

Soldadura por arco de plasma en el sector de la construcción y reparación de oleoductos y gasoductos del país

Plasma arc welding in the construction and repair sector of oil and gas pipelines in the country

Soldagem a arco plasma no setor de construção e reparo de oleodutos e gasodutos no país

Luis Jheovanny Reyna Tenorio

luis.reyna.tenorio@utelvt.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0002-1415-1833>

Facultad de Ingenierías de la Universidad Técnica Luis Vargas Torres de Esmeraldas-Ecuador.

Raúl Clemente Ulloa-de Souza

raul.ulloa@utelvt.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0003-1885-0161>

Facultad de Ingenierías de la Universidad Técnica Luis Vargas Torres de Esmeraldas-Ecuador.

Byron Fernando Chere-Quiñónez

byron.chere@utelvt.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0003-1886-6147>

Facultad de Ingenierías de la Universidad Técnica Luis Vargas Torres de Esmeraldas-Ecuador.

RESUMEN

La presente indagación tuvo como propósito general analizar la soldadura por arco de plasma en el sector de la construcción y reparación de oleoductos y gasoductos del país. El enfoque metodológico asumido fue el cuantitativo, de tipo descriptivo y de campo, con apoyo de un estudio documental. La población estuvo conformada por 12 participantes quienes dieron su consentimiento para participar del estudio. La técnica de recolección de datos empleada fue la encuesta y el instrumento un cuestionario de preguntas dicotómicas y de opción múltiple. El procesamiento de los datos se llevó a cabo mediante la estadística descriptiva. Resultados: 83.3%, de los encuestados tiene amplia experiencia en el área de la soldadura industrial; el 33.3 % de los encuestados indicó que la soldadura por arco con electrodo revestido (SMAW), es la más usada en la construcción de oleoductos y gasoductos para el transporte de hidrocarburos, coincidiendo con el 33.3%, que respondió a favor de la soldadura por arco metálico con protección de gas (GTAW); el 66,7% de los encuestados informó que conoce la tecnología por soldadura por arco plasma (PAW); 83.3% indicó que está dispuesto a participar de cambios con el fin de incorporar más frecuentemente la tecnología por soldadura por arco plasma (PAW) para mejorar los procesos. Conclusión: La soldadura por arco plasma (PAW) utiliza los mismos principios que la soldadura TIG, pero tanto la densidad energética como las temperaturas son en este proceso mucho más elevadas por lo que, se usa mayormente en uniones de alta calidad, con tecnología de precisión aplicada en el punto a soldar, puede ser empleada para soldar tuberías y tubos de acero inoxidable o titanio, por lo que su aplicación en la construcción y/o reparación de oleoductos y gasoductos para transportar hidrocarburos puede resultar ventajosa para mejorar la productividad, competitividad y el rendimiento.

Palabras Clave: Soldadura por arco de plasma, industria petrolera, oleoductos, gasoductos

ABSTRACT

The general purpose of this inquiry was to analyze plasma arc welding in the construction and repair sector of oil and gas pipelines in the country. The methodological approach assumed was quantitative, descriptive and field, with the support of a documentary study. The population consisted of 12 participants who gave their consent to participate in the study. The data collection technique used was the survey and the instrument was a questionnaire with dichotomous and multiple-choice questions. Data processing was carried out using descriptive statistics. Results: 83.3% of those surveyed have extensive experience in the area of industrial welding; 33.3% of those surveyed indicated that covered electrode arc welding (SMAW) is the most used in the construction of oil and gas pipelines for the transportation of hydrocarbons, coinciding with 33.3%, who responded in favor of arc welding, gas shielded metal arc (GTAW); 66.7% of those surveyed reported that they are familiar with plasma arc welding (PAW) technology; 83.3% indicated that they are willing to participate in changes in order to incorporate plasma arc welding (PAW) technology more frequently to improve processes. Conclusion: Plasma arc welding (PAW) uses the same principles as TIG welding, but both the energy density and temperatures are much higher in this process, so it is mostly used in high quality joints, with welding technology. Precision applied at the point to be welded, it can be used to weld stainless steel or titanium pipes and tubes, so its application in the construction and/or repair of oil and gas pipelines to transport hydrocarbons can be advantageous to improve productivity, competitiveness and performance.

Keywords: Plasma arc welding, oil industry, oil pipelines, gas pipelines

RESUMO

O objetivo geral desta pesquisa foi analisar a soldagem a arco plasma no setor de construção e reparo de oleodutos e gasodutos no país. A abordagem metodológica assumida foi quantitativa, descritiva e de campo, com o apoio de um estudo documental. A população foi composta por 12 participantes que consentiram em participar do estudo. A técnica de coleta de dados utilizada foi a survey e o instrumento foi um questionário com questões dicotômicas e de múltipla escolha. O tratamento dos dados foi realizado por meio de estatística descritiva. Resultados: 83,3% dos pesquisados possuem ampla experiência na área de soldagem industrial; 33,3% dos pesquisados indicaram que a soldagem a arco com eletrodo revestido (SMAW) é a mais utilizada na construção de oleodutos e gasodutos para o transporte de hidrocarbonetos, coincidindo com 33,3%, que responderam a favor da soldagem a arco. GTAW); 66,7% dos entrevistados relataram que estão familiarizados com a tecnologia de soldagem a arco de plasma (PAW); 83,3% indicaram que estão dispostos a participar de mudanças para incorporar a tecnologia de soldagem a arco de plasma (PAW) com mais frequência para melhorar os processos. Conclusão: A soldagem a arco plasma (PAW) utiliza os mesmos princípios da soldagem TIG, porém tanto a densidade de energia quanto as temperaturas são muito maiores neste processo, por isso é mais utilizada em juntas de alta qualidade, com tecnologia de soldagem. ser soldado, pode ser usado para soldar tubos e tubos de aço inoxidável ou titânio, de modo que sua aplicação na construção e/ou reparo de oleodutos e gasodutos para transporte de hidrocarbonetos pode ser vantajosa para melhorar a produtividade, competitividade e desempenho.

