



Universidad Nacional de Córdoba
Facultad de Ciencias Exactas,
Físicas y Naturales
Escuela de Ingeniería Industrial



“Mejora en el desempeño del proceso de soldadura en industria autopartista”

AUTORES

ESCUADERO, LEONARDO

DNI: 34.039.602

MARIANETTI LARRETA, MATÍAS

DNI: 32.084.538

TUTOR

Ing. AVILA, JULIA

CÓRDOBA, Noviembre 2016

Agradecimientos

A nuestras FAMILIAS, **GRACIAS!**

RESUMEN

El proyecto se llevó a cabo en la empresa Faurecia Sistemas de Escapes Argentina S.A. La misma se dedica a la fabricación de Sistemas de Escapes, siendo su principal cliente la firma Toyota (Hilux, y SW4).

En los últimos meses se detectaron inconvenientes que afectan directamente a la productividad de la empresa. Por un lado, se observó un aumento en los reclamos de calidad por parte del cliente, los cuales llegaron a valores que se encuentran fuera de los objetivos establecidos por el mismo, así también se observó un incremento en los costos de producción.

El objetivo de este proyecto es evaluar la situación actual para identificar el origen de los problemas antes mencionados, con el fin de encontrar una solución que satisfaga, por un lado, los requisitos de calidad del cliente, a la vez que mejorar el desempeño del principal proceso que tiene la empresa que es la soldadura.

Por este motivo es que los autores requirieron de la participación del personal involucrado en el proceso ya que tienen distintas funciones y disponen de la información necesaria. Se usaron herramientas como el Diagrama de Causa y Efecto (Ishikawa) con el cual se buscó encontrar la causa de los problemas y el Círculo PDCA (Planear, Hacer, Controlar y Actuar) para darle una solución a los mismos.

La elección de estas herramientas se realizó debido a que están enfocadas en la técnica de mejora continua, a fin de servir como base para la solución de futuros problemas que puedan llegar a suceder.

ABSTRAC

This project is developed in Faurecia Emissions Control Technologies Argentina S.A Company, which is devoted to produce exhaust system, being Toyota (Hilux and SW4) its main customer.

In the last few months some mistakes have been detected which directly affect the company's productivity. On the one hand, it has been observed an increase in the customer's claims about the quality of the products. On the other hand, it has been observed a rise in manufacturing costs.

The aim of this project is to evaluate the current situation in order to identify the cause of the problems mentioned above and to find their solution. This project is intended to satisfy the customer quality requirements and at the same time to improve the company's main process performance which is welding.

For this reason the authors needed the participation of the employees of the company. They have different functions and the right information.

It has been used some tools such as: Cause and Effect Diagram (Ishikawa) to look for the cause of the problems and PDCA Circle (Plan-Do-Check-Act) to fix them.

These tools have been chosen because they are oriented towards the continual improvement process so as to solve problems which may appear in the future.

Índice

CAPÍTULO 1: OBJETIVOS GENERALES Y ESPECIFICOS. PRESENTACIÓN DE LA EMPRESA	9
1. Introducción	9
1.1. Objetivos Generales.....	10
1.2. Objetivos Específicos	10
1.3. Presentación De La Empresa	11
1.3.1. Visión.....	12
1.3.2. Misión	12
1.3.3. Nuestros Valores	12
1.3.4. Política integrada	13
1.3.5. Being Faurecia (Ser Faurecia)	13
1.3.6. FES (Sistema De Excelencia Faurecia)	15
1.3.7. Faurecia En Córdoba.....	16
1.3.8. Cliente	16
1.3.9. Productos.....	17
CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO Y METODOLOGÍA DE TRABAJO	19
2.1. Marco Teórico	19
2.2. Metodología de Trabajo.....	20
CAPÍTULO 3: DESARROLLO DEL PROYECTO.....	21
3.1. Mejoras en los Procesos	21
3.2. Circulo P-D-C-A.....	22
P-D-C-A	24
3.3. ¿Qué ocurre durante la fase “planificar”?.....	25
3.4. Identificación Del Área De Mejora	28
3.5. Formación Del Equipo De Trabajo	31
3.6. Identificar Y Jerarquizar Los Problemas	32
3.7. Descripción Del Proceso De Producción.....	35
3.7.1. ¿Qué es un Proceso?	35
3.7.2. ¿Qué es manufactura?”	35
3.7.3. ¿Cómo se Identifican los Procesos Clave?	36
3.7.4. Procesos de manufactura.....	37
3.8. Descripción del Proceso de Soldadura	41

