



Herrera, G. & Castillo, Y.

Revisión de las aplicaciones de aprendizaje de máquinas

REVISIÓN DE LAS APLICACIONES DE APRENDIZAJE DE MÁQUINAS SUPERVISADAS EN LA INDUSTRIA MANUFACTURERA

*REVIEW OF APPLICATIONS OF SUPERVISED MACHINES LEARNING IN THE MANUFACTURING
INDUSTRY*

Herrera, Gerardo*. & Castillo, Yemala**.

*Investigador independiente

**Universidad Iberoamericana del Ecuador

Autor correspondal: gherrera2k1@gmail.com

Manuscrito recibido el 08 de Marzo de 2021.

Aceptado para publicación, tras proceso de revisión, el 21 de Abril de 2021.

Resumen

El Machine Learning es el diseño y estudio de las herramientas informáticas que utilizan la experiencia pasada para tomar decisiones futuras; también es el estudio de programas que pueden aprender de los datos. El objetivo principal fue realizar una revisión documental del estado del arte de los algoritmos de aprendizaje automático supervisado más relevantes, aplicados en la industria manufacturera, de manera sistematizada. En el documento se evidencia que cada algoritmo difiere en el área de aplicación y ningún algoritmo es más poderoso que el otro en diferentes escenarios. La metodología usada fue estudio de mapeos sistemáticos SMS. Se seleccionaron 30 documentos luego aplicar los criterios de inclusión y exclusión definidos. La revisión indicó que los algoritmos mayormente usados son el RF, el SVM y las Redes neuronales, y son usados mayormente para detección de fallas, control de procesos y de calidad.

Palabras clave: Machine learning, aprendizaje automático supervisado, SMS, revisión bibliográfica, industria manufacturera

Abstract

Machine Learning is the design and study of computer tools that use past experience to make future decisions; it is also the study of programs that can learn from data. The main objective was to perform a document review of the state of the art of the most relevant supervised machine learning algorithms, applied in the manufacturing industry, in a systematized way. The paper shows that each algorithm differs in the area of application and no algorithm is more powerful than the other in different scenarios. The methodology used was a systematic SMS mapping study. Thirty papers were selected after applying the defined inclusion and exclusion criteria. The review indicated that the most commonly used algorithms are RF, SVM and Neural Networks, and they are mostly used for fault detection, process and quality control.

Key words: Machine learning, supervised ML, SMS, literature review, manufacturing industry



Herrera, G. & Castillo, Y.

Revisión de las aplicaciones de aprendizaje de máquinas

1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad se hace necesario incorporar aprendizaje automático en los procesos de control en la industria manufacturera, de igual manera es importante seleccionar, cuál es el algoritmo de aprendizaje automático que se ajusta a la dinámica de un proceso. El aprendizaje automático según (Agnieszka, O. et al., 2011), es una forma de discriminación estadística, donde la máquina hace el trabajo pesado, es decir, la computadora aprende, y de esta manera los humanos no realizan el trabajo de extraer información útil de datos, aparentemente inescrutables. También, el aprendizaje automático es, según (Alsina, E. F. et al., 2018), una forma de inteligencia artificial que permite a un sistema aprender a partir de datos en lugar de a través de la programación. Sin embargo, el aprendizaje automático no es un proceso simple, es el diseño y estudio de las herramientas informáticas que utilizan la experiencia pasada para tomar decisiones futuras; es el estudio de programas que pueden aprender de los datos.

El objetivo fundamental del Machine Learning significa generalizar, o inducir una regla desconocida a partir de ejemplos donde esa regla es aplicada, el ejemplo más típico donde se puede observar es en el filtrado de los correos spam, dado que mediante la observación de miles de correos electrónicos que han sido marcados previamente como basura, los filtros de spam aprenden a clasificar los mensajes nuevos. El Machine Learning combina conceptos y técnicas de diferentes áreas del conocimiento, como las matemáticas, estadísticas y las ciencias de la computación; por tal motivo, hay muchas maneras de aprender la disciplina. En la industria manufacturera se puede usar machine learning supervisado, según (Akinsola, 2017), para aumentar la rentabilidad y predecir posibles fallos, por tal motivo, esta investigación propone realizar un estado del arte sobre las aplicaciones de los algoritmos de Machine Learning en la industria manufacturera, identificando los más usados.

2. MÉTODOS

La investigación es de tipo documental, en la cual se realizó una exploración de artículos publicados que abordaban las aplicaciones, proyectos y algoritmos de aprendizaje automático supervisado implementados en la industria manufacturera, en diferentes bases de datos científicas, tales como: Scopus, WoS, Embase, IEEE Xplore, PlosOne, Medline, ScienceDirect, Scielo, Redalyc y Google Scholar. Esta búsqueda se relacionó con las palabras clave mencionadas a continuación: "supervised" AND "machine" AND

Herrera, G. & Castillo, Y.