Palavras-chave: Soldagem a arco plasma, indústria petrolífera, oleodutos, gasodutos

Introducción

La soldadura para la industria en general, es de suma importancia para el desempeño de muchas de las actividades que se basan en disponer de componentes metálicos resistentes y duraderos para su maquinaria, sistemas y productos finales. Uno de estos procedimientos es la soldadura por arco plasma técnicamente conocida como PAW (Plasma Arc Welding). En adición a esto (Aguirre, 2010) destaca que los orígenes del proceso de plasma transferido por arco surgen como base del proceso de soldadura de arco de tungsteno y gas (GTAW). En la soldadura por arco de tungsteno y gas (gas tungsten arc welding, GTAW), el electrodo está hecho de tungsteno que no se consume y se utilizan gases inertes o semi-inertes como gas de blindaje (Loayza, 2016).

De este modo, la soldadura por arco plasma utiliza los mismos principios que la de arco de tungsteno y gas, pero difieren tanto en términos de densidad energética como en las temperaturas debido a que en el PAW estas variables son mucho más elevadas, ya que el estado plasmático se alcanza cuando un gas es calentado a una temperatura suficiente para conseguir su ionización, separando así el elemento en iones y electrones.

A este respecto (Sacco, 2020) destaca que en la soldadura por arco de plasma se produce la ionización del gas transformándolo en plasma, que posee elevadas temperaturas (del orden de 10000 °K) y debido al calor generado se produce la fusión de lo que se desea soldar y/o del material de aporte que se utiliza para unir los diferentes componentes. Asimismo, (Aguirre, 2010) expone que lo que se hace en el proceso de plasma transferido por arco, es pasar una cantidad de corriente a través de un electrodo de tungsteno no consumible y una boquilla constrictora para abrir o cerrar el arco, el metal de aporte, es en forma de polvo, el cual es suministrado por medio de una cavidad donde se hace fluir el material de aporte usando un gas inerte que funge como gas de arrastre.

Existen variados tipos de plasmas utilizados en soldadura dependiendo del tipo de gas que se utiliza para generarlos. La calidad de la soldadura varía y la profundidad de la zona térmicamente afectada también según el tipo de plasma que se esté utilizando, (Mendez, Gött, & Guest, 2015).

En los últimos tiempos, la soldadura por arco de plasma ha adquirido mayor participación en la industria, en opinión de (Kondapalli, Chalamalasetti, & Damera, 2012) entre los distintos procesos de soldadura de precisión, la soldadura por arco plasma (plasma arc welding, PAW) ha adquirido importancia en industrias de manufactura de pequeña y mediana escala en razón de sus costos y la facilidad para operar.

En la misma línea de ideas (Saif, 2020) reporta que la soldadura por arco de plasma se utiliza en la industria naval y aeroespacial; para soldar tuberías y tubos de acero inoxidable o titanio; en las industrias electrónicas; suele emplearse para reparar herramientas, tintes y moldes y también se utiliza

para soldar o recubrir álabes de turbinas. Se utiliza principalmente en uniones de alta calidad como las requeridas en plantas de procesos químicos, la industria petrolera y la construcción aeroespacial (Bonet, 2019).

Poniendo la atención en la industria petrolera, centro de interés de este estudio, según (Walteros, 2012) los procesos de soldadura asociados son un factor de vital importancia para durante el montaje de las tuberías para los oleoductos que transportan los hidrocarburos producidos en la industria del petróleo y gas. También para las empresas contratantes, debido a los diferentes factores que pueden ser medidos, y que en últimas definen la eficiencia, costo, calidad y tiempo de entrega del proyecto o producto (oleoductos). (Walteros, 2012).

Resulta oportuno indicar aquí que en la cadena logística del negocio de la industria de petróleo y gas, la entrega del producto al cliente final, se hace por medio del transporte a través de oleoductos desde los campos de producción hasta los puertos o las refinerías (Walteros, 2012). De ahí que, los oleoductos en la cadena de valor de la industria petrolera se consideran un elemento esencial que incide las capacidades nacionales de producción, transporte y exportación del crudo. Como requisito en el montaje y construcción de los oleoductos, los procesos de soldadura y materiales usados deben cumplir con los requerimientos citados en los estándares y normas de calidad para el transporte de hidrocarburos en tuberías (Walteros, 2012).

