de desarrollo de producto en una empresa de confecciones mediante herramientas Lean Manufacturing	Cibertesis	Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Elbadawi I., Arafat M., Ahmad W., Ali I., Ali N., Ahmad A.	2018	Aplicación del Análisis de Efecto y Criticidad en Modo de Falla (FMECA) a una Banda Transportadora de Fabricación Integrada por Computadora (CIM)	Google Académico	Engineering, Technology & Applied Science Research
Fernandez W.	2017	Aplicación de la herramienta AMEF para mejorar la productividad de la línea HC-1 de yogurt en una empresa láctea, 2017	Google Académico	Universidad Cesar Vallejo

Autor	Año	Título	Buscador	Institución
Aguilar L., Rodriguez H.	2014	Análisis de modos y efectos de falla para mejorar la disponibilidad operacional en la línea de producción de gaseosas No. 3	Google Académico	Universidad Libre de Colombia
Galeano E., PerezH.	2017	Análisis de modo y efecto de falla en el proceso de extrusión – soplado en placa s.a.	Google Académico	Universidad Distrital Francisco José de Caldas
Faisal K., Falah U., Hareesh K., Munavir A., Nijab K, Nikesh P., Jibi R.	2015	Aplicación del método FMEA en una organización de manufactura enfocada en la calidad.	Google Académico	International Journal of Engineering and Innovative Technology (IJEIT)
Ravasaheb R., Shrivastava R., Rupesh B.	2015	Análisis de efecto de modo de falla: estudio de caso para el proceso de fabricación de Bush	Google Académico	International Journal of Scientific Engineering and Applied Science (IJEAS)
García S.	2016	Implementación del Análisis Modal de Fallos y Efectos (AMFE) en la recepción de la chatarra a producción para incrementar la productividad en el área de acería de Corporación Aceros Arequipa, Lima, 2016.	Google Académico	Universidad Cesar Vallejo
Nguyen T., Shu M., Hsu B.	2016	FMEA ampliada para la fabricación sostenible: un estudio empírico en la industria de tejidos.	Google Académico	Sustainability
Silva de Souza R.	2017	Aplicación de la herramienta AMEF de procedimientos en una industria de bebidas.	Google Académico	Universidad del Valle del Taquari - Univates
Pazireh E., Sadeghi A., Shokohyar S.	2017	Análisis de la mejora de la eficiencia de producción utilizando FMEA a través de una técnica de optimización basada en simulación: un estudio de caso en la fabricación de prendas de vestir.	DOAJ	Cogent Engineering

Estudios seleccionados de aplicación de la variable independiente: Balanceo de línea

Autor	Año	Título	Buscador	Institución
Wojciech, D.	2018	El uso del entorno de simulación para resolver el problema de equilibrado de la línea de montaje.	DOAJ	Applied Computer Science
Jiage, H., Chan, F., Lee, C. y Strandhagen, J.	2018	Equilibrio de la línea de ensamblaje basado en la optimización de la viga hormiga.	DOAJ	Mathematical Problems in Engineering
Zixiang Li, Qihua Tang, and Liping Zhang	2016	Minimización del tiempo de ciclo en líneas de montaje de dos lados con restricciones de asignación: mejoras y un algoritmo simple.	DOAJ	Mathematical Problems in Engineering
Rabbani, M., Siadatian, R., Farrokhi-Asl, H. y Manavizadeh, N.	2016	Algoritmos de optimización de objetivos múltiples para problemas de equilibrio de líneas de ensamblaje de modelos mixtos con estaciones de trabajo paralelas.	DOAJ	Cogent Engineering
Christian Arturo Quiroga Juárez	2014	Solución de problemas de producción en una empresa manufacturera de calzado en León Guanajuato, México	DOAJ	Revista CEA
Morshed, N. y Saifujjaman, K.	2014	Balanceo de la línea de ensamblaje para mejorar la productividad mediante el método de trabajo compartido en la industria de la confección.	Google Académico	Global Journal of Researches in Engineering
VPandit, S., Kadam, S., Kharat, A., y Nayakawade, C.	2014	Mejora de la productividad por aplicación del equilibrado de línea.	Google Académico	International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology
Akhter, S., Bakar, A., y Shorif, N.	2016	Mejora de la productividad mediante el desarrollo de una línea equilibrada eficiente.	Google Académico	Asian Business Research Conference
Parvez, M., Amin, F. y Akter, F.	2017	Técnicas de equilibrio de líneas para mejorar la productividad mediante el método de trabajo compartido.	Researchgate	Journal of Research & Method in Education
Reddy, K., Bhupal, M. y Chiranjeevi, G.	2018	Mejora de la productividad mediante el uso de estrategias de automatización y equilibrio de líneas para mejorar la eficacia general del equipo.	Google Académico	International Journal of Engineering Science Invention
Caruajulca, B.	2017	Balance de línea para mejorar la productividad en el área de confección de la empresa Industrias Fashion e.i.r.l – Lima, 2017.	Google Académico	Universidad Cesar Vallejo. Escuela de Ingeniería Industrial

Autor	Año	Título	Buscador	Institución
Mohammad, M., Musa, A. y Hossain, F.	2019	Mejora de la productividad a través del equilibrio de líneas: un estudio de caso en una industria de indumentaria.	Researchgate	Global Scientific Journals
Chueprasert, M. Y Ongkunaruk, P.	2015	Balance de línea basado en la mejora de la productividad: un estudio de caso de un fabricante de leche pasteurizada.	Researchgate	Chueprasert, M. Y Ongkunaruk, P.
Hafezalkotob, A., Ketabian, H. y Rahimi, H.	2014	Equilibrio de la línea de producción mediante las técnicas de simulación y estadística: un estudio de caso.	Researchgate	Applied Sciences, Engineering and Technology
Muhammad, A., Tabish, S., y Malikhah, I.	2018	Equilibrado de la línea de montaje en una industria de fabricación que utiliza el algoritmo más grande de candidatos.	Researchgate	Conference Paper
Fansuri, A., Rose, A., Rashid, M., Mohamed, N. y Ahmad, H.	2015	Mejora de la productividad a través del balanceo de líneas en la compañía electrónica: estudio de caso.	Researchgate	Materials Science and Engineering 409
Batool, J.	2015	La eficacia del equilibrio de líneas en la eficiencia del flujo de producción: un estudio experimental.	Researchgate	Eng. &Tech.Journal
Reginato, G., Anzanello, M., Kahmann, A. y Schmidt, L.	2016	Método de balanceo de líneas de ensamblaje mixto en escenarios con diferentes mezclas de productos.	Scielo	Gest. Prod
Gómez, A., Quintana, N., y Ávila, J.	2015	Simulación de eventos discretos y líneas de balance, aplicadas al mejoramiento del proceso constructivo de la cimentación de un edificio.	Scielo	Ingeniería y Ciencia
Nguyen, T., Le, M., Thanh, V., y Ngoc, D.	2016	Balanceo de línea magra para una línea de montaje de electrónica.	Science Direct	Science Direct
Simea, H., Janab, P. y Panghalb, D.	2019	Factibilidad de utilizar la técnica de simulación para el balanceo de líneas en la industria de prendas de vestir.	Science Direct	Science Direct