3.8.1.	Definición de soldadura MIG	41
3.8.2.	Antecedentes Generales	41
3.8.3.	Usos Y Ventajas.....	42
3.8.4.	Limitaciones.....	42
3.8.5.	Principio De Funcionamiento	43
3.8.6.	Equipo De Soldeo	44
3.8.7.	Autorregulación Del Arco.....	49
3.9.	Proceso GMAW (MAG/MIG) - Técnicas Operativas.....	51
3.9.2.	Modos De Transferencia.....	52
3.9.3.	Consumibles.....	59
3.9.3.1.	Introducción.	59
3.9.3.2.	Materiales De Aporte	60
3.9.3.3.	Gases De Protección.....	61
3.10.	Parámetros De Soldeo.....	63
3.10.1.	Relación Entre Los Parámetros	63
3.10.2.	Impedancia	64
3.10.3.	Extremo Libre Del Alambre Electrodo (“Stick-Out”)	66
3.10.4.	Velocidad De Desplazamiento	67
3.10.5.	Polaridad.....	67
3.10.6.	Posicionamiento de la torcha.....	67
3.10.7.	Ángulo De Desplazamiento	67
3.10.8.	Ángulo De Trabajo.....	68
3.11.	Fuente de soldadura utilizada en la empresa.....	69
P-D-C-A	71
3.12.	¿Qué ocurre durante la fase “hacer”?.....	72
3.13.	Descripción De La Situación Actual.....	73
3.13.1.	Análisis de las variables intervinientes en el proceso	74
3.13.2.	Medio Ambiente.....	74
3.13.3.	Mano de Obra.....	75
3.13.4.	Material	76
3.13.4.1.	Dimensiones de Tubos y Brida Plana	76
3.13.4.2.	Alambre de soldar	76
3.13.4.3.	Gas Inerte	77

3.13.5.	Máquina.....	79
3.13.5.1.	Máquina Torcha giratoria.....	79
3.13.5.2.	Máquina Mesa Giratoria.....	86
3.13.6.	Método	89
3.13.6.1.	Posición de la torcha	89
3.13.6.2.	Distancia desde el pico de la torcha a la brida.	90
3.13.6.3.	Modo de transferencia.....	91
3.13.6.4.	Parámetros de soldadura.....	91
3.13.7.	Conclusión del análisis de las variables	92
3.14.	Definición De Nuevas Variables	93
3.15.	Descripción de las acciones a realizar	94
3.16.	¿Qué ocurre durante la fase estudiar”?	96
3.16.1.	Muestra N°1.....	96
3.16.1.1.	Resultado de la Muestra N° 1	96
3.16.2.	Muestra N°2.....	100
3.16.2.1.	Resultado de la muestra n° 2	101
3.16.3.	Muestra N°3.....	102
3.16.3.1.	Resultado de la muestra n° 3	102
3.17.	Producción a mediana escala	103
3.19.	¿Qué ocurre durante la fase “actuar”?	105
3.20.	Pronóstico de implementación.....	105
CAPÍTULO 4: ESTIMACIÓN DEL AHORRO.....		108
4.1.	Introducción Estimación Del Ahorro	108
4.2.	Costos del proyecto	110
CAPÍTULO 5: CONCLUSIÓN		112
5.1.	Conclusión Proyecto Integrador	112
5.2.	Conclusiones Personales.....	113
BIBLIOGRAFÍA.....		114
ANEXOS.....		115
A.1.	Instructivo para medir diámetro interior de bridas	115
A.2.	Instructivo para medir diámetro interior de tubos	116
A.3.	Tabla de mediciones de tubos y bridas	117
A.4.	Instructivo para medir alambre de soldar	118

A.5. Certificado de Calidad de Alambre ER 308LSi	119
A.6. Registro de Autoinspección.....	120
A.7. Diagrama de Instalación de Gas de Protección	121
A.8. Recomendaciones de Parámetros	122
A.9. Hoja de Proceso.....	123

CAPÍTULO 1: OBJETIVOS GENERALES Y ESPECIFICOS. PRESENTACIÓN DE LA EMPRESA

1. Introducción

La revolución de las técnicas y tecnologías de la información han alterado la realidad internacional al proporcionar un acceso virtualmente libre a la información procedente del exterior, es decir la información se encuentra accesible desde cualquier parte del mundo y en cualquier parte del mundo. Esta es la principal evidencia de que nos encontramos en un proceso de globalización.