Revisión de las aplicaciones de aprendizaje de máquinas

"learning" AND "industry" AND y también "supervisado" AND "aprendizaje" AND "automático" AND "industria" AND "manufacturing", a través de los pasos planteados por (Arksey y O'Malley, 2005).

Para la selección de la bibliografía, se utilizó la metodología de mapeos sistemáticos (SMS), propuesta por (Peterson et al, 2008), quienes definieron los cinco pasos que se mencionan a continuación, igualmente se observan gráficamente en la Figura 1.

1. Definir preguntas de investigación.
2. Realizar la búsqueda literaria.
3. Seleccionar estudios.
4. Clasificar artículos.
5. Extraer y realizar la agregación de datos.

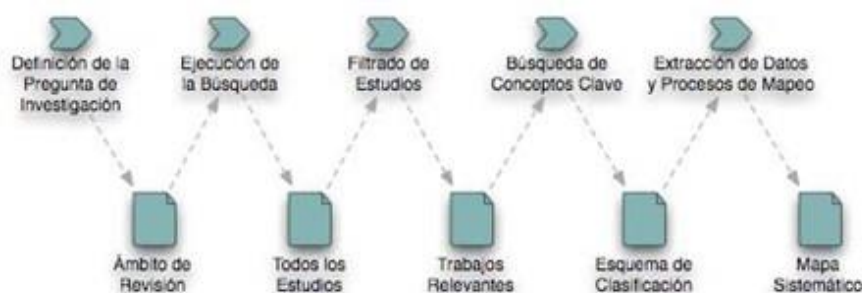


Figura 1. Pasos del mapeo sistemático SMS. Fuente: Peterson y otros (2008).

Se ejecutaron todos los pasos mencionados anteriormente para determinar los documentos de mayor relevancia sobre el tema de investigación, lo que garantiza que se ajusten a las necesidades del objeto de estudio, esto con el fin de cumplir con los objetivos planteados.

Igualmente, se identificó como objetivo general de la investigación, *exponer las aplicaciones de aprendizaje de máquinas supervisadas en la industria manufacturera a través de una revisión documental sistematizada*.



Herrera, G. & Castillo, Y.

Revisión de las aplicaciones de aprendizaje de máquinas

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Una vez alcanzados los objetivos planteados en la investigación, se obtuvieron los siguientes resultados:

Con respecto a la bibliografía revisada, inicialmente se planteó la pregunta de investigación que orientó la búsqueda de la información, siendo ¿Cuáles son las aplicaciones, proyectos y algoritmos de aprendizaje automático supervisado implementados en la industria manufacturera? La búsqueda de los documentos se realizó en dos momentos:

Primero, se realizó una *búsqueda piloto*, donde se introdujo el término “algoritmos de aprendizaje automático supervisado en industria manufacturera” en la base de datos y se observó el tipo de documentos que se recuperaban. Luego, se realizó una *búsqueda definitiva*, utilizando el comodín AND entre las palabras claves. Luego de recuperados los documentos, se utilizaron las siguientes preguntas de criterios de inclusión en la selección de los artículos apropiados:

1. ¿Está la publicación enfocada en aplicaciones de aprendizaje automático supervisado?
2. ¿Describe la publicación los proyectos de investigación o implementación realizados en un país latinoamericano?
3. ¿Se publicó el documento entre enero de 2014 y mayo de 2020?
4. ¿Es la publicación para tesis de magister o PhD?
5. ¿La publicación recuperada está escrita en inglés o español?

Si la respuesta fue “**Si**”, a todas las preguntas anteriores basándose en el título y el resumen del artículo seleccionado, ese documento se incluyó en una revisión de elegibilidad. Quedaron también los artículos que arrojaron dudas sobre cualquier elemento.

Por otro lado, se definieron criterios de exclusión, permitiendo eliminar artículos con absoluta certeza. Del mismo modo, si el proceso de revisión dio como resultado “**No**”, a cualquiera de las preguntas de exclusión, entonces se excluye el artículo. A continuación, se presentan las preguntas de exclusión:

Herrera, G. & Castillo, Y.

