



UNIVERSIDAD
PRIVADA
DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Industrial

“ESTUDIO DE TECNOLOGÍA DE CORTE POR PLASMA MECANIZADO APLICADO A LÍNEAS DE PRODUCCIÓN EN LA INDUSTRIA METALMECÁNICA”: una revisión de la literatura científica en el periodo 2009-2018.

Trabajo de investigación para optar al grado de:

Bachiller en Ingeniería Industrial

Autor:

Betzabeth Vanesy Romero Rojas

Asesor:

Ing. Mg. Odar Roberto Florian Castillo

Lima - Perú

2019

DEDICATORIA

A nuestras familias, que siempre están y estarán a nuestro lado y por quienes buscamos superarnos día a día. Nuestros logros son suyos, ahora y siempre.

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a las personas que nos ayudaron en nuestra formación profesional, a los catedráticos de la Universidad Privada del Norte, y especialmente a la empresa Inversiones Milan JMC, quienes apoyaron en la elaboración del siguiente trabajo de investigación.

ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA.....	2
AGRADECIMIENTO	3
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	4
ÍNDICE DE TABLAS	5
ÍNDICE DE FIGURAS.....	6
RESUMEN.....	7
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	8
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA.....	10
CAPÍTULO III. RESULTADOS	16
CAPÍTULO IV. CONCLUSIONES	23
REFERENCIAS	25
ANEXOS.....	29

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla. 1:</i> Lista de investigaciones seleccionadas.....	13
<i>Tabla. 2:</i> Lista de bases de datos de artículos científicos usados	16
<i>Tabla. 3:</i> Comparativa de métodos de corte.....	22

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Fig. 1:</i> Principio de corte por arco plasma.....	9
<i>Fig. 2:</i> Proceso de extracción de artículos revisados	11
<i>Fig. 3:</i> Resultado final de escrutinio de artículos (papers).....	12
<i>Fig. 4:</i> Proceso de artículos seleccionados.....	16
<i>Fig. 5:</i> Cantidad de artículos seleccionados por año de publicación.....	17
<i>Fig. 6:</i> Distribución geográfica de artículos	18
<i>Fig. 7:</i> Distribución de artículos por idioma de publicación.....	19
<i>Fig. 8:</i> Distribución de artículos por metodología de científica.....	20

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se desarrolla teniendo en cuenta que las compañías están en el mercado con el objetivo de mantenerse en él. En la industria metalmeccánica el corte de metales es importante en los procesos de fabricación pues elimina desperdicios, obtiene piezas con medidas exactas y brinda buenos acabados. Por tanto, al incluir el proceso de corte por plasma, este puede realizarse en cualquier tipo de metal como aceros y aluminios de forma sencilla, generando aumento en la productividad y reducción de costos. El objetivo de esta investigación sistemática de literatura científica es analizar las investigaciones realizadas sobre el estudio de tecnología de corte por plasma mecanizado en la industria metalmeccánica en periodo 2009-2018. Se utiliza bases de datos como Dialnet, Scielo, ScienceDirect, SpringerLink. Los criterios de búsqueda: metalmeccánica, corte por arco plasma, velocidad de corte, calidad de corte. Los documentos se clasificaron por periodo de publicación, idioma, país; la metodología utilizada fue PRISMA y de los 58 documentos recopilados solo se han seleccionado 30 que pertenece al rubro de la industria de metalmeccánica concluyendo que el proceso de corte por plasma es de beneficio para la empresa y para los clientes al obtener un producto de calidad.

PALABRAS CLAVES: Metalmeccánica, corte por arco plasma, velocidad de corte, calidad de corte.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

Las industrias dedicadas a la manufactura de elementos mecánicos están constantemente esforzándose para reducir costos e incrementar la calidad de las piezas mecanizadas teniendo en cuenta la creciente demanda de productos con una elevada precisión dimensional. (Morales, Zamora, Zambrano y Beltrán, 2017).

Uno de los grandes retos de las regiones que han basado su desarrollo industrial en la presencia de transnacionales exportadoras consiste en fortalecer el vínculo económico entre esas empresas y la base manufacturera local. Para ello, las capacidades tecnológicas suelen ser una condición necesaria para acceder a las oportunidades asociadas a la derrama de la inversión extranjera directa (Mendoza y Valenzuela, 2013).

El sector metalmecánico abastece las industrias manufactureras destinadas a la fabricación, reparación, ensamble y transformación del metal. Interviene en la elaboración de una amplia gama de productos y servicios indispensables para el desarrollo de la sociedad, que van desde la transformación del hierro, acero, aluminio y otros metales no ferrosos, hasta su uso en grandes construcciones, producción de máquinas y equipos tanto industriales como domiciliarios (Parente J., Leanza L., Soldatti M. y Hagg G., 2016)

Los sistemas de corte son una parte básica en el proceso de construcción de componentes de acero, ya que permiten transformar piezas suministradas por las acerías (con dimensiones estandarizadas y limitadas), en piezas con geometrías específicas para cada tipo de componente (Cicero, et al., 2017)

El corte por arco de plasma es un proceso de manufactura no convencional que tiene la capacidad de ser realizado en una gran variedad de materiales que sean conductores eléctricos. El proceso de corte por plasma fue desarrollado aproximadamente hace 30 años

aplicado a metales en las que había dificultad en el maquinado por métodos convencionales.

Este proceso utiliza una corriente de alta energía de gas ionizado disociado, conocido como plasma, como fuente de calor (Salonitis y Vatousianos, 2012).