El concepto de globalización hace referencia al proceso económico y social que pretende conseguir la integración de las distintas economías nacionales en una única economía de mercado mundial.

La industria automotriz es uno de los mercados que se encuentra altamente globalizado, esto se ve reflejado en las preocupaciones que tiene el sector en el corto plazo, básicamente en tres puntos clave: el derrumbe de las ventas en Brasil (destino de la mitad de los vehículos producidos en Argentina) ; las dificultades para abastecer el mercado local (que se combinan con la elevada deuda comercial de las empresas con sus proveedores externos) y la agudización del deterioro de la competitividad por la apreciación cambiaria.

La caída de la demanda brasileña obligó a las terminales a recortar sus programas de producción, respecto de los pronósticos de relativa estabilidad que se planteaban a principio de año.

El retroceso de las exportaciones complica a su vez la operatoria en el mercado local, al reducir el ingreso de divisas y, con ello, las posibilidades de importación. Es así como hoy se da la paradoja de que existe una considerable demanda insatisfecha en Argentina, al mismo tiempo que se ubica en niveles record el excedente de capacidad en las fábricas de la región.

Aguas arriba, las autopartistas se hallan en una situación crítica en términos de competitividad y se enfrentan a plantas brasileñas que cuentan con 40% de capacidad ociosa. Casi sin posibilidades de exportación, las empresas del rubro se refugian en las ventas de repuestos, que se mantienen estables.

La contracara de este panorama poco alentador en el corto plazo, es una serie de proyectos de inversión, que permiten una mirada más optimista sobre la industria en el próximo quinquenio. Se estima que las automotrices invertirán unos USD 840 millones anuales entre 2014 y 2017, un 34% más que en el cuatrienio 2010-2013. Estas inversiones incluyen más modelos globales y el fortalecimiento del eje de especialización sobre las pick-ups y los utilitarios medianos, como plataforma de exportación a Latinoamérica.

Este nuevo ciclo traerá oportunidades de negocios en toda la cadena, pero también el desafío de recuperar la competitividad, tanto para poder enfrentar en los mercados a gigantes como México y los países asiáticos, como para fortalecer el entramado de proveedores autopartistas e incrementar el contenido local en la cadena.

Para ser competitivo con los proveedores extranjeros, las autopartistas locales deben enfocarse en el estudio de sus procesos, con el fin de mejorar la calidad, como así también disminuir los costos incurridos en la generación de sus productos.

1.1. Objetivos Generales

Relevar, evaluar, redefinir y rediseñar los parámetros en el proceso de soldadura, de sistemas de escapes, con el objetivo de mejorar el desempeño del mismo, satisfaciendo los requisitos de calidad del cliente.

1.2. Objetivos Específicos

- a) Relevar información del desempeño del proceso.
- b) A partir de los indicadores de desempeño, identificar el área de mejora.
- c) Conformar un equipo de trabajo.
- d) Identificar y jerarquizar los problemas.
- e) Describir el proceso de producción.
- f) Definir las causas de los problemas.
- g) Evaluar propuesta de intervención para solución y validar el diseño.
- h) Implementación a pequeña escala y medición.
- i) Pronóstico de implementación.
- j) Estimación del ahorro en costos de producción.
- k) Calculo de los costos asociados a la realización del proyecto.

1.3. Presentación De La Empresa



Este trabajo se desarrollará en la empresa Faurecia sistemas de escapes argentina, específicamente en la planta ubicada en la provincia de Córdoba.

Faurecia se formó en 1997 tras la fusión de Bertrand Faure, especialista en amortiguadores de asientos a base de resortes para la industria automotriz, y ECIA una filial de Peugeot, el fabricante de asientos frontales, interiores de automóviles y con la reputación de ser uno de los principales nombres de Europa en sistemas de escape.