Revisión de las aplicaciones de aprendizaje de máquinas

1. ¿Se centra la publicación en el desarrollo aplicaciones de aprendizaje automático de *Deep learning* o semi-supervisado?
2. ¿La publicación describe proyectos de investigación o implementación que se desarrollaron fuera de los países latinoamericanos?
3. ¿Es la publicación una revisión, un proyecto de grado o un libro de texto?
4. Más de 5 años
5. No es pertinente.
6. Es un capítulo de Libro

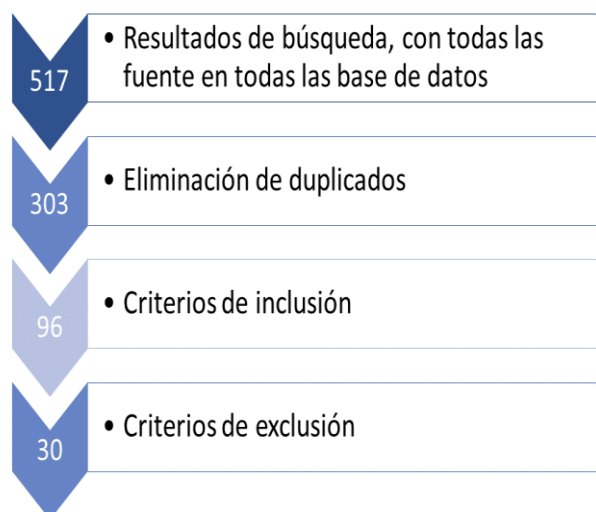


Figura 2. Número de documentos seleccionados por algunos pasos del mapeo sistemático

La Figura 2, muestra la cantidad de documentos seleccionados por algunos de los pasos del mapeo sistemático, de los 517 documentos iniciales, solo luego del filtrado quedan 30 documentos.

Seguidamente, se procedió a la selección de los documentos que cumplían con los criterios establecidos, listando los seleccionados en la Tabla 1.



Herrera, G. & Castillo, Y.

Revisión de las aplicaciones de aprendizaje de máquinas

Tabla 1. Documentos revisados

Nro	Proyecto (referencia)	Tipo tecnología	Aplicación	Nro de citas	Fuente
1	Diagnostico de fallas (Agnieszka, O., Druzde, M., y Wasyluk, H., 2011)	Algoritmo genético y random forest	Fabricación de engranajes	72	Wos
2	Diagnostico de fallas en máquinas eléctricas. (Alsina, E. F., Chica, M., Trawin'ski, K., y Regattieri, A., 2018)	Redes neuronales convolucionadas	Diagnóstico de fallas	57	Ieexplore
3	Monitoreo de proceso y control de calidad. (Angulo, J. S., y Robles, D. C., 2014)	Partial less squares (PLS), ann	Monitoreo de proceso, predicción de la calidad	69	Ieexplore
4	Optimización de la producción. (Belgiua, M., y Dragut, L., 2016)	Svm y análisis de cluster combinados	Control de la producción	62	Scopus
5	Detección de patrones. (Bijalwan, V., Kumar, V., Kumari, P., y Pascual, J., 2014)	Svm optimización	Análisis de objetos	59	Ieexplore
6	Mantenimiento predictivo. (Bouzembrak, Y., Camenzuli, L., Janssen, E., Y V. D. Fels-Klerx, H., 2018)	Ls svm	Mantenimiento de máquinas industriales	48	Scopus
7	Diagnóstico de fallas. (Breiman, L., 2001)	Redes neuronales convolucionales	Diagnóstico de fallas	46	Ieexplore
8	Monitoreo de Dresser. (Caruana, R., y Niculescu-Mizil, A., 2006)	Redes neuronales	Monitoreo de herramientas	35	Ieexplore
9	Machine learning supervised manufacturing. (Cerrada, M., Zurita, G., Cabrera, D., Sánchez, R. V., Arte's, M., y Li, C., 2016)	Redes neuronales artificiales evolutivas (EANN)	Fabricación semiconductores	32	Scopus
10	Predicción de porosidad. (Chapelle, O., Scholkopf, B., y Zien, A., 2009)	árbol de decisión (DT), Vecino más cercano a K (KNN), Máquina de vectores de soporte (SVM)	Deposición laser	21	Scopus
11	Detección de defectos. (Choe, R., Kim, J., y Ryu, K., 2016)	Redes neuronales convolucionales	Detección de defectos	17	Ieexplore
12	Detección de defectos. (Christian, S., Andre', C., Condori Castro, A., Jordy, C., y Jose, S.-T., 2026)	Svm	Fabricación aditivos de fusion	15	Scopus
13	Manejo de las plantaciones de pinos. (Delli, U. Y Chang, S., 2018)	Ramdom forest	teledetección	14	Scopus
14	Mecanismo de decisión de reprogramación. (Ge, Z.,	Red neuronal de regresión general, svm de cuadrado mínimo	Mecanismo de decisión de reprogramación	13	Scopus



Herrera, G. & Castillo, Y.

Revisión de las aplicaciones de aprendizaje de máquinas

Nro	Proyecto (referencia)	Tipo tecnología	Aplicación	Nro de citas	Fuente
15	Song, Z., Ding, S. X., y Huang, B., 2017) Detección producto adulterado en arroz. (Gobert, C., Reutzel, E. W., Petrich, J., Nassar, A. R., y Phoha, S., 2018)	bosques aleatorios (RF), las máquinas de vectores de soporte (SVM)	Detección producto adulterado en arroz	11	Scopus
16	Diagnóstico de fallas en los rodamientos. (Guo, G., Wang, H., Bell, D., Bi, Y., y Greer, K., 2003)	Svm	Diagnóstico de fallas en los rodamientos	10	Wos
17	Monitoreo impresión 3d (Jan, S. U., Ahmed, S., Shakhov, V., y Koo, I., 2019)	Svm	Control de calidad	8	Scopus
18	Estimación de confiabilidad de los componentes diseñados. (Khanzadeh, M., Chowdhury, S., Marufuzzaman, M., Tschopp, M. A. y Bian, L., 2018)	redes neuronales artificiales, svm, bosque aleatorio métodos informáticos blandos	Estimación de confiabilidad de los componentes diseñados	8	Scopus
19	Despacho adaptativo. (Kotsiantis, S. B., 2007)	Redes neuronales artificiales	Despacho adaptativo automático	7	Wos
20	Sistemas de fabricación flexibles. (Kotsiantis, S. B., 2007)	Svm, árbol de decisión (DT), redes neuronales backpropagation (BPN), Razonamiento basado en casos (Cbr)	sistemas de fabricación flexibles utilizando métodos de conjunto	7	Scopus
21	Monitoreo. (Lim, D. K., Long, N. P., Mo, C., Dong, Z., Cui, L., Kim, G., y Kwon, S. W., 2017)	Redes neuronales convolucionales	Fusión de polvo laser	4	Scopus
22	Monitoreo de equipo. (Lin, L., Wang, X., Yang, W., Y Lai, J. H., 2015)	Redes bayesianas	Monitoreo de equipo en fábricas	4	Ieeexplor e
23	Reconocimiento actividad humana en fabricas. (Liu, R., Meng, G., Yang, B., Sun, C., Y Chen, X., 2017)	Svm	Reconocimiento actividad humana en entornos industriales	4	Acm
24	Predecir fallas líneas. (Lokrantz, A., Gustavsson, E., Y Jirstrand, M., 2018)	Svm, bosque aleatorio	Predecir fallas cajas de engranaje	4	Ieeexplor e
25	Reprogramación de pedidos. (Madureira, A., Santos, J. M., Gomes, S., Cunha, B., Pereira, J. P., Y Pereira, I., 2014)	árbol de decisión (DT), Redes bayesiana	Reprogramación de pedidos urgentes de fabricación	3	Ieeexplor e
26	Monitoreo de fabricación. (Mao, Q., Ma, H., Zhang, X., y Zhang, G., 2018)	Redes neuronales profundas (DNN)	Análisis de fabricación	2	Scopus

Herrera, G. & Castillo, Y.

Revisión de las aplicaciones de aprendizaje de máquinas

Nro	Proyecto (referencia)	Tipo tecnología	Aplicación	Nro de citas	Fuente
27	Detección de defectos. (Mao, Q., Ma, H., Zhang, X., y Zhang, G., 2018)	Svm, PSO	Clasificación de defectos de la cinta transportadora de cable de acero	2	Wos
28	Proceso de manufactura. (Martins, C. H., Aguiar, P. R., Frech, A., Y Bianchi, E. C., 2014)	Svm, lgr (regresión lógica)	Fabricación de semiconductores	de 2	Wos
29	Detección de intrusos. (Medina, B. O., y Maybee, A., 2017)	Svm	Detección de intrusos en IoT	1	Scopus
30	Desviación en la calidad en manufactura. (Nakazawa, T., Y Kulkarni, D. V., 2018)	Redes bayesianas	Desviación en la calidad en manufactura	1	ScienceDirect y Scopus

Seguidamente se procedió a tabular por frecuencia los documentos encontrados, se analizaron cuatro tipos de categorías: tipo de algoritmos, importancia o número de citas que tiene el documento, aplicación del algoritmo en la industria manufacturera y base de datos consultada.

En la categoría tipo de algoritmo, se encontró que el *Svm* (Máquina de soporte vectoriales) representa el 31% de los casos, así como las redes neuronales el 29% y ocupa el tercer lugar en el árbol de decisión. (ver Figura 3).

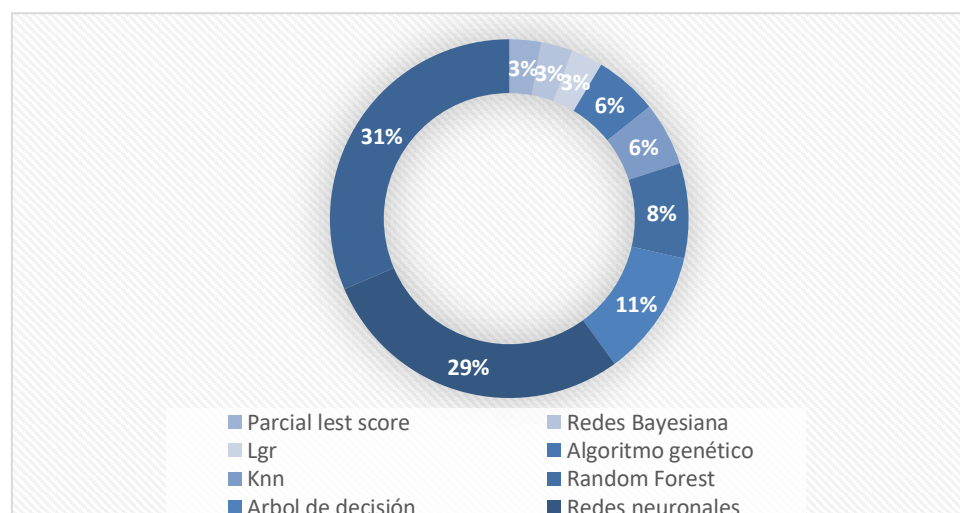


Figura 3. Resultados del mapeo sistemático por tipo de algoritmo

Por importancia o número de citas se encontró que los documentos referidos al algoritmo redes neuronales tiene el 32%, el *SVM* posee el 29% de los casos y el tercer lugar lo ocupan el *random forest* y el *parcial lest score* ambos con el 12%, esto se puede evidenciar en la Figura 4.

Herrera, G. & Castillo, Y.

Revisión de las aplicaciones de aprendizaje de máquinas

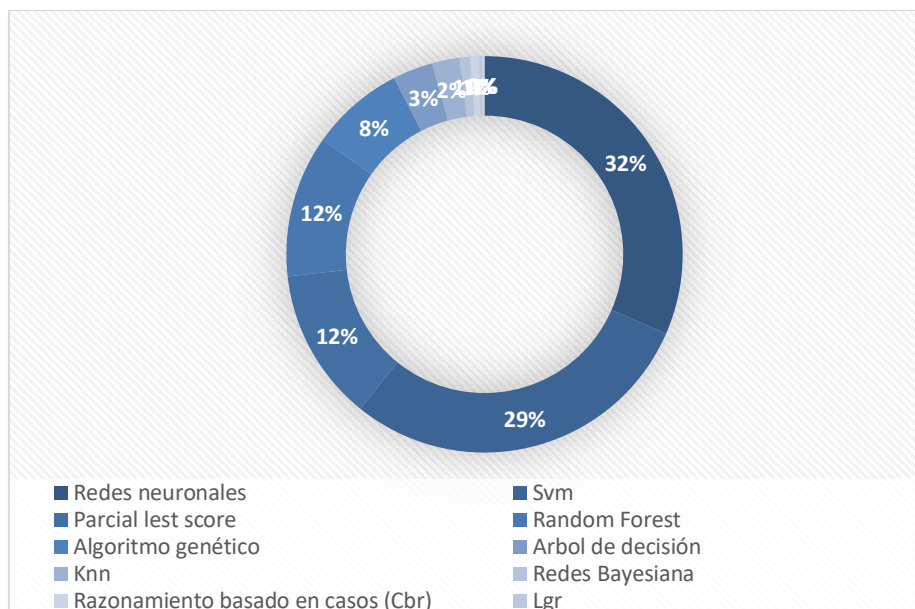


Figura 4. Resultados del mapeo sistemático por importancia o citas.

Seguidamente, en la categoría aplicación del algoritmo en la industria manufacturera (Figura 5) se encuentra que las aplicaciones utilizadas con frecuencias son diagnóstico de fallas, Monitoreo de procesos/maquinas/herramientas/impresión y Predicción/ control de calidad, cada una representando el 13%. Además, (Carvalho, 2019) sugiere para diagnóstico de fallas y predicción de fallas usar *RF*, *SVM* y *ANN*, Asimismo, es importante recordar que estos tres algoritmos sirven tanto para regresión como para clasificación.

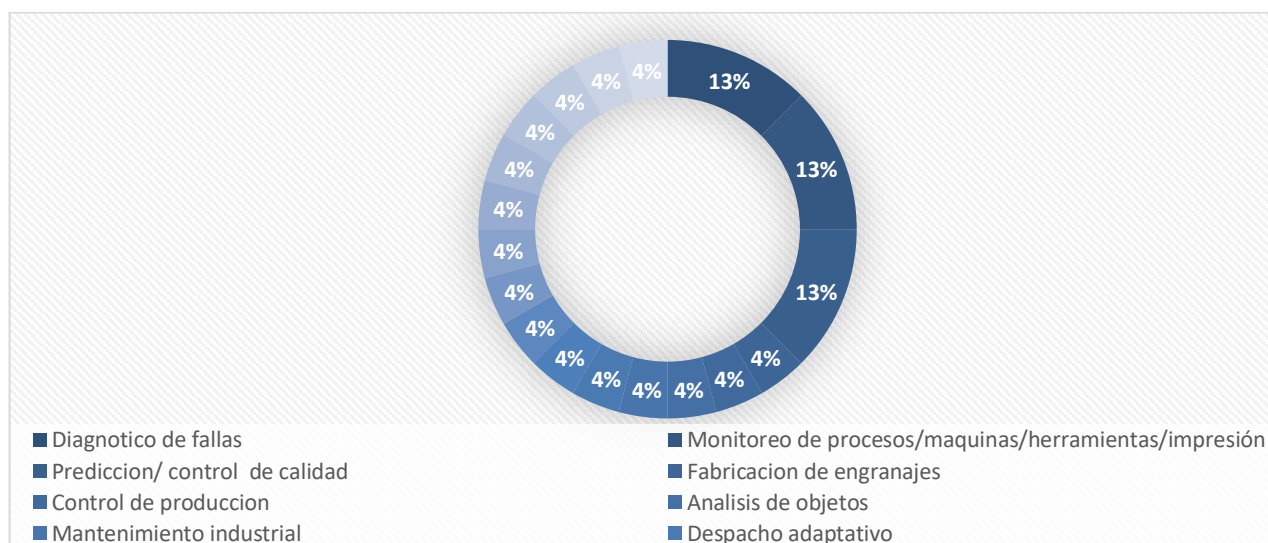


Figura 5. Resultados del mapeo sistemático por aplicación

Herrera, G. & Castillo, Y.

Revisión de las aplicaciones de aprendizaje de máquinas

Así mismo, se analizó la categoría denominada, base de datos consultada, en este caso se encontraron mayores documentos para analizar según el tema buscado en *ACM* (48%), en el segundo lugar en la que se pueden encontrar artículos utilizando las palabras clave mencionadas es el *Ieeexplore*, con 36%, como muestra la Figura 6.

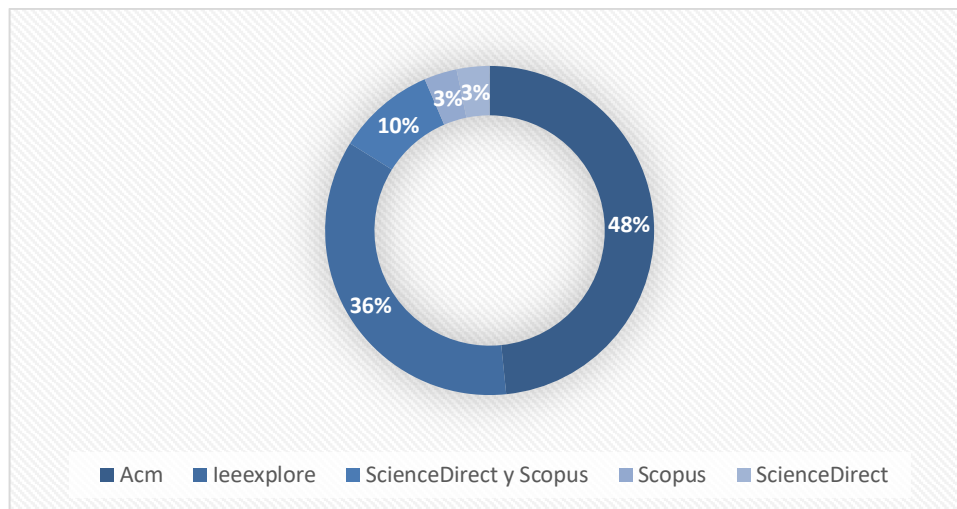


Figura 6. Resultados del mapeo sistemático por base datos consultada

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Una vez finalizada la revisión documental, se concluye que el algoritmo más utilizado fue el *SVM* representando el 31% de los casos de estudio, y los de menor uso fueron *LGR* (Regresión logística), redes bayesianas y el *parcial lest score* cada uno con 3% de los casos. Con respecto al número de citas, las redes neuronales, representan el 32%, con mayor frecuencia y con menor frecuencia, con un 2%, están los algoritmos *LGR* y *PSO* (colonia de hormigas).

Los algoritmos que tienen más aplicación en la industria manufacturera, son el diagnóstico de fallas, monitoreo de procesos/máquinas/herramientas/impresión y predicción/ control de calidad representando entre los tres el 39% de los casos, para el caso de diagnóstico de fallas los algoritmos más usados, son los bosques aleatorios, los *SVM* y las *ANNs*.

Por último, se analizó el tipo de base de datos en donde se alojan los documentos, encontrándose con mayor frecuencia en *ACM*, con un 48%, y en menor cantidad, con un 3%, son: *ScienceDirect* y *Scopus*. Es recomendable usar *RF*, *SVM* y *ANNs*, porque sirven tanto para hacer regresión, como categorización, y dan muy buenos resultados en el diagnóstico de fallas.



Herrera, G. & Castillo, Y.

Revisión de las aplicaciones de aprendizaje de máquinas

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agnieszka, O., Druzdz, M., y Wasyluk, H. (2011). Aprendiendo los parámetros de la red bayesiana a partir de pequeños conjuntos de datos: aplicación de puertas o ruidos. *International Journal of Approximate Reasoning* 27, 2. Pag. 165-182.
- Alsina, E. F., Chica, M., Trawin'ski, K., y Regattieri, A. (2018). Sobre el uso de métodos de aprendizaje de máquinas para predecir la fiabilidad de los componentes a partir de estudios de casos industriales basados en datos. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology* 94, 5-8 2419-2433.
- Angulo, J. S., y Robles, D. C. (2014). Usabilidad y satisfacción de la e-ru'brica. *REDU Revista de Docencia Universitaria* 12, 1 (2014), 177-195.
- Akinsola. Supervised machine learning algorithms: Classification and comparison. *International Journal of Computer Trends and Technology (IJCTT)*, 48:128 – 138, 06 2017. doi: 10.14445/22312803/IJCTT-V48P126.
- Arksey, H. and O'Malley, L. (2005). Scoping studies: towards a methodological framework. *Int J Soc Res Methodol.* 8, 19–32.
- Belgiua, M., y Dragut, L. (2016). Bosque al azar en la teledetección: Una revisión de las aplicaciones y las direcciones futuras. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing* 114. 24-31.
- Bijalwan, V., Kumar, V., Kumari, P., y Pascual, J. (2014). Knn enfoque de aprendizaje automático basado en la minería de textos y documentos. *International Journal of Database Theory and Application* 7, 1. 61-70.
- Bouzembrak, Y., Camenzuli, L., Janssen, E., Y V. D. Fels-Klerx, H. (2018). Aplicación de las redes bayesianas en el desarrollo de un sistema de vigilancia de muestreo de hierbas y especias. *Food Control* 83. 38-44.
- Breiman, L. (2001). Bosques al azar. *Machine Learning* 45, 1. 5-32. <https://doi.org/10.1023/A:1010933404324>.
- Caruana, R., y Niculescu-Mizil, A. (2006). Una comparación empírica de algoritmos de aprendizaje supervisado. En *An empirical comparison of supervised learning algorithms. ICML 06 Proceedings of the 23rd international conference on Machine learning*, págs. 161-168.
- T. P. Carvalho, F. A. Soares, R. Vita, R. d. P. Francisco, J. P. Basto, and S. G. Alcala (2019). A systematic literature review of machine learning methods applied to predictive maintenance. *Computers and Industrial Engineering*, 137:106024. ISSN 03608352. doi: 10.1016/j.cie.2019.106024.
- Cerrada, M., Zurita, G., Cabrera, D., Sánchez, R. V., Arte's, M., y Li, C. (2016). Diagnóstico de fallos en engranajes rectos basado en el algoritmo genético y el bosque aleatorio. *Sistemas Mecánicos y Procesamiento de Señales* 70-71. 87-103.



Herrera, G. & Castillo, Y.

Revisión de las aplicaciones de aprendizaje de máquinas

- Chapelle, O., Scholkopf, B., y Zien, A. (2009). Aprendizaje semisupervisado (chapelle, o. y otros, eds.; 2006)[reseñas de libros]. IEEE Transactions on Neural Networks 20, 3. 542-542.
- Choe, R., Kim, J., y Ryu, K. R. (2016). Aprendizaje de preferencias en línea para el despacho adaptativo de AGVs en una terminal de contenedores automatizada. Applied Soft Computing Journal 38. 647-660.
- Christian, S., Andre', C., Condori Castro, A., Jordy, C., y Jose, S.-T. (2026). Comparación de algoritmos de clasificación para la predicción de casos de obesidad infantil. ResearchGate.
- Delli, U. y Chang, S. (2018). Monitoreo automatizado de procesos en impresión 3D usando aprendizaje automático supervisado. En Procedia Manufacturing. vol. 26, Elsevier B.V., pp. 865-870.
- Ge, Z., Song, Z., Ding, S. X., y Huang, B. (2017). Minería de datos y análisis en la industria de procesos: El papel del aprendizaje automático. IEEE Access 5, 20590-20616.
- Gobert, C., Reutzel, E. W., Petrich, J., Nassar, A. R., y Phoha, S. (2018). Aplicación del aprendizaje supervisado de máquinas para la detección de defectos durante la fabricación de aditivos de fusión de lechos de polvo metálico utilizando imágenes de alta resolución. Fabricación aditiva 21, 517-528.
- Guo, G., Wang, H., Bell, D., Bi, Y., y Greer, K. (2003). Knn, se basan en un modelo de clasificación. Lecture Notes in Computer Science, 986-996.
- Jan, S. U., Ahmed, S., Shakhov, V., y Koo, I. (2019). Hacia un Sistema de Detección Intruso Ligerito para el Internet de las Cosas. Acceso IEEE 7, 42450- 42471.
- Khanzadeh, M., Chowdhury, S., Marufuzzaman, M., Tschopp, M. A. y Bian, L. (2018). Predicción de porosidad: Aprendizaje supervisado de la historia térmica para la deposición directa del láser. Journal of Manufacturing Systems 47, 69-82.
- Kotsiantis, S. B. (2007). Aprendizaje automático supervisado: A Review of Classification Tech-niques, vol. 160 de ISSN. Emerging Artificial Intelligence Applications in Computer Engineering.
- Langone, R., Alzate, C., De Ketelaere, B., Vlasselaer, J., Meert, W., y Suykens, J. A. (2015). LS-SVM basado en la agrupación y regresión espectral para el mantenimiento de máquinas industriales. Aplicaciones de ingeniería de la inteligencia artificial 37, 268-278.
- Lim, D. K., Long, N. P., Mo, C., Dong, Z., Cui, L., Kim, G., y Kwon, S. W. (2017). Combinación de la lipidómica dirigida basada en la espectrometría de masas y los algoritmos de aprendizaje automático supervisado en la detección de mezclas adulteradas de arroz blanco. Food Research International 100, 814-821.
- Lin, L., Wang, X., Yang, W., Y Lai, J. H. (2015). Modelos gráficos entrenados de forma discriminativa y-O para la detección de la forma del objeto. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence 37, 5. 959-972.



- Herrera, G. & Castillo, Y. Revisión de las aplicaciones de aprendizaje de máquinas
- Liu, R., Meng, G., Yang, B., Sun, C., Y Chen, X. (2017). Arquitectura neuronal convolutiva de series temporales dislocadas: Un enfoque de diagnóstico inteligente de fallas para una máquina eléctrica. *IEEE Transactions on Industrial Informatics* 13, 3, 1310-1320.
- Lokrantz, A., Gustavsson, E., Y Jirstrand, M. (2018). Análisis de causa raíz de fallas y desviaciones de calidad en la fabricación usando el aprendizaje de la máquina. *Procedimiento CIRP* 72, 1057-1062.
- Madureira, A., Santos, J. M., Gomes, S., Cunha, B., Pereira, J. P., y Pereira, I. (2014). Reprogramación de pedidos urgentes de fabricación: Un programa de aprendizaje supervisado. En 2014 6º Congreso Mundial sobre Naturaleza y Computación Inspirada Biológicamente, NaBIC 2014, Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos Inc., pp. 299-304.
- Mao, Q., Ma, H., Zhang, X., y Zhang, G. (2018). Un algoritmo mejorado del Árbol de Decisión de Asimetría SVM para la clasificación de los defectos de las cintas transportadoras de cable de acero. *Ciencias Aplicadas (Suiza)* 8, 12.
- Martínez-Rodríguez, J. (2018). Estudio comparativo de modelos de aprendizaje automático para la detección de dianas microarn. *Universitat Oberta de Catalunya*.
- Martins, C. H., Aguiar, P. R., Frech, A., y Bianchi, E. C. (2014). Monitoreo de la condición de la herramienta de vestimenta de un solo punto usando modelos de emisión acústica y redes neurales. *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement* 63, 3, 667-679.
- Medina, B. O., y Maybee, A. (2017). Detección de depresión a través de análisis textual utilizando aprendizaje automático. Master's thesis, Universidad Ricardo Palma.
- Nakazawa, T., y Kulkarni, D. V. (2018). Clasificación del patrón de defectos del mapa de obleas y recuperación de imágenes usando la red neural convolucional. *IEEE Transacciones en la fabricación de semiconductores* 31, 2, 309-314.
- Petersen, K., Feldt, R., Mujtaba, S. y Mattsson, M. (2008). Systematic mapping studies in software engineering. *Conference on Evaluation and Assessment in Software Engineering*, 17 (1), 68-77.