En particular, en Ecuador se puede encontrar distintos tipos de soldadura, varios de ellos tienen ya décadas siendo usadas, entre los que se citan: arco eléctrico, arco blindado, MIG/MAG, TiG, entre otros. Cada uno de los tipos de soldadura mencionados poseen características y beneficios que los han hecho ganarse un espacio en el mercado (El Oficial, 2018). En este mismo marco, en la nación ecuatoriana, para la construcción de oleoductos se han diseñado procedimientos diferentes aprobados para la soldadura de tubería (Estévez & Rosero, 2020). En esta área, la especificación API 5L (Especificaciones para Tubería de Línea) determina los requisitos para tuberías en el uso del transporte de agua, gas, aceite y petróleo. Se conoce además que en conjunto con la Norma API 5L, la norma API 1104 es la que se utiliza en el desarrollo de la soldadura de oleoductos (Estévez & Rosero, 2020).

En referencia a la clasificación anterior, la API 1104, alcanza tuberías de acero al carbono y aleados, utilizadas en bombeo, compresión y transmisión de petróleo y sus productos, gases combustibles, dióxido de carbono y nitrógeno abarca los siguientes temas (Rollino, 2015). De acuerdo a los códigos de construcción de la Asociación Estadounidense de Ingenieros Mecánicos (ASME, por sus siglas en inglés) ASME B31.4, ASME B31.8 y ASME B31-11; las soldaduras pueden ser realizadas con cualquier proceso, dentro de los que se encuentran, entre otros, la soldadura por arco con plasma (PAW) (Rollino, 2015).

Debido a la tendencia mundial de incrementar la capacidad de transporte de los ductos y la necesidad de manejar mayores presiones de trabajo, se han aumentado paulatinamente el tamaño de las tuberías, como forma de reducir los costos por manipulación y transporte de los tubos (Silva, Niño, & Villarreal, 2013). De esta forma se utilizan aceros de mayor resistencia y mejores propiedades físico-mecánicas, como API 5LX70, API 5LX80, API 5LX90, entre otros, con el fin de disminuir espesores de pared y por ende reducción del peso de los tubos (Silva, Niño, & Villarreal, 2013).

En consecuencia, también surge la necesidad de introducir nuevas tecnologías en soldadura como alternativa a la tecnología tradicional de soldadura (Soldadura de arco eléctrico manual y con electrodos revestidos), que ha traído consigo dificultades en la soldabilidad de los mismos, problemas de calidad, reprocesos y disminución de la productividad/rentabilidad, calidad y por ende la competitividad (Silva, Niño, & Villarreal, 2013).

Tomando en consideración lo antes planteado, surge el interés de realizar esta indagación para conocer la panorámica acerca de la situación en cuanto a los tipos de soldadura usadas en la empresa petrolera ecuatoriana, relacionados con la construcción y/o reparación de ductos, de tal manera de revelar el contexto de trabajo que enmarcan estas actividades en la actualidad que le permita aumentar el impacto que puedan tener éstos en las actividades de construcción y mantenimiento de las redes de transporte de hidrocarburos, que las definan en la realización de sus trabajos como una organización dedicada a la calidad, seguridad, respeto al medio ambiente y la comunidad.

A esta razón, la presente investigación tiene como objetivo general analizar el uso de la tecnología de soldadura por arco de plasma en el sector de la construcción de oleoductos y gasoductos del país.

Desarrollo

La soldadura por arco con plasma se considera generalmente como un refinamiento del proceso de soldadura por arco de tungsteno y gas (TIG). Utiliza las mismas fuentes de poder; pero en vez de un gas inerte (argón o helio), utiliza un gas formador de plasma, como el nitrógeno o el hidrógeno (Rodríguez & Villota, 2006).

En otro aporte, la soldadura por arco de plasma (PAW), según las consideraciones de (Thorntoon, 2001), es el más moderno método de soldadura con protección por atmósfera gaseosa es la soldadura metálica por arco de plasma y con gas inerte. El método PAW es muy similar a la soldadura por arco metálico en atmósfera gaseosa (GMAW), con la diferencia de que el arco debe atravesar un estrechamiento antes de alcanzar la pieza de trabajo, se obtiene de este modo un chorro de plasma muy rápido a una temperatura elevadísima (Thorntoon, 2001).

El plasma es una corriente ionizante de gas que sirve de soporte al arco y que se genera cuando éste se fuerza a través de un diminuto orificio del soplete. La técnica PAW forma un arco más caliente y concentrado que permite una soldadura más rápida. Salvo por el orificio que acelera el gas, el PAW es idéntico al GTAW, y utiliza un electrodo de tungsteno no consumible en una atmósfera protectora de gas inerte. La técnica PAW se utiliza casi siempre de forma manual (Thorntoon, 2001).

Modalidades

La soldadura por plasma (PAW), de acuerdo con (Bonet, 2019) se presenta en tres modalidades de soldadura:

- a.- Soldadura Microplasma, con corrientes de soldadura desde 0.1A hasta 20A, que genera un baño de soldadura similar al formado en GTAW (TIG), mediante el cual se derrite una parte del material de la pieza de trabajo debajo del arco.
- b.- Soldadura medioplasma o soldadura de plasma mediano: Fusión metal de metal, con corrientes de soldadura desde 20A hasta 100A, dónde el arco tiene mayor penetración.
- c.- Soldadura Keyhole u ojo de cerradura: Se emplea para uniones de placas y tuberías con corrientes de soldadura, por encima de los 100 Amp en el cual el arco plasma penetra todo el espesor del material a soldar.

Soldadura Empleadas en la Construcción de Oleoductos y Gasoductos

El sistema de transporte de los hidrocarburos desde los campos de producción hacia los diferentes puntos de refinación o de embarque para la exportación, se realiza mediante sistemas de tuberías, estas construcciones requieren de una óptima construcción, donde el proceso de soldadura tiene una función preponderante en la unión de los tubos de los oleoductos, poliductos y gasoductos.

En este entendimiento en el transcurrir del tiempo, según refieren (Rodríguez & Tole, 2017) se han ido optimizando las técnicas usadas en la construcción de estos sistemas, las cuales se encuentran enmarcadas dentro de las normas API (American Petroleum Institute), ASTM (American Society for Testing and Materials), ASME (American Society of Mechanical Engineers), entre otras.

Hoy en día, las uniones de los tubos se realizan por medio de proceso de soldadura SMAW (Shielded metal arc welding) también llamado de electrodo revestido (Rodríguez & Tole, 2017). Pero también existen otros procesos que pueden ser más rápidos y con mejor rendimiento en sus materiales consumibles, uno de ellos es el proceso de soldadura GMAW (Gas metal arc welding) o de electrodo desnudo con gas protector (Rodríguez & Tole, 2017).

Comprometida con la innovación tecnológica en el campo de las soldaduras para oleoductos y gasoductos para el transporte de hidrocarburos, se señala la tecnología de soldadura por arco plasma (PAW) (Rollino, 2015), que se usa mayormente en uniones de alta calidad con tecnología de precisión

aplicada en el punto a soldar. En este orden, (Lincoln Electric, 2018) hace hincapié en el hecho de que el proceso plasma es la extensión ideal para soldadura a Gas Tungsten Arc Welding (GTAW o TIG.) de espesores superiores a 3 mm. Garantiza el mismo nivel de calidad, mayores prestaciones y una penetración del 100% gracias a la tecnología Key-Hole u ojo de cerradura. El arco de “plasma” penetra en los paneles de unión a tope y cumple con los más altos estándares de calidad en soldadura y productividad para industrias tan diversas como la prefabricación de gasoductos y oleoductos, entre otras.

El Ojo de cerradura, ocurre cuando la densidad de potencia del láser está cerca a los 106W/cm, el material se funde y vaporiza en el punto de interacción, fenómenos como la presión de retroceso, y la tensión superficial crean una cavidad profunda cuyas paredes son material fundido, conforme el haz avanza en la trayectoria trazada, en sentido contrario a esta dirección el metal fundido se solidifica en el borde superior formando una zona de soldadura muy estrecha (Koutsomichalis & Vaxevanidis, 2017).

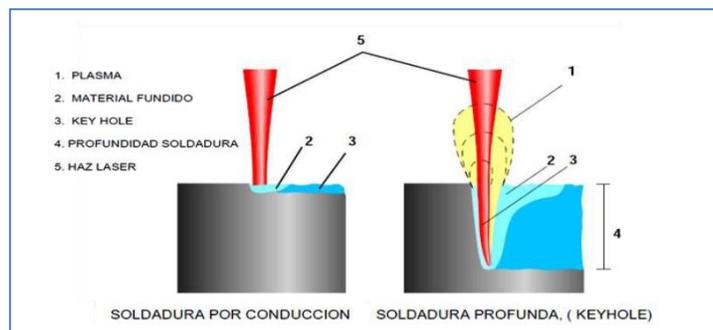


Figura 1. Comparación del perfil longitudinal de la soldadura por conducción y de la soldadura por keyhole
Fuente: Abecia, (2012)

Metodología

El enfoque metodológico asumido en esta indagación es de corte cuantitativo, resulta determinante para la obtención de datos cuantificables en la propia realidad abordada, para el caso que ocupa este estudio, se escogió como escenario de estudio una organización empresarial que ejecuta proyectos de ingeniería e infraestructura que involucran la construcción y reparación de oleoductos y gasoductos para el transporte de hidrocarburos en el mercado ecuatoriano, en la búsqueda de una panorámica sobre el uso de soldadura por arco de plasma en este sector en particular del país. Según expresan (Aliaga & Gunderson, 2000) “la investigación cuantitativa se trata de explicar fenómenos a través de la recolección de datos numéricos que son analizados matemáticamente, en particular la estadística.”(p.40).

El nivel del estudio fue descriptivo bajo una investigación de campo, de esta forma, de acuerdo con (Palella & Martins, 2012) el propósito de este nivel es el de interpretar realidades de hecho. Incluye descripción, registro, análisis e interpretación de la naturaleza actual, composición o procesos de los fenómenos (p.92). Por su parte una indagación de campo, a decir de estos mismos autores (Palella & Martins, 2012) “consiste en la recolección de datos directamente de la realidad donde ocurren los hechos, sin manipular o controlar variables. Estudia los fenómenos sociales en su ambiente natural” (p.88). Todo ello, permitió al investigador obtener de primera fuente los datos que luego se analizaron y valieron para establecer las conclusiones y construir la propuesta para solucionar el problema planteado.

La población de este estudio estuvo conformada por sujetos estrechamente vinculados al objeto de estudio y que son fundamentales para obtener la información necesaria que guía el interés de esta pesquisa, en este caso correspondió a 12 sujetos agrupados de la siguiente manera: el presidente del grupo de empresas (01), el gerente de operaciones (01) y el personal de soldadores (08) trabajadores. Al respecto, (Arias, 2006), señala que la población o universo se refiere al conjunto para el cual serán válidas las conclusiones que se obtengan a los elementos o unidades (personas, instituciones o cosas) a los cuales se refiere la investigación” (p.17). Con relación a la muestra (Balesterini, 2002) señala que “es una parte de la población, es decir, un número de individuos u objetos seleccionados, en donde cada uno de ellos es un elemento del universo” (p.57). Para efectos del estudio la muestra que se tomó correspondió con el mismo número de la población, por ser finita, pequeña y de fácil acceso.

En el correcto desarrollo de una investigación, además de la recolección de los datos numéricos, requiere de la recopilación de la información documental, misma que permite tener el registro para la construcción del cimiento teórico que apoya el desarrollo de cualquier pesquisa. Tomando en cuenta lo reseñado por (Arias, 2006) la investigación documental es: “un proceso basado en la búsqueda, recuperación, análisis, crítica e interpretación de datos secundarios, es decir, los obtenidos y registrados por otros investigadores en fuentes documentales: impresas, audiovisuales o electrónicas” (p.27).

Con respecto a lo anterior cabe agregar que la información se obtuvo vía online de las páginas web de Google Académico, publicaciones de revistas indexadas, repositorios digitales de universidades nacionales e internacionales, a través de las cuales se accedió a fuentes bibliográficas como artículos académicos, trabajos de titulación, de especialización, reportes, libros electrónicos, documentos normativos, entre otros.

Asimismo, la investigación cuantitativa cuenta con diversas técnicas para recopilar información entre las que podrían mencionarse como las más generalizadas: la observación directa, la encuesta y como instrumento el cuestionario, el análisis de contenido documental. Para (Palella & Martins, 2012), la

encuesta se define como: “una técnica destinada a obtener datos de varias personas cuyas opiniones interesan al investigador” (p.123). Esta técnica fue utilizada mediante el cuestionario como instrumento. Por su parte (Hernández, Fernández, & Baptista, 2010) explican que “un cuestionario consiste en un conjunto de preguntas respecto de una o más variables a medir” (pág. 217). Respecto al análisis de contenido (Krippendorff, 1990) lo define como “una técnica de investigación destinada a formular, a partir de ciertos datos, inferencias reproducibles y válidas que puedan aplicarse a su contexto” (p. 28). Es una técnica de interpretación de fuentes documentales bien sea escrita, oral, visual, que existen en los diversos sitios confiables que pueden albergar estos materiales.

Los datos cuantitativos fueron analizados bajo la estadística descriptiva, las cuales en opinión de (Hernández, Fernández, & Baptista, 2010) constituyen la descripción de los datos para luego analizarlos y relacionarlos entre sí con sus variables. La presentación de los resultados será expuesta bajo el formato de tabla de frecuencias.

Análisis e Interpretación de los Resultados

En esta sección se presentan los resultados obtenidos luego de recolectar los datos mediante la aplicación de una encuesta tipo cuestionario a las doce (12) personas de la empresa de construcción de oleoductos y gasoductos, objeto de estudio, el análisis utilizado está bajo el paradigma cuantitativo.

En torno al tiempo que tiene laborando en el área de soldaduras de construcción de oleoductos y gasoductos para el transporte de hidrocarburos ¿Cuánto años de experiencia tiene laborando en el área de soldadura para la construcción de oleoductos y gasoductos para el transporte de hidrocarburos en la empresa?

Tabla 1. Distribución frecuencial de los encuestados de la empresa de construcción y de reparación de oleoductos y gasoductos para el transporte de hidrocarburos, Ecuador en cuanto a la pregunta ¿Cuánto años de experiencia tiene Usted laborando en el área de soldadura para la construcción de oleoductos y gasoductos para el transporte de hidrocarburos en la empresa?

Alternativa	Frecuencia (F)	Porcentaje (%)
De 0 a 5 años	1	8.3
De 6 a 11 años	3	25
De 12 a 17 años	3	25
De 18 a 23 años	4	33.3
De 24 o más	1	8.3
TOTAL	12	100

Fuente: El autor (2022) datos obtenidos de la aplicación del instrumento de recolección de datos.

Análisis e Interpretación: La respuestas emitidas por la totalidad de los encuestados, dan cuenta de que el 8.3% de los trabajadores tiene de 0 a 5 años de experiencia laboral en el área el soldaduras de

construcción de oleoductos y gasoductos para el transporte de hidrocarburos; 25% manifestó tener de 6 a 11 años de experiencia; en idéntico sentido otro grupo respondió la opción de 12 a 17 años de conocimientos en el área; un 33.3% expresó que tiene entre 18 a 23 años laborando en dicho campo y otro 8.3% señaló tener de 24 o más años de experiencia laboral. De esto se infiere que la empresa cuenta con un número significativo de trabajadores experimentados en el área de la construcción de oleoductos y gasoductos para el transporte de hidrocarburos, debido a que si se suman las respuestas con mayor número de respuesta se obtiene 83.3%, lo que habla a favor del conocimiento acumulado y aprovechable dentro de la entidad.

Es evidente pues, que la empresa cuenta con una gran fortaleza en cuanto a la buena experiencia de sus colaboradores en el campo de la soldadura, los cuales si se quiere, están en la mejor etapa laboral, en virtud de que han ido adquiriendo conocimientos en el devenir del tiempo, pues, tal como refiere (Fienco & Luna, 2022), los soldadores experimentados abandonan el mercado laboral, a medida que los soldadores más experimentados llegan a la edad de jubilación, los soldadores más jóvenes toman su lugar y tienen diferentes expectativas sobre su entorno de trabajo, para lograr que trabajen sean más rápido que la generación anterior de soldadores que confiaban en sus habilidades en lugar de en la tecnología.

Acorde con lo precedente, el impulso para aumentar la productividad, la rentabilidad y la competencia, es una de las razones por la cual los procesos avanzados, como la soldadura por arco plasma (PAW), se utilizan cada vez más. Se ha destacado que la soldadura a nivel industrial es un proceso que da en entornos particulares, en el que se reúne un conjunto de técnicas para fusionar piezas metálicas, mediante la correcta implementación de los electrodos y al conocimiento de las aleaciones metálicas, la presencia de personal profesional y cualificado soldador, es fundamental, tanto para garantizar la calidad del trabajo como para mantener la seguridad laboral.

Tabla 2. Distribución frecuencial de los encuestados de la empresa de construcción y de reparación de oleoductos y gasoductos para el transporte de hidrocarburos, Ecuador, acerca de la interrogante: ¿Cuál considera Usted es la técnica de soldadura más empleada actualmente en la empresa?

Alternativa	Frecuencia (F)	Porcentaje (%)
Soldadura por arco con electrodo revestido (SMAW)	4	33.3
Soldadura por arco metálico con protección de gas (GTAW)	4	33.3
soldadura por arco con núcleo fundente (FCAW)	3	25
Soldadura por arco plasma (PAW)	1	8.3
TOTAL	12	100

Fuente: El autor (2022) datos obtenidos de la aplicación del instrumento de recolección de datos.

Análisis e Interpretación: De los resultados obtenidos, el 33.3 % de los encuestados indicó que la soldadura por arco con electrodo revestido (SMAW), es la más usada en la construcción de oleoductos y gasoductos para el transporte de hidrocarburos, coincidiendo con estas estimaciones 33.3%, respondió que la soldadura por arco metálico con protección de gas (GTAW), se usa con mayor frecuencia; 25% contestó que la soldadura por arco con núcleo fundente (FCAW) y 8,3% refiere que es la soldadura por arco plasma (PAW).

Por consiguiente, se infiere que la soldadura por arco con electrodo revestido (SMAW) y la soldadura por arco metálico con protección de gas (GTAW), son las técnicas más usadas en estos procesos. De acuerdo con, (Fienco & Luna, 2022) el proceso de GMAW es muy utilizado gracias a su bajo costo y productividad si se compara con GTAW (gas soldadura por arco de tungsteno) y otros procesos. No obstante, en esta indagación ambas técnicas gozan de gran aceptación en los procesos conducentes a la construcción y reparación de oleoductos y gasoductos para el transporte de hidrocarburos.

Tabla 3. Distribución frecuencial de los encuestados de la empresa de construcción y de reparación de oleoductos y gasoductos para el transporte de hidrocarburos, Ecuador, acerca de la interrogante: ¿Cuál considera Usted es la mejor técnica de soldadura para la construcción o reparación de oleoductos y gasoductos para el transporte de hidrocarburos en la actualidad?

Alternativa	Frecuencia (F)	Porcentaje (%)
Soldadura por arco con electrodo revestido (SMAW)	5	41.7
Soldadura por arco metálico con protección de gas (GTAW)	4	33.3
soldadura por arco con núcleo fundente (FCAW)	2	16.6
Soldadura por arco plasma (PAW)	1	8.3
TOTAL	12	100

Fuente: El autor (2022) datos obtenidos de la aplicación del instrumento de recolección de datos.

Análisis e Interpretación: Del 100% de los encuestados, el 41.7 % indicó que la soldadura por arco con electrodo revestido (SMAW) es la mejor técnica de soldadura para la construcción o reparación de oleoductos y gasoductos para el transporte de hidrocarburos en la actualidad, un 33.3% considera que es la soldadura por arco metálico con protección de gas (GTAW), un 16.6% estima como mejor método la soldadura por arco con núcleo fundente (FCAW) y 8,3% considera como la mejor a la soldadura por arco plasma (PAW).

Los resultados obtenidos reflejan que la mayoría de los participantes establece la soldadura por arco con electrodo revestido (SMAW) como el mejor método a emplear en las actividades de construcción o reparación de oleoductos y gasoductos para el transporte de hidrocarburos, seguida muy de cerca en las apreciaciones como mejor técnica la soldadura por arco metálico con protección de gas (GTAW), lo cual va en concordancia a lo planteado por (Estévez & Rosero, 2020) quienes han afirmado que una combinación de los procesos GTAW- SMAW, ha evidenciado que es el mejor para oleoductos.

Adicionalmente subrayan que para un oleoducto es importante que la soldadura tenga una resistencia a la tracción apropiada, pero además también un esfuerzo de fluencia apropiado (Estévez & Rosero, 2020).

Tabla 4. Distribución frecuencial de los encuestados de la empresa de construcción y de reparación de oleoductos y gasoductos para el transporte de hidrocarburos, Ecuador, acerca de la interrogante: ¿Conoce Usted la tecnología por Soldadura por arco plasma (PAW) como tendencia empleada en la construcción o reparación de oleoductos y gasoductos para el transporte de hidrocarburos en la actualidad?

Alternativa	Frecuencia (F)	Porcentaje (%)
SI	8	66.7
NO	4	33.3
TOTAL	12	100

Fuente: El autor (2022) datos obtenidos de la aplicación del instrumento de recolección de datos.

Análisis e Interpretación: De los resultados obtenidos, el 66,7% de los encuestados informó que conoce la tecnología por soldadura por arco plasma (PAW) como tendencia empleada en la construcción o reparación de oleoductos y gasoductos para el transporte de hidrocarburos en la actualidad; mientras que el 33,3% dijo no estar muy familiarizado con esta técnica de soldadura

De esto se infiere que la mayoría de los trabajadores conoce los procesos de la soldadura por arco plasma (PAW), pues la técnica de soldadura por plasma ofrece la ventaja de asegurar una buena continuidad del material entre los piezas a unir (Bonet, 2019), sin embargo, cuatro de participantes manifiestan no conocer la tecnología debido a que son nulas las actividades de su área donde se ha puesto en marcha esta tecnología, infiriéndose así, que el proceso PAW, a pesar de las posibilidades que está ofreciendo para obtener la soldadura con la calidad deseada muy pocas obras la están tomando en consideración.

Tabla 5. Distribución frecuencial de los encuestados de la empresa de construcción y de reparación de oleoductos y gasoductos para el transporte de hidrocarburos, Ecuador, acerca de la interrogante: ¿Estaría Usted de acuerdo en participar de cambios con el fin de incorporar más frecuentemente la tecnología por Soldadura por arco plasma (PAW) para mejorar los procesos del área de soldadura?

Alternativa	Frecuencia (F)	Porcentaje (%)
SI	10	83.3
NO	2	16.7
TOTAL	12	100

Fuente: El autor (2022) datos obtenidos de la aplicación del instrumento de recolección de datos.

Análisis e Interpretación: Las respuestas obtenidas por los encuestados apuntan al hecho de que, 83.3% indicó que esta dispuesto en participar de cambios con el fin de incorporar ms frecuentemente la

tecnología por soldadura por arco plasma (PAW) para mejorar los procesos del área de soldadura en la empresa, por su parte el 16.7% señaló que no están de acuerdo en participar de cambios con el fin de incorporar ms frecuentemente la tecnología por soldadura por arco plasma (PAW) para mejorar los procesos del área de soldadura. En atención a estas cifras, se infiere que la mayoría de los trabajadores están alineados con lo que se indica en la literatura sobre la cuestión de que la existe un esfuerzo continuo para desarrollar procesos para aplicaciones industriales que produzcan soldaduras de alta calidad y bajo costo. Algunos de los nuevos procesos que encajan en esta categoría son la soldadura por arco plasma (PAW) que mejora la capacidad de calentamiento del proceso, de esta forma se emplea para soldar chapas gruesas y finas con una excelente calidad, pues tiene una alta capacidad de penetración (efecto ojo de cerradura) (Koutsomichalis & Vaxevanidis, 2017).

Conclusiones

La soldadura por arco plasma (PAW) utiliza los mismos principios que la soldadura TIG, pero tanto la densidad energética como las temperaturas son en este proceso mucho más elevadas ya que el estado plasmático se alcanza cuando un gas es calentado a una temperatura suficiente para conseguir su ionización, separando así el elemento en iones y electrones, por lo que, se usa mayormente en uniones de alta calidad, con tecnología de precisión aplicada en el punto a soldar.

La soldadura por arco plasma (PAW), puede ser empleada para soldar tuberías y tubos de acero inoxidable o titanio, por lo que su aplicación en la construcción y/o reparación de oleoductos y gasoductos para transportar hidrocarburos puede resultar ventajosa. Los entendidos en la materia afirman que en la actualidad estas técnicas tienen una amplia aplicación, especialmente en la industria de automoción, industria aeroespacial, electrónica, construcción, química y petrolera, entre otras.

La innovación está presente en todas las áreas y la industria de la soldadura no es ajena a estos avances, por lo que las empresas y sobre todo, la empresa petrolera ecuatoriana, donde la soldadura para la construcción y/o reparación de oleoductos y gasoductos es fundamental, debe estar atenta para incorporar las mejores técnicas a sus procesos en aras de mejorar la productividad, competitividad y rendimiento.

Referencias Bibliográficas

- Abecia, A. (2012). Análisis de la aplicación de Soldadura de acero de calidad "A" mediante láser de Neodimio-YAG en construcción naval. *E.T.S.I. Navales (UPM)* .
- Aguirre, A. (2010). Estado del Arte del Proceso de Soldadura por Transferencia de Arco por Plasma en la Recuperación de Componentes de Acero Grado Herramienta. *Corporación Mexicana de Investigación en Materiales, Saltillo, Coahuila. Trabajo de Especialización*, pp.98.
- Aliaga, M., & Gunderson, B. (2000). *Estadísticas Interactivas*. Alabama.

- Arias, F. (2006). *El proyecto de Investigación: Introducción a la Metodología Científica*. Caracas, Venezuela: Editorial Episteme. 5ta Edición.
- Balesterini, A. (2002). *Como se Elabora el Proyecto de Investigación*. Caracas-Venezuela.
- Bonet, J. (2019). PAW- Plasma Arc Welding. *JD Engineering*. <https://es.linkedin.com/pulse/paw-plasma-arc-welding-joan-bonet>.
- El Oficial. (2018). Nuevas tendencias e innovaciones aplicadas en la soldadura. <https://eloficial.ec/nuevas-tendencias-e-innovaciones-aplicadas-en-la-soldadura/>.
- Estévez, A., & Rosero, S. (2020). Análisis Comparativo de Cuatro Procedimientos de Soldadura Utilizados en la Construcción de Oleoductos en el Ecuador. *Universidad Politécnica Nacional. Quito-Ecuador. Trabajo de Titulación*, pp.188.
- Fienco, C., & Luna, C. (2022). Reducción de tiempos en los procesos de soldadura en estructuras navales. *Universidad Politécnica Salesiana del Ecuador. Guayaquil. Trabajo de Titulación*. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/22907/1/UPS-GT003878.pdf>, pp.88.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2010). *Metodología de la Investigación*. México D.F, México: McGraw-Hill. Quinta Edición.
- Kondapalli, S., Chalamalasetti, S., & Damera, N. (2012). Advances in plasma arc welding : a review. *Journal of Mechanical Engineering and Technology; Vol. 4, No 1. ISSN: 2180-1053*. <https://journal.utem.edu.my/index.php/jmet/article/view/320/205> , pp.35-59.
- Koutsomichalis, A., & Vaxevanidis, N. (2017). Materials Science and Engineering: Concepts, Methodologies, Tools, and Applications. Chapter 14. Laser-Based Manufacturing Processes for Aerospace Applications. *SCOPUS*. <https://www.igi-global.com/chapter/laser-based-manufacturing-processes-for-aerospace-applications/175700>, pp.374-391.
- Krippendorff, K. (1990). *Metodología de análisis de contenido. Teoría y Práctica*. Piados Comunicación.
- Lincoln Electric. (2018). Series NERTAMATIC: Aplicaciones Automatizadas Plasma y TIG. <https://www.lincolnelectric.com/assets/EU/ES/automation/le-plasma-tig-automation-es.pdf>, pp.1-8.
- Loayza, J. (2016). Importancia y nuevos retos de la soldadura en aplicaciones industriales. *Revista Virtual Pro; Lima, Perú. No 175. ISSN 19006241*. <https://www.virtualpro.co/editoriales/20160801-ed.pdf>, pp.1-4.
- Mendez, P., Gött, G., & Guest, S. (2015). High Speed Video of Metal Transfer in Submerged Arc Welding. *Welding Journal 94 (10). Project: UP-Schweißen*. https://www.researchgate.net/publication/281085103_High_Speed_Video_of_Metal_Transfer_in_Submerged_Arc_Welding.
- Palella, S., & Martins, F. (2012). *Metodología de la Investigación Cuantitativa*. Caracas, Venezuela: Fondo Editorial de la Universidad Pedagógica Experimental Libertador (FEDEUPEL).
- Rodríguez, F., & Villota, S. (2006). Estudio de Factibilidad Para Implementar un Centro de Servicios en Soldadura en la ESPE. *Escuela Politécnica del Ejército (ESPE). Trabajo de Titulación*. <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/892/1/T-ESPE-014410.pdf>, pp.287.
- Rodríguez, S., & Tole, D. (2017). Estudio comparativo de soldadura mecanizada con procesos GMAW / FCAW o GTAW frente a procesos de soldadura manual en tubería de transporte de hidrocarburos. *Universidad Tecnológica de Pereira Colombia. Trabajo de Especialización*. <https://repositorio.utp.edu.co/server/api/core/bitstreams/49a0a7c7-ae4a-4d53-8805-ab5d998bdd0e/content>, pp.72.
- Rollino, R. (2015). Soldadura de Oleoductos, Gasoductos y Otras Líneas. *ASME. Setting the Standard*. <https://fddocuments.es/document/soldadura-en-oleoductos-y-gasoductos-api-1104.html?page=1>, pp.1-25.
- Sacco, S. (2020). Estudio de la Física Presente en Soldadura de Plasma. *Universidad de Chile. Santiago de Chile. Trabajo de Titulación*. <https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/179202/Estudio-de-la-fisica-presente-en-soldadura-de-plasma.pdf?sequence=1&isAllowed=y>, pp.98.
- Saif, M. (2020). Soldadura por arco de plasma: definición, funcionamiento, equipos, aplicaciones, ventajas. <https://www.theengineerspost.com/plasma-arc-welding/>, pp.1-18.
- Silva, E., Niño, J., & Villarreal, J. (2013). Estudio de Factibilidad Para Implementar un Proceso de Soldadura Automatizado en la Construcción de Oleoductos y Gasoductos . *Universidad Autónoma de Bucaramanga (UNAB), Colombia. Trabajo de Especialización*. https://repositorio.unab.edu.co/bitstream/handle/20.500.12749/11867/2013_Tesis_Silva_Mejia_Eduardo.pdf?sequence=1&isAllowed=y, pp.67.
- Thorntoon, J. (2001). Construcción y reparación de buques y embarcaciones de recreo. Capítulo 92. <https://www.insst.es/documents/94886/161971/Cap%C3%ADtulo+92.+Construcci%C3%B3n+y+reparaci%C3%B3n+de+buques+y+embarcaciones+de+recreo>, pp.92.1- 92.18.
- Walteros, O. (2012). Estado del Arte de los Procesos de Soldadura Involucrados en el Montaje de Tubería API 5 L Para Transporte de Hidrocarburos. *Universidad Libre de Colombia. Bogotá. Trabajo de Especialización*. <https://core.ac.uk/download/pdf/198442022.pdf>, pp.79.