Faurecia hoy cuenta con 320 plantas, incluyendo 30 centros de Investigación y Desarrollo en 34 países de todo el mundo, es ahora un líder global en sus cuatro áreas de negocio: asientos para automóviles, sistemas de interiores, exteriores de automóviles y tecnologías de control de emisiones. Faurecia es el número uno mundial de proveedores de marcos de seguridad y mecanismos, tecnologías de control de emisiones y de interiores de automóviles. El Grupo es también el tercer mayor proveedor mundial de sistemas de asientos completos y es marca líder de Europa en los exteriores de automóviles.



FIGURA 1. POSICIÓN DE LA FIRMA EN LOS MERCADOS

1.3.1. Visión

Ser el líder mundial en cada una de nuestras líneas de productos. Para lograrlo, centramos todos nuestros esfuerzos en la satisfacción de nuestros clientes, con el objetivo de llegar a ser la referencia en el mercado de proveedores de primer nivel, dando servicios a los principales fabricantes de automóviles.

Nuestro objetivo es crecer más rápido que el mercado y generar una rentabilidad sostenible.

Nuestra finalidad es la perfección técnica y nos guía la pasión por el automóvil.

1.3.2. Misión

Faurecia genera crecimiento rentable a largo plazo a través de:

- Asociaciones sustentables con todos nuestros clientes.
- Anticipación clara a las necesidades de los clientes.
- Innovación que crea valor.
- Posición líder en el mercado.
- Equipos unidos y motivados que administran nuestro despliegue global.

Faurecia brinda un sólido desempeño día a día gracias a:

- Sistemas y metodologías sólidas, impulsados por los productos.
- Excelencia en diseño, administración de programas y manufactura.
- Enfoque incansable en calidad y costos.

Faurecia tiene un compromiso social y una responsabilidad ambiental que fomenta:

- Un lugar de trabajo seguro y sano.
- Participación positiva en las comunidades locales.
- Transparencia interna y externa.

1.3.3. Nuestros Valores

Nos comprometidos a crear un ambiente motivador, sano y seguro para todos los empleados.

Construimos nuestro futuro individual y colectivo haciendo nuestros seis valores del grupo:

Valores Gerenciales:

- Espíritu empresarial: Recibir la responsabilidad de administrar los recursos tangibles e intangibles de la empresa, tomando iniciativas para el desarrollo de negocios, así como la creación de valor para convertirse en un referente del sector.
- Responsabilidad: Asumir totalmente las responsabilidades y la rendición de cuentas del ámbito propio. Comprometerse con el desempeño del negocio y el desarrollo de las personas.

- Autonomía: Tener la facultad para dirigir dentro del alcance de la responsabilidad propia y dentro de un sistema de autocontrol, respetando las normas del grupo y actuando con transparencia en todo momento.

Valores de Conducta:

- Respeto: Desarrollar asociaciones a largo plazo con todos los actores, tratándolos con equidad y respeto. Fomentar el desarrollo de empleados de todas las culturas para que alcancen su potencial máximo, reconociendo el buen desempeño.
- Ejemplo: Actuar como modelos a seguir, siguiendo el Código de administración como una pauta de comportamiento. Aplicar los sistemas y metodologías de grupo pragmáticamente en el diseño y la manufactura a través de la mejora continua.
- Energía: Emplear el impulso y la pasión de los empleados para lograr metas y desarrollar innovación que crea valor. Reaccionar ante situaciones cambiantes con agilidad y velocidad.

1.3.4. Política integrada

Faurecia Emission Control Technologies, **actuando en América del Sur en el segmento de componentes para vehículos**, se compromete a cumplir los requisitos legales aplicables, directrices y normas internas, controlar y prevenir la polución, promover la **mejora continua** y mantener un **canal de comunicación transparente** entre las partes interesadas. Nuestro enfoque de Calidad, Medio Ambiente, Salud y Seguridad atiende **las expectativas de nuestros clientes y otras partes interesadas**.