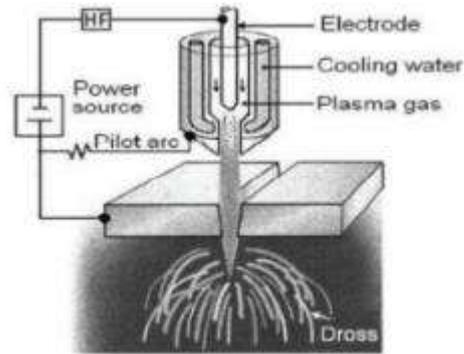


Fig. 1: Principio de corte por arco plasma.

Desde la introducción del proceso de corte por plasma en el año 1950, ha habido un continuo crecimiento en su uso. Ahora el corte por plasma es capaz de producir cortes de alta calidad, a una velocidad alta, en un alto rango de espesor de materiales (Shi, L., Song, R. y Tian, X., 2017).

La corriente de arco por plasma, la geometría de la antorcha, el tipo de gas, el régimen de flujo, y los efectos de la velocidad de corte son factores importantes en la calidad de corte. (Kumar M., Kumar K., Barman T. y Sahoo P., 2014)

El presente estudio se realizó para responder ¿De qué manera el proceso de corte por plasma mecanizado genera beneficios en la industria metalmecánica?, asimismo con el avance de la investigación surgen nuevas interrogantes, ¿Cómo está ligada la tecnología con la optimización de líneas de producción de la industria metalmecánica durante el periodo 2009-2018? Esto con el objetivo de determinar las aplicaciones de esta tecnología en procesos de corte de diferentes tipos de metales para la producción en masa de productos comerciales en la industria metalmecánica.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

Para el proceso de clasificación de artículos de interés para la revisión sistemática de carácter evaluativo se aplicó la metodología PRISMA, en la cual se seleccionó artículos por rango de año de publicación, país, idioma y utilizando técnica de lectura rápida para encontrar el mejor contenido que nos conlleve a sustentar nuestra pregunta con información dirigida a resultados. Todo esto, orientado en la búsqueda de palabras clave afines al tema de investigación tales como: metalmecánica, corte por arco plasma, velocidad de corte y calidad de corte en idioma español e inglés.

Se priorizó las investigaciones realizadas dentro del rango del 2009 – 2018 (10 últimos años), siendo los idiomas de búsqueda tanto en español como en inglés, y tomando como tópico principal el corte por arco plasma (plasma arc cutting), en caso los artículos que no cumplieron con las características de idioma o rango de año de publicación, estos fueron clasificados como "Descartado".

Asimismo, los documentos duplicados se han descartado a través de un registro de base de datos con los filtros internos necesarios, el cual al momento de ser ordenar la base de datos por título, autor y año de publicación se detecta que hay duplicidad de información y este es clasificado como "Descartado".

Por tanto, a continuación, en la figura Nro. 3 se indica la cantidad total de documentos de investigación obtenidos luego de aplicar los criterios de búsqueda en las bases de datos de Dialnet, Scielo, ScienceDirect, SpringerLink.

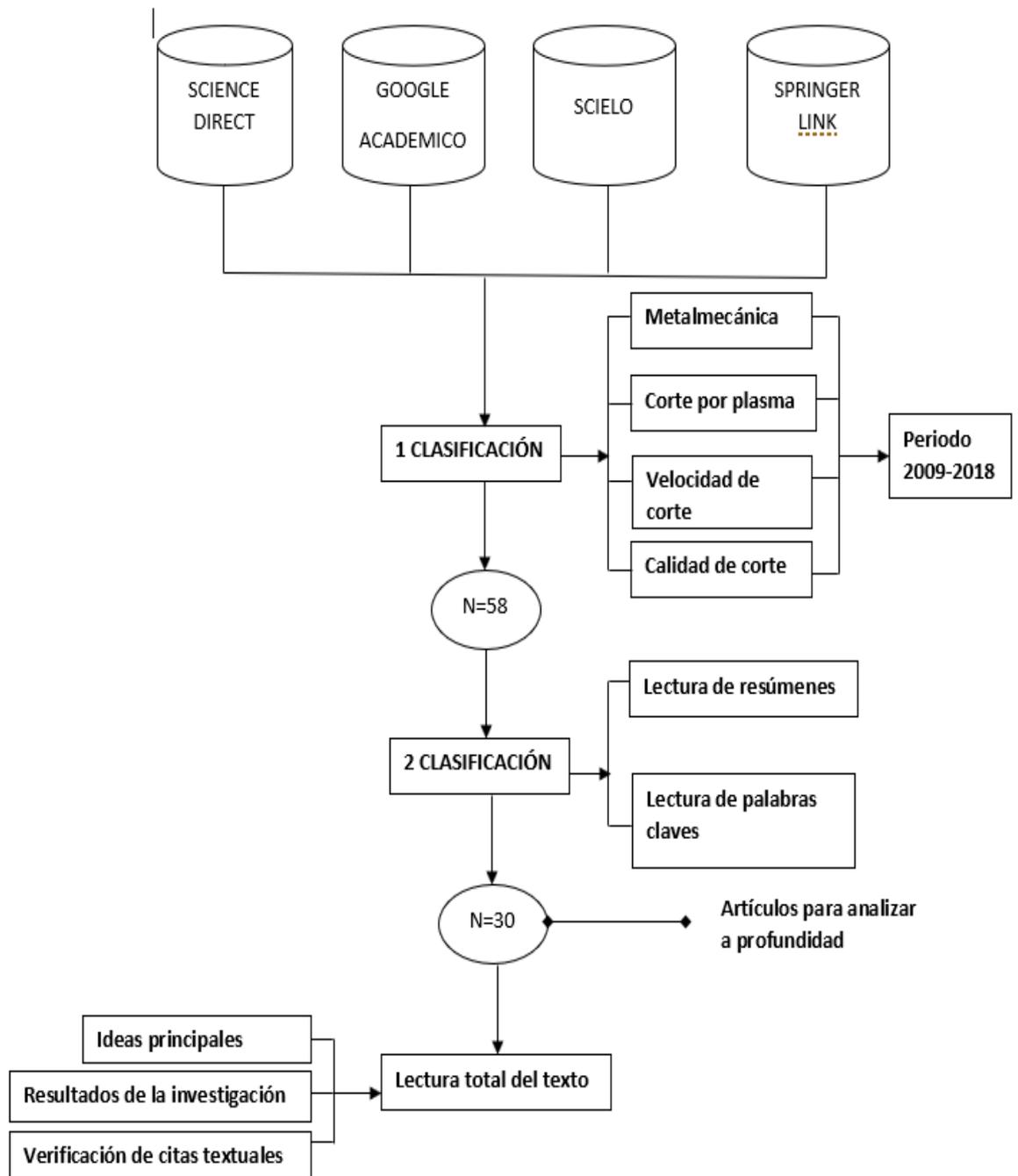


Figura 2: Proceso de extracción de los artículos revisados.

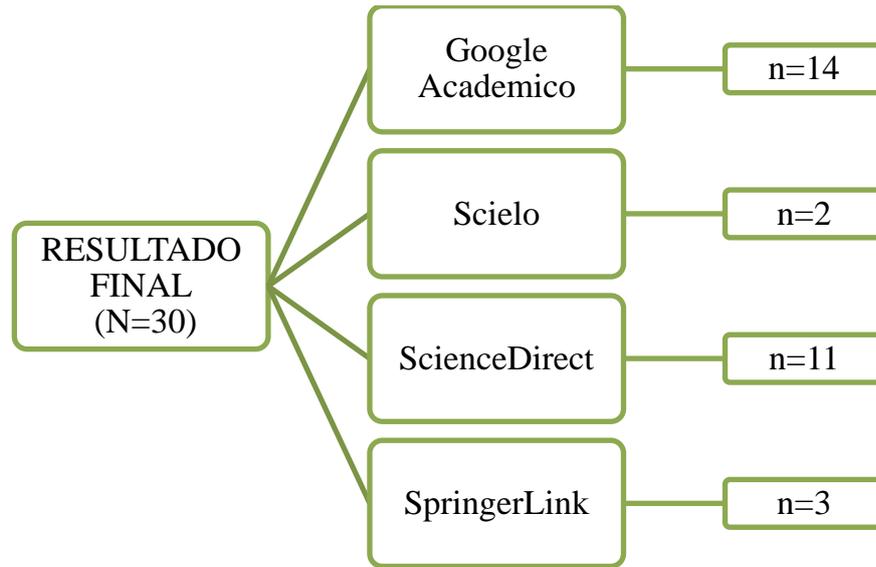


Figura 3: Resultado final de escrutinio de artículos (papers).

Tabla 1

Lista de investigaciones seleccionadas.

Nº	TÍTULO	AÑO	IDIOMA	PAÍS	METODOLOGÍA
1	Análisis de la capacidad tecnológica en Pymes metalmeccánicas: una metodología de evaluación	2012	Español	Colombia	Descriptivo
2	Análisis del rendimiento del torneado utilizando coeficiente de vida útil en relación al volumen de metal cortado.	2017	Español	Chile	Experimental
3	Aprendizaje, innovación y gestión tecnológica en la pequeña empresa: Un estudio de las industrias metalmeccánica y de tecnologías de información en Sonora.	2014	Español	México	Estudio del Caso
4	Caso de estudio sobre la programación de operaciones de corte unidimensional de material, orientada a la reducción de desperdicio, en una industria metalmeccánica.	2016	Español	Argentina	Estudio del Caso
5	Comparison Metal Water Jet Cutting with Laser and Plasma Cutting.	2014	Inglés	Polonia	Teórico
6	Decisiones De Financiación De La Industria Metalmeccánica Del Valle Del Cauca	2008	Español	México	Estudio del Caso
7	Determinación de la velocidad de corte y velocidad de avance para el maquinado de acabado del material Babbitt.	2018	Español	Cuba	Experimental
8	Diseño, implementación y análisis de una metodología para aplicar TOC a empresas metalmeccánicas con restricciones físicas internas.	2016	Español	Colombia	Estudio del Caso
9	Efecto del método de corte sobre el comportamiento a fatiga de un acero estructural de alta resistencia S690Q.	2018	Español	España	Experimental
10	Effect of Cut Quality on Hybrid Laser Arc Welding of Thick Section Steels.	2015	Inglés	Dinamarca	Experimental
11	Electrochemical characterization of plasma coatings on printed circuit boards.	2019	Inglés	Bélgica	Teórico

12	Estudio del efecto del método de corte sobre la iniciación de fisuras y la vida en fatiga del acero S355M.	2014	Español	España	Experimental
13	Experimental Investigation of the Plasma Arc Cutting Process.	2012	Inglés	Reino Unido	Experimental
14	Factores de calidad que afectan la productividad y competitividad de las micros, pequeñas y medianas empresas del sector industrial metalmeccánico.	-	Español	Colombia	Teórico
15	Fatigue Behavior of High Strength Steel S890Q Containing Thermally Cut Straight Edges.	2016	Inglés	España	Experimental
16	Guía para la gestión ambiental, salud ocupacional y seguridad industrial en Pymes del rubro metalmeccánico.	2016	Español	Argentina	Encuesta
17	Incremento del indicador Entregas a Tiempo en una Empresa Metal Mecánica.	2014	Español	Ecuador	Teórico
18	Industria metalmeccánica en Querétaro y el riesgo ambiental.	2013	Español	México	Descriptivo
19	Investigation Analysis of Plasma Arc Cutting Parameters on the Unevenness Surface of Hardox-400 Material.	2013	Inglés	India	Experimental
20	La tecnología de plasma y residuos sólidos.	2009	Español	México	Descriptivo
21	Laser-based manufacturing concepts for efficient production of tailor welded sheet metals.	2014	Inglés	-	Teórico
22	Machining Mechanisms and Characteristics of Moving Electric Arcs in High-speed EDM Milling.	2018	Inglés	China	Experimental
23	Mejora al Proceso de Corte con Plasma Automatizado.	2012	Español	México	Experimental
24	Optimization Models of Tool Path Problem for CNC Sheet Metal Cutting Machines.	2016	Inglés	Grecia	Teórico

25	Optimization of Process Parameters in Plasma arc Cutting of EN 31 Steel Based on MRR and Multiple Roughness Characteristics Using Grey Relational Analysis.	2014	Inglés	India	Experimental
26	Plasma beam radius compensation-integrated torch path planning for CNC pipe hole cutting with welding groove.	2016	Inglés	Reino Unido	Experimental
27	Plasma cutting torch trajectory planning for main pipe holecutting with welding groove and root face	2017	Inglés	Reino Unido	Descriptivo
28	Predicción del acabado superficial de piezas de acero torneadas en función de las propiedades mecánicas del material y de las condiciones de corte.	-	Español	Venezuela	Experimental
29	Propuesta de curva S-N de diseño para aceros estructurales con bordes rectos cortados por plasma.	2017	Español	España	Experimental
30	Vida y productividad de la herramienta de corte en el fresado de acabado del acero endurecido AISI D6.	2017	Español	Chile	Experimental

CAPÍTULO III. RESULTADOS

Luego de revisar la recopilación de artículos científicos relacionados con el tema de investigación a través de la generación de una base de datos propia, se seleccionó la siguiente cantidad de documentos por cada base de datos, quitando en una primera instancia a los artículos que no contengan las palabras clave indicadas, ni se encuentren dentro de los parámetros discriminativos ya mencionados en el capítulo de metodología.

Tabla 2

Lista de bases de datos de artículos científicos usados.

Nº	BASE DE DATOS	ARTÍCULOS OBTENIDOS	ARTÍCULOS DESCARTADOS	ARTÍCULOS SELECCIONADOS
1	Google Académico	26	12	14
2	Scielo	6	4	2
3	ScienceDirect	17	6	11
4	SpringerLink	8	5	3

En total fueron seleccionados 30 artículos científicos, 14 de Google Académico, 2 de Scielo, 11 de ScienceDirect y 3 de SpringerLink los cuales contienen información relevante para la presente investigación. Para ello se presenta la lista final de 30 artículos científicos evaluados y seleccionados.



Figura 4: Proceso de artículos seleccionados.

En la *Figura 5*, se muestra la cantidad de artículos seleccionados por año de publicación, los cuales fueron seleccionados dentro del periodo 2009-2019 conforme al

intervalo de tiempo seleccionado para el presente estudio, en donde se denota el interés por el tema de investigación en los años 2014 y 2016. Siendo el año 2014 el de mayor número de publicaciones (6). Asimismo, se evidencia la reciente disminución de estudios e investigaciones en los últimos 2 años en temas relacionados a la industria metalmecánica, el cual debería desarrollarse con la inclusión de tecnología que viene a ser una de las propuestas del presente trabajo.

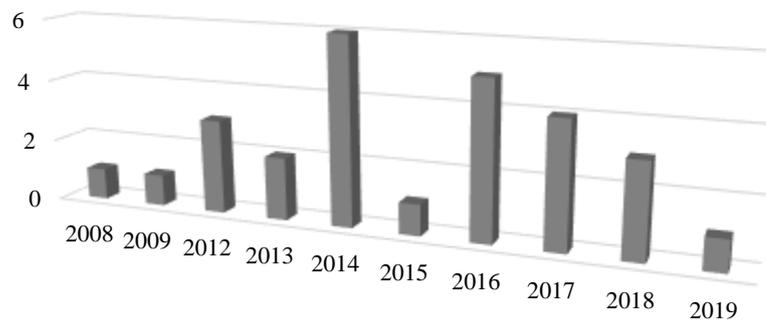


Figura 5: Cantidad de artículos seleccionados por año de publicación.

En la *Figura 6*, se distribuyen los artículos científicos respecto a su país de origen. En ese sentido, México (5), viene a ser el país con mayor número de publicaciones respecto al tema; España (4) es el segundo país con número de artículos. Es resaltable notar que no se encontraron artículos de investigación nacionales lo cual denota la falta de desarrollo de esta industria en el ámbito local.

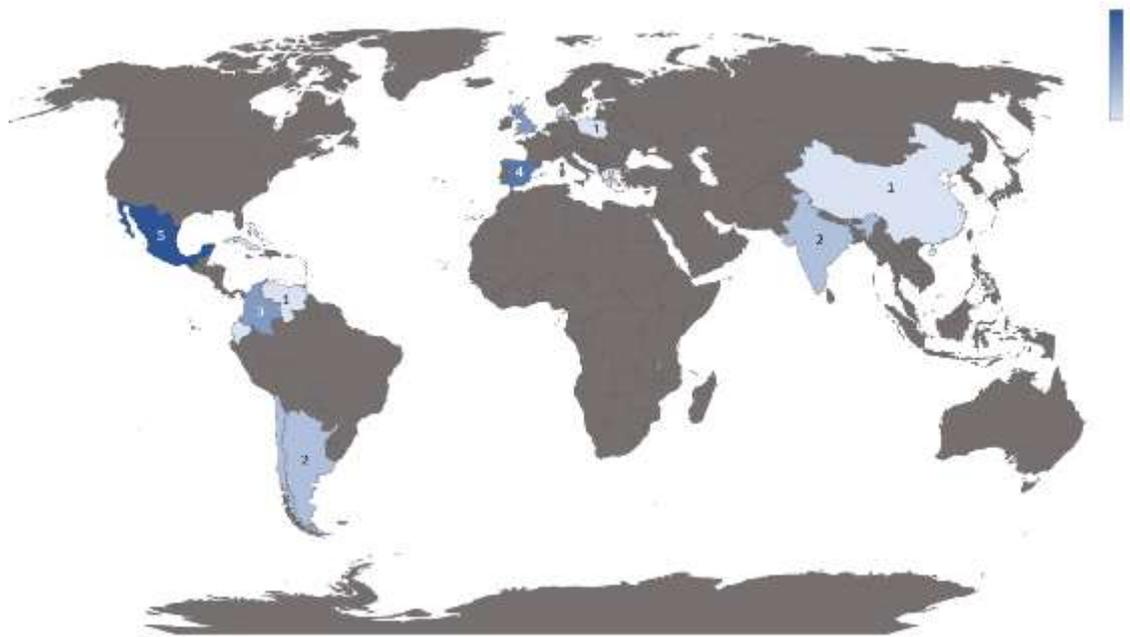


Figura 6: Distribución geográfica de artículos.

En la *Figura 7*, se muestra la distribución de publicaciones según el idioma utilizado, donde la mayoría de las publicaciones fueron realizadas en idioma español (18) y las restantes en inglés (12), no se encontró artículos en más idiomas, los cuales probablemente no fueron publicados con palabras clave traducidas. No se tomaron en cuenta artículos en idiomas que no sean español e inglés debido a que los autores en conjunto tienen buen conocimiento de estos idiomas, y no de otros dialectos cercanos como portugués, italiano, etc.

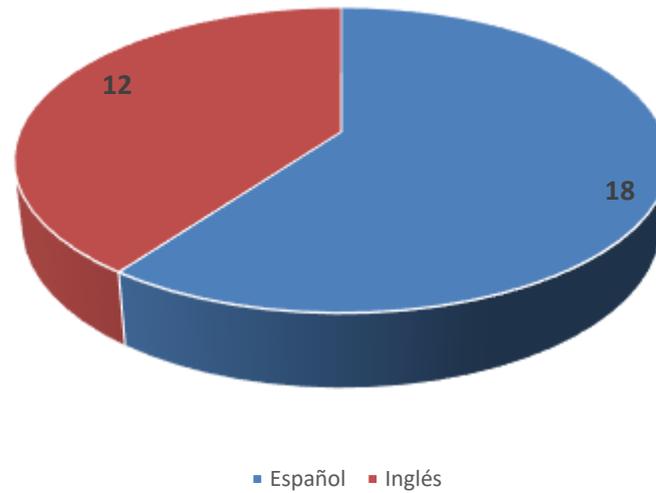


Figura 7: Distribución de artículos por idioma de publicación.

Se presenta la distribución de artículos científicos por metodología de estudio en la *Figura 8*, siendo la metodología más usada la *Experimental*, estos papers en específico muestran información de prueba y error, o ajuste de parámetros de antiguas y nuevas tecnologías, que buscan el beneficio productivo de la industria. Otro metodología usada es la *Teórica*, la cual nos muestra nuevas tendencias teóricas a problemas generales en metalmeccánica. En la metodología *Descriptiva*, podemos encontrar la descripción de estudios generales conforme a recopilación de información de un sector específico. En la metodología *Estudio del caso*, encontramos casos específicos aplicados a un material, alguna región, o algún caso en particular. Finalmente se tiene un paper con metodología de *Encuesta*, la cual refleja los resultados de encuestas y entrevistas internas referentes al ámbito de estudio.

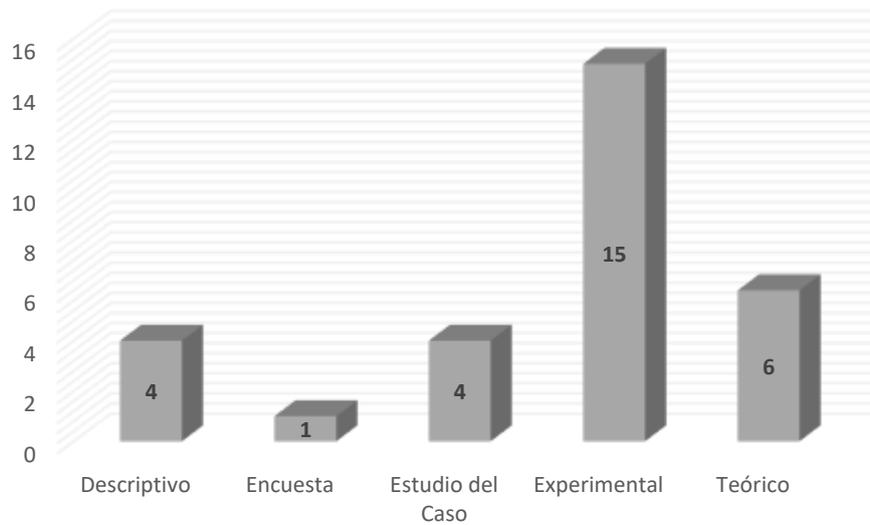


Figura 8: Distribución de artículos por metodología de científica.

Podemos denotar que los artículos tienen una gran diversidad de metodologías de investigación, por lo que resulta claro indicar que la industria de la metalmecánica y en específico los estudios del corte plasma mecanizado aún encuentran en una etapa de desarrollo tecnológico; es por ello que encontramos en algunos sectores latinoamericanos mayoría de artículos descriptivos, estudios de caso y teóricos, mientras que en artículos europeos, la tendencia tiende a ser más experimental, esto debido a que las tecnologías modernas de la industria metalmecánica surgieron en el viejo continente y en el continente asiático; y esto denota la falta de industrialización en el continente americano, principalmente en los países de Centroamérica y Sudamérica.

Se resalta una particularidad en el presente estudio; y este es la falta de artículos científicos provenientes de los Estados Unidos de América, lo cual resulta peculiar ya que Norteamérica viene a ser una región mundial muy importante en exportaciones de productos manufacturados; sin embargo por conocimientos propios denotamos que la principal actividad manufacturera viene a ser realizada en productos finales; cuyo resultado daría a

entender que las etapas de corte, no tendrían un gran auge en Estados Unidos y Canadá, y que estos productos intermedios sean importados de otros continentes.

Se denota, que los artículos *experimentales* muestran un mayor avance en los conocimientos generales y específicos de la tecnología de plasma mecanizado, mostrando tanto cualitativa y cuantitativamente las ventajas de esta tecnología; ventajas tales como:

- Calidad de corte en diferentes materiales (propiedades mecánicas).
- Condiciones de corte (ángulos de operación).
- Factores de diseño del arco plasma mecanizado (presión de gas, voltaje de corriente de arco, longitud de antorcha).
- Factores de diseño de corte por programación lineal y optimización numérica.
- Uso de software especializado en diseño de corte por plasma.

Estos resultados experimentales llegan en su mayoría a resultados similares tales como indica Subbarao (2013) que encontró que el voltaje de arco es el parámetro principal y que tiene relación con los demás parámetros de corte; y que la calidad depende en mayoría de este parámetro.

En el sentido de que la tecnología, genera beneficios para la industria metalmecánica podemos inferir de los resultados experimentales y teóricos obtenidos de los artículos que el corte por plasma es el ideal para espesores gruesos, frente a otras tecnologías como vendrían a ser el corte por chorro de agua, o corte por láser.

Tabla 3. Comparativa de métodos de corte

MÉTODO DE CORTE	CHORRO DE AGUA ABRASIVO	RAYO LASER	RAYO PLASMA
Velocidad	Lenta	Rápida	Rápida
Espesor del material	Delgado y Grueso	Delgado y Mediano	Mediano y Grueso
Materiales adecuados para intersección	Mayormente solidos	Homogéneos sin cuerpos reflectantes	Metales y materiales conductores
Materiales cubiertos de oxido	Muy bueno	Bueno	Regular
Endurecimiento del material	No	Si	Si
Deformación Térmica	Ausencia	Si, pequeña área	Si, área amplia
Vapores Peligrosos	No	Si	Si
Corte Multietapa	Posible	Imposible	Imposible
Precisión de corte	Alta	Alta	Alta
Formación de rebaba	Minima	Si	Si
Costos de operación	Muy alta	Baja	Baja

Fuente: Krajcarz, D., 2014

En la Tabla 4, inferimos que el corte por plasma es la opción más adecuada para el corte de metales y materiales conductores, si bien no es la ideal en lo que corte en general se refiere; esta es la opción óptima, siendo la que mejor se adecua a la industria metalmecánica a menor costos de operación y a mayor rango de espesores de materiales. No tomando en cuenta la deformación térmica que no tiene gran significancia en metales, más si en materiales plásticos que no vienen a ser parte del presente estudio. Además, mostramos una no conformidad con la tabla presentada por Krajcarz, debido a que los niveles de vapores peligrosos del corte plasma vienen a ser reducidos mediante el uso adecuado de controles de seguridad aplicados por las áreas de HSE.

CAPÍTULO IV. CONCLUSIONES

Los beneficios que genera la técnica del corte por plasma en la industria metalmeccánica priman en la capacidad de corte de una amplia gama de metales de diferentes espesores, y muy particularmente siendo esta tecnología muy usada en aceros. El proceso consiste en fundir el metal y luego eliminar el metal cortado de la ranura, obteniendo un producto con buen acabado. Esto se realiza por medio de un arco de plasma concentrado que tiene una gran energía cinética del gas empleado, ionizándolo, y que por medio de la polaridad adquiere la propiedad de cortar 50 mm hasta 150 mm de espesor de metales. (Krajcarz, D., 2014)

Las empresas que buscan liderar las industrias deben mirar hacia un mercado global, ya que estas empresas con ambición de crecer encuentran competitividad en mercados de diferentes países con la finalidad de obtener nuevos clientes, reducir costos y mejorar la competitividad. Cuando una empresa se preocupa en crear una ventaja competitiva esta se relaciona con sus competidores tanto locales si el marco fuera local, o internacionales si fuera el caso. (Martínez R., Domínguez G. y Chon I., 2014)

Se determina que el sistema de corte por plasma mecanizado se aplica en la línea de producción por la velocidad y precisión que tiene para la fabricación de diferentes piezas; siendo los principales cuatro parámetros a tener en cuenta en los procesos de corte, la velocidad de corte, corriente de corte, presión de gas, y distancia de antorcha de plasma. (Salonitis y Vatousianos, 2012).

En la búsqueda sistemática que se realizó en los años 2009- 2018 se presentaron limitaciones con artículos en los que su editorial no permitía el acceso a la información.

En base a los resultados de artículos experimentales investigados referentes al uso del arco plasma en la industria metalmecánica, se recomienda utilizar el sistema de corte por plasma CNC por ser aparatos automatizados de alta productividad y rendimiento frente a tecnologías más convencionales como el corte por abrasión de chorro de agua y corte por láser. El corte por plasma realiza la operación de corte con precisión hasta centésimas de milímetro evitando la desviación de la trayectoria de movimiento, generando al mismo tiempo seguridad en el trabajo debido a que los operarios están lejos de la zona de antorcha.

REFERENCIAS

- Cassier, Z., Muñoz-Escalona, P., Castellanos, C., & Payares, M. C. (1997). Predicción del acabado superficial de piezas de acero torneadas en función de las propiedades mecánicas del material y de las condiciones de corte. *Revista Latinoamericana de Metalurgia y Materiales*, 17(1), 13.
- Castañeda, L. A. C., Marín, S. J. M., & Quijano, O. H. M. (2016). Diseño, implementación y análisis de una metodología para aplicar TOC a empresas metalmeccánicas con restricciones físicas internas—caso de aplicación: Colombia. *Revista ESPACIOS* Vol. 37 (Nº 31) Año 2016.
- Chamarthi, S., Reddy, N. S., Elipey, M. K., & Reddy, D. R. (2013). Investigation Analysis of Plasma arc cutting Parameters on the Unevenness surface of Hardox-400 material. *Procedia Engineering*, 64, 854-861.
- Cicero, S., García, T., Álvarez, J. A., Bannister, A., Klimpel, A., Martín-Meizoso, A., & Aldazabal, J. (2016). Fatigue behavior of high strength steel S890Q containing thermally cut straight edges. *Procedia Engineering*, 160, 246-253.
- Cicero González, S., García Pemán, T., Ibáñez Gutiérrez, F. T., Martín-Meizoso, A., Bannister, A., & Klimplel, A. (2017). Propuesta de curva SN de diseño para aceros estructurales con bordes rectos cortados por plasma. *Anales de la mecánica de la fractura*, 34, 137-142.
- Das, M. K., Kumar, K., Barman, T. K., & Sahoo, P. (2014). Optimization of process parameters in plasma arc cutting of EN 31 steel based on MRR and multiple roughness characteristics using grey relational analysis. *Procedia Materials Science*, 5, 1550-1559.

- Farrokhi, F., Nielsen, S. E., Schmidt, R. H., Pedersen, S. S., & Kristiansen, M. (2015). Effect of cut quality on hybrid laser arc welding of thick section steels. *Physics Procedia*, 78, 65-73.
- García-González, J. A., Jacas-Cabrera, M., Gálvez-Gardentey, J. C., & River, R. P. (2018). Determinación de la velocidad de corte y velocidad de avance para el maquinado de acabado del material Babbitt. *Ingeniería Mecánica*, 21(3), 161-166.
- García, J. D. V., & Ayala, L. M. S. (2012). Análisis de la capacidad tecnológica en Pymes metalmeccánicas: una metodología de evaluación. *Revista Escuela de Administración de Negocios*, (72), 128-147.
- García Pemán, T., Cicero González, S., Carrascal Vaquero, I. A., & Álvarez Laso, J. A. (2014). Estudio del efecto del método de corte sobre la iniciación de fisuras y la vida en fatiga del acero S355M.
- García Pemán, T., Cicero González, S., Bannister, A., Martín-Meizoso, A., Aldazabal, J., & Klimpel, A. (2015). Efecto del método de corte sobre el comportamiento a fatiga de un acero estructural de alta resistencia S690Q.
- Godoy, J. A. R. (2008). Decisiones de financiación de la industria metalmeccánica del Valle del Cauca. *Estudios Gerenciales*, 24(107), 35-57.
- Hagg, G., Leanza, L., Soldatti, M. E., & Parente, J. (2016). Guía para la gestión ambiental, salud ocupacional y seguridad industrial en Pymes del rubro metalmeccánico.
- Khangholi, A., Revilla, R. I., Lutz, A., Loulidi, S., Rogge, E., Van Assche, G., & De Graeve, I. (2019). Electrochemical characterization of plasma coatings on printed circuit boards. *Progress in Organic Coatings*, 137, 105256.

- Kou, Z., & Han, F. (2018). Machining Mechanisms and Characteristics of Moving Electric Arcs in High-speed EDM Milling. *Procedia CIRP*, 68, 286-291.
- Krajcarz, D. (2014). Comparison metal water jet cutting with laser and plasma cutting. *Procedia Engineering*, 69, 838-843.
- León, J. G. M., & Valenzuela, A. V. (2014). Aprendizaje, innovación y gestión tecnológica en la pequeña empresa: Un estudio de las industrias metalmecánica y de tecnologías de información en Sonora. *Contaduría y Administración*, 59(4), 253-284.
- Liu, Yan & Shi, Lei & Tian, Xincheng. (2017). Plasma cutting torch trajectory planning for main pipe hole cutting with welding groove and root face. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. 93.
- López, D. C. (2016). Factores de calidad que afectan la productividad y competitividad de las micros, pequeñas y medianas empresas del sector industrial metalmecánico. *Entre ciencia e ingeniería*, 10(20).
- Martínez, R. C., Domínguez, G. A. R., & Chon, I. F. (2012). Mejora al Proceso de Corte con Plasma Automatizado. *Avances de Investigación en Ingeniería en el Estado de Sonora*, 26.
- Morales Tamayo, Y., Zamora Hernández, Y., Zambrano Robledo, P. D. C., & Beltrán Reyna, R. F. (2017). Análisis del rendimiento del torneado utilizando coeficiente de vida útil en relación al volumen de metal cortado. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, 25(3), 501-509.
- Palmieri, J. P., Mansilla, E., & Novas, J. M. Caso de estudio sobre la programación de operaciones de corte unidimensional de material, orientada a la reducción de desperdicio, en una industria metalmecánica.

- Pérez, J. S., Bejarano, L. I., & Santos, L. M. L. I. (2014). Incremento del indicador Entregas a Tiempo en una Empresa Metal Mecánica.
- Petunin, A. A., & Stylios, C. (2016). Optimization models of tool path problem for CNC sheet metal cutting machines. *IFAC-PapersOnLine*, 49(12), 23-28.
- Salonitis, K., & Vatousianos, S. (2012). Experimental investigation of the plasma arc cutting process. *Procedia CIRP*, 3, 287-292.
- Sánchez Hechavarría, Y., Eduardo Diniz, A., & Marino Cala, M. (2017). Vida y productividad de la herramienta de corte en el fresado de acabado del acero endurecido AISI D6. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, 25(2), 205-216.
- Shi, L., Song, R., & Tian, X. (2017). Plasma beam radius compensation-integrated torch path planning for CNC pipe hole cutting with welding groove. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 88(5-8), 1971-1981.
- Spöttl, M., & Mohrbacher, H. (2014). Laser-based manufacturing concepts for efficient production of tailor welded sheet metals. *Advances in manufacturing*, 2(3), 193-202.
- Taboada-González, P., Aguilar-Virgen, Q., & Armijo-de Vega, C. (2009). La tecnología de plasma y residuos sólidos. *Ingeniería*, 13(2), 51-56.
- Zepeda, A. L. (2013). Industria metalmecánica en Querétaro y el riesgo ambiental. *Desarrollo Gerencial*, 5(1).

ANEXOS

"Estudio de tecnología de corte por plasma mecanizado aplicado a líneas de producción en la industria metalmeccánica": una revisión de la literatura científica en el periodo 2009-2018.

ANEXO 1

DECLARACIÓN JURADA 1 PARA EL DESARROLLO DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

**DECLARACIÓN JURADA PARA EL DESARROLLO DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN –
PARA OBTENCIÓN DE BACHILLER**

Yo, **Renzo Dario Luca Segura**, estudiante (x) del ciclo 9 o egresado () de la carrera de **Ingeniería Industrial**, de la Facultad de **Ingeniería Industrial**, del campus ubicado en **Av. Alfredo Mendiola 6062, Los Olivos**; con **DNI 47272951** y con código de estudiante **N00102942**, y el coautor^[1] o los coautores:

APELLIDOS Y NOMBRES	ESTUDIANTE O EGRESADO	CICLO	CARRERA	FACULTAD	DNI	CÓDIGO
ROMERO ROJAS, BETZABETH VANESY	ESTUDIANTE	9	INGENIERIA INDUSTRIAL	INGENIERIA INDUSTRIAL	47278796	N00138102

Declaramos que hemos sido informados sobre las condiciones para el desarrollo del trabajo de investigación en grupo que conducen al grado de bachiller, las cuales comprenden lo siguiente:

1. El trabajo de investigación se desarrollará de forma equitativa, participando por igual en cada una de las fases de la investigación.
2. El proceso de la solicitud del grado de bachiller debe ser en conjunto. Si uno de los autores está ausente, no se podrá iniciar el proceso.
3. Se podrá generar algunas excepciones, en las cuales el coautor o coautores que está(n) imposibilitado(s) en desarrollar el proceso de bachiller podrá ceder los derechos de autor patrimoniales de forma permanente al otro(s) coautor(es). Estos casos se darán como se expresa en la siguiente tabla:

CASO	ACTIVACIÓN DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR PATRIMONIAL
Muerte del coautor	Cesión de derechos de autor patrimonial permanente de forma automática.
Mudanza de un coautor a otra ciudad o país	Presentar el formato de cesión de derecho patrimonial explícito en el que el autor/coautor manifieste que no retornará a la ciudad y que cede sus derechos de autor patrimonial a su coautor de forma permanente.
Desistió de usar la tesis para la obtención de su título profesional	Presentar el formato de cesión de derecho patrimonial explícito en el que el autor/coautor manifieste que no utilizará la tesis y que cede sus derechos de autor patrimonial a su coautor de forma permanente.

Lima, 24 de Septiembre de 2019



Firma de autor 1
47272951
RENZO DARIO LUCA SEGURA



Firma de autor 2
Betzabeth L. Romero Rojas
47278796

[1] Coautor: Persona que participa en la creación de una obra o en el logro de un trabajo conjuntamente con otra persona.

COR-F-REC-VAC-05.08 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE S.A.C. Vigencia: 06/06/2018
 Pág.: 1 de 1 Versión: 01

ANEXO 2

ACTA DE APROBACIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

ACTA DE AUTORIZACIÓN PARA PRESENTACIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN	 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE
--	---

El Asesor Odar Roberto, Florián Castillo, docente de la Universidad Privada del Norte, facultad de Ingeniería, carrera profesional de Ingeniería Industrial, ha realizado el seguimiento del proceso de formulación, desarrollo, revisión de fondo y forma (cumplimiento del estilo APA y ortografía) y verificación en programa de antiplagio del Trabajo de Investigación del o los estudiantes(s)/egresado (s):

- LUCA SEGURA, RENZO DARIO
- BETZABETH VANESY ROMERO ROJAS

Por cuanto, **CONSIDERA** que el Trabajo de Investigación titulado

.....

, para

optar al grado de bachiller por la Universidad Priva del Norte, reúne las condiciones adecuadas en forma y fondo, por lo cual, **AUTORIZA** su presentación.

Con respecto al uso de la información de la empresa; el Asesor declara, según los criterios definidos por la universidad, lo siguiente:

- () Este trabajo Requiere autorización de uso de información de la Empresa.
- () Este trabajo No requiere autorización de uso de información.

Lima, 12 de diciembre del 2019

Mg. Odar Roberto, Florián Castillo

Asesor

CÓDIGO DE DOCUMENTO	COR-F-REC-VAC-05.06	NÚMERO VERSIÓN	02	PÁGINA	Página 1 de 1
FECHA DE VIGENCIA	11/04/2019				