Conforme con el principio citado anteriormente Faurecia Emission Control Technologies busca:

- **Incentivar la mejora continua en los procesos**, previniendo cualquier impacto perjudicial para el medio ambiente, **ofreciendo productos y servicios de calidad** a precios competitivos dentro de los plazos;
- Garantizar a nuestros colaboradores el bienestar, salud y seguridad a través de la reducción de riesgos inherentes a los procesos, mejorando nuestro conocimiento y **habilidades mediante entrenamientos y capacitación**;
- Mantener un diálogo abierto y transparente entre todos los niveles de la Organización, reportando regularmente nuestras acciones y comportamientos.

La Dirección brinda **apoyo incondicional** al Sistema de Gestión de Calidad, Medio Ambiente, Salud, Seguridad y sus proyectos relacionados basados en los Objetivos de la Organización.

1.3.5. Being Faurecia (Ser Faurecia)

A principios del 2014 Faurecia lanzó una iniciativa nominada “Ser Faurecia” dirigida a transformar el sistema de gestión de la empresa, para ser uno donde los empleados tienen la responsabilidad tanto en plantearse los objetivos que se supone que tienen que cumplir y las formas en que deben alcanzarlos.

Esta cultura se representa con la siguiente pirámide:



FIGURA 2. CULTURA BEING FAURECIA

En la base se encuentra la cultura compartida, la cual está compuesta por la declaración de la misión y valores, código de gestión y ética para definir los comportamientos deseados.

Los sistemas operacionales son el corazón de « ser Faurecia ». Ellos aseguran la excelencia operacional y la consistencia en la forma en que operamos alrededor del mundo proporcionando una metodología de trabajo y lenguaje común.

Nuestro sistema operacional permite la autonomía y el empoderamiento, manteniendo un nivel adecuado de control. Cuando se aplica pragmáticamente, que nos permiten gestionar los negocios a través del auto-control.

Nuestro sistema operacional cubre tres subsistemas clave:



FIGURA 3.SISTEMA OPERACIONAL PRAGMÁTICO

1.3.6. FES (Sistema De Excelencia Faurecia)

FES es un sistema completo (procedimientos, normas, instrucciones, etc.), que involucra a todos los aspectos de las actividades de la compañía, incluyendo desde I + D hasta las ventas, pasando por la producción y todas sus funciones de apoyo.

El sistema consiste en aplicar el mismo criterio en todos los sitios de Faurecia en todo el mundo, lo que garantiza el mismo nivel de eficiencia, rendimiento y calidad.

La base del sistema es la participación de todos nuestros empleados. Nuestros proveedores son considerados como socios en el sistema.

FES es una mentalidad, un lenguaje común y, mejorar el rendimiento y fomentar la cultura de Faurecia.

Además, cuenta con una serie de indicadores que vinculan a los clientes, empleados, producción, logística y finanzas, los cuales son:

- Mpm. Eficiencia de las entregas
- Pdp. Plan diario de producción.
- Scrap. Desperdicio
- Inventory total. Inventario total
- Absenteism. Ausentismo
- DL overtime. Hora extras de mano de obra directa
- IL Overtime. Hora extras de mano de obra indirecta
- Mfg Cost (fixed + flex side). Costo de Manufactura (fijo + variable)

1.3.7. Faurecia En Córdoba

Breve reseña histórica de la planta de Córdoba.

En sus comienzos RECINAR era el nombre que la empresa recibió hasta el año 1965. Fábrica que trabajaba con plásticos y resina.

Luego se produce un gran cambio, pasa a llamarse PROFILE, dejando la actividad plástica para convertirse en una empresa metalúrgica de capitales locales; la misma estaba situada en barrio Alberdi, Auto Unión era su principal cliente. Llegó a tener más de 200 empleados hasta el año 1978, año en que Profile se traslada a la actual dirección, Ruta N° 9 km.695. Tiempos donde sus principales clientes eran Renault y Ford.

En 1997 se produce la fusión entre ARVIN y Profile, empresa de capitales Norteamericanos dedicada al igual que Profile a la producción de sistemas de escapes. De este modo se incorpora Chrysler con su planta en Córdoba como cliente.

En Octubre de 2003, la empresa comienza a funcionar como ARVIN-MERITOR incorporándose así a la firma, la producción de llantas para vehículos, actividad que no se realizaba en Córdoba.

En Mayo de 2007, todas las plantas de escapes de ARVIN-MERITOR son vendidas al grupo inversionista OEP perteneciente al JP Morgan Bank y adquiere el nombre de EMCON Technologies.

En Noviembre de 2009, el grupo autopartista FAURECIA que hasta ese momento era el competidor directo más importante para EMCON, adquiere del JP Morgan a todo el grupo EMCON en el mundo, convirtiéndose así en el líder mundial en escapes; a partir de Febrero de 2010, EMCON y toda la división de escapes de FAURECIA, pasa a llamarse, FAURECIA Emission Control Technologies.

1.3.8. Cliente



Actualmente el cliente de la empresa es Toyota a la cual provisiona de sistemas escapes, soportes de panel de instrumento y tubos de carga de combustible.

La producción tiene como destino las terminales de Toyota radicadas en Zárate (Buenos Aires, Argentina), Indaiatuba (Sao Paulo, Brasil) y Cumana (estado Sucre, Venezuela) para sus modelos de vehículos livianos Corolla, Hilux pick up y Hilux SW4.

1.3.9. Productos

En Córdoba la empresa se dedica a la fabricación de los siguientes productos:

Boca de Llenado de Combustible

- Toyota Corolla



FIGURA 4. BOCA DE LLENADO COROLLA

- Toyota Hilux SW4



FIGURA 5. BOCA DE LLENADO LARGA IMV
HILUX SW4



FIGURA 6. BOCA DE LLENADO CORTA IMV
HILUX

Escapes

- Toyota Hilux



FIGURA 7. ESCAPE FRONT



FIGURA 8. ESCAPE CENTER



FIGURA 9. ESCAPE TAIL

Panel de Instrumentos

- Toyota Hilux



FIGURA 10. PANEL DE INSTRUMENTO

CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO Y METODOLOGÍA DE TRABAJO

2.1. Marco Teórico

Teniendo en cuenta el objetivo de este trabajo y las áreas de conocimiento que son pertinentes abordar para su desarrollo, recurrimos a diversos autores que han realizado sus aportes teóricos y metodológicos sobre estos temas.

Para la definición de Procesos, como identificarlos y mejorarlos, recurrimos a Donna C. S. Summers en su libro Administración de la Calidad.

En lo que respecta a Procesos de Manufactura, extraemos conceptos del libro Fundamentos de Manufactura Moderna de Mikell P. Groover.

La tarea de elaboración de los conceptos y elementos relacionados a las herramientas de mejora continua y otras relacionadas con la gestión de la calidad, se basó en lo escrito por Kaoru Ishikawa, Edwards Deming y Andrés Senlle entre otros, que ofrecen los fundamentos teóricos para la aplicación de las herramientas de la calidad, la definición y redacción de la estructura documental y guías para la implementación del Sistema de Gestión de la Calidad. Para abordar el tema de PDCA y las herramientas necesarias para su implementación, tomamos a Donna C. S. Summers en Administración de la Calidad.

Los conceptos del proceso de soldadura, su principio de funcionamiento, tipos y elementos de una máquina de soldar, fueron extraídos de:

- a) Manual técnico de soldadura - AMERICAN WELDING SOCIETY- Prentice Hall.- 1994.
- b) Soldadura Semi Automática con Gas de Protección (MIG-MAG)- Departamento de Formación Lincoln-KD. S.A.
- c) Fundamentos de la soldadura por arco eléctrico- ESAB CONARCO.
- d) Soldadura: principios y aplicaciones- Larry Jeffus.

Para aplicar los cambios en los parámetros de soldadura y cómo influyen los mismos en el proceso en estudio, se acudió al Manual Técnico de la Fuente de soldadura Kemppi Pro MIG 501, debido a que es la que se utiliza actualmente.

Los conceptos de los ensayos metalográficos y sus aplicaciones fueron extraídos del libro Fundamentos de la práctica metalográfica de George L. Kehl Año 1954.

2.2. Metodología de Trabajo

Para el desarrollo de este trabajo se escogió como diseño metodológico el estudio de campo. Los datos de interés para el mismo, se recogieron en forma directa de la realidad, mediante el trabajo concreto de los autores.

Estos datos son de tipo primario, es decir, datos de primera mano, extraídos de sus fuentes originales, que permiten cerciorarse de las verdaderas condiciones en que se han conseguido los datos.

Dentro del estudio de campo, se abordó el trabajo, como un estudio de caso, ya que es un estudio profundizado y exhaustivo de la organización y los procesos seleccionados, lo que permitió tener un conocimiento amplio y detallado del mismo, imposible de alcanzar mediante otro tipo de diseño.

En resumidas cuentas, el proceso metodológico aplicado para desarrollar este trabajo, implica observar, relevar, describir, explicar y evaluar los procesos, identificar sus falencias, las causas de las mismas, realizar y evaluar propuestas de intervención adecuadas a la empresa, sus recursos y características y estimar el costo de la propuesta seleccionada.

Para eso seguiremos la siguiente secuencia de trabajo:

a) Relevamiento de datos: los mismos se suministraron por medio de la observación, entrevistas y control de documentación y registro.

b) Análisis de los datos: el análisis y la síntesis son procesos que permiten conocer la realidad del fenómeno en estudio, a partir de identificar sus partes (análisis), para ascender gradualmente al conocimiento más complejo y establecer sus características (síntesis). En este trabajo, del relevamiento se obtuvieron numerosos datos los cuales se procedió a ordenarlos, clasificarlos y analizarlos de manera sistémica, para transformarlos en información y luego interpretarlos.

c) Conclusiones y propuestas: los datos analizados, correlacionados y sintetizados permitieron obtener conclusiones sobre los principales aspectos de la organización y sus procesos, definiendo que las propuestas están guiadas a solucionar los problemas que tienen más impacto actualmente en el cliente, sin perder el enfoque en la rentabilidad de la empresa.

d) Mejoras en el proceso: el objetivo planteado de solucionar los problemas que impactan en el cliente, es el foco para las actividades que se desarrollaron con el fin de mejorar el proceso. Estas actividades se basaron en reiterados ensayos hasta lograr el cumplimiento de dicha meta, con posterior análisis de estabilidad del proceso y expansión horizontal en procesos similares que la empresa cuenta.

e) Estudio de rentabilidad: las mejoras en el proceso traen aparejada una variación en los costos, los cuales se evalúan como un porcentaje de ahorro con respecto a la situación actual.

CAPÍTULO 3: DESARROLLO DEL PROYECTO

3.1. Mejoras en los Procesos

Los procesos se mejoran mediante elaboración de mapas de procesos de valor agregado, aislamiento de problemas, análisis de las causas raíz y resolución de problemas. Muchos procesos se desarrollan con el paso del tiempo, sin preocuparse demasiado por saber si representan la manera más eficiente de ofrecer un producto o servicio. Para permanecer competitivo en el mercado mundial, las empresas deben identificar los procesos que desperdician recursos y mejorarlos. Los procesos que proporcionan los productos y servicios deben mejorarse con la intención de evitar defectos e incrementar la productividad al reducir el tiempo que toma un ciclo del proceso y eliminar el desperdicio. La clave para refinar procesos es concentrarse en éstos desde el punto de vista del cliente e identificar y eliminar las actividades que no agregan valor.

Existen dos metodologías paso a paso para mejorar procesos: el círculo Planificar-Hacer-Analizar-Actuar de Shewharts y Deming y el ciclo Definir-Medir-Analizar-Mejorar-Controlar de Seis Sigma.

Independientemente de los pasos específicos que se realicen, para mejorar procesos de manera eficaz es crucial:

- a) Determinar el objetivo del proceso, tal como se relaciona con el cliente.
- b) Determinar los límites de los procesos, tal como los ve el cliente.
- c) Involucrar en el esfuerzo de mejora a los representantes de cada actividad principal relacionada con el proceso. Identificar dónde existen conflictos entre los límites de los procesos, tal como se relacionan con departamentos estructurados por funciones.
- d) Identificar quién es el propietario del proceso.
- e) Crear un mapa de proceso que identifique todas las actividades del proceso.
- f) Separar las actividades que no agregan valor de las que sí lo agregan.
- g) Eliminar las actividades que no agregan valor.
- h) Identificar, analizar y eliminar la variación en el proceso.
- i) Determinar si las actividades de valor agregado restantes son en realidad la “mejor práctica”.
- j) Rediseñar el proceso con base en el conocimiento obtenido en los primeros nueve pasos.

Los autores eligen utilizar el círculo PDCA de Deming como metodología para la mejora del proceso que se estudiara.

3.2. Circulo P-D-C-A

El doctor W. Edwards Deming (1900-1993) asumió la misión de divulgar estrategias y prácticas de administración para lograr organizaciones eficientes. El doctor Deming recomendó que los directivos de primer nivel se involucren en el proceso de creación de un ambiente que apoye la mejora continua. Especialista en estadística, el doctor Deming se graduó de Yale University en 1928. Durante su desempeño profesional en el Departamento de Censos (Bureau of Census) de Estados Unidos —poco después de la Segunda Guerra Mundial— comenzó a difundir su mensaje en relación con la calidad.

El doctor Deming, quien describió su trabajo como “administración de la calidad”, consideraba que el consumidor es el factor más importante en la generación de productos o en el ofrecimiento de servicios. Tener en cuenta la voz del consumidor y luego utilizar la información obtenida para mejorar los productos y servicios, es parte integral de sus enseñanzas. Para él, la calidad debe definirse en términos de la satisfacción del cliente.

Deming plantea que las actividades tendientes a mejorar la calidad y los procesos constituyen el catalizador necesario para echar a andar una reacción económica en cadena. Mejorar la calidad provoca una disminución de los costos, menos errores, reducción del número de retrasos y mejor utilización de los recursos, factores que, a su vez, conducen a una mejor productividad, la cual da a la compañía la oportunidad de alcanzar una mayor participación de mercado, lo que le permite asegurar su permanencia en el negocio, con lo que se da lugar a la creación de más empleos (figura 11).

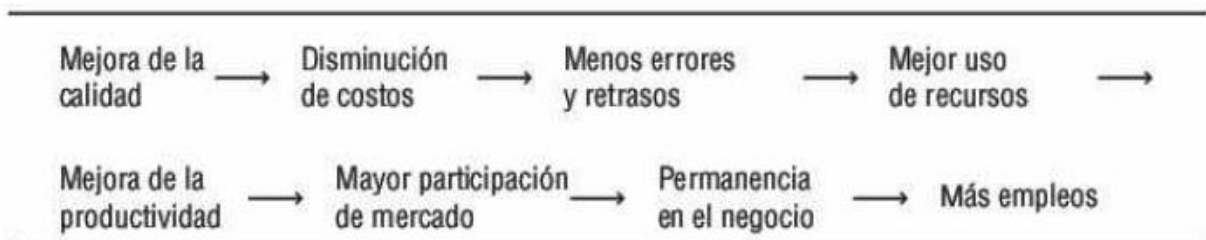


FIGURA 11. ESQUEMA DE LOS BENEFICIOS DE MEJORAR LA CALIDAD

Fuente: Administración de la calidad - Donna C. S. Summers - PEARSON Educación – Primera Edición.

El doctor Deming definió la calidad en términos de “sistemas conformes”, es preciso tomar en consideración a qué se refiere el término sistemas. Los sistemas permiten que las organizaciones proporcionen productos y servicios a sus clientes. Los sistemas no conformes dan lugar a productos y servicios defectuosos, lo cual redundaría en clientes insatisfechos.

De acuerdo con el doctor Deming, la mejora de procesos debe llevarse a cabo en tres etapas:

- a) **Etapa 1:** Lograr que el proceso esté bajo control mediante la identificación y eliminación de las fuerzas de variación incontroladas. Eliminar las causas especiales a que se puede achacar la variación.
- b) **Etapa 2:** Una vez que las causas especiales se han eliminado y el proceso es estable, buscar mejoras para el mismo. Investigar si hay desperdicio en el proceso.

Hacer frente a las causas comunes responsables de la variación controlada incluida en el proceso. Determinar si la introducción de modificaciones puede eliminarlas del proceso.

- c) **Etapa 3:** Supervisar el proceso mejorado para determinar si las modificaciones introducidas están funcionando.

La alteración puede evitarse al aislar y eliminar las causas raíz de la variación del proceso, mediante el uso del ciclo para resolución de problemas conocido como Planificar-Hacer-Estudiar- Actuar. Cuando nos enfrentamos a la mejora de procesos, es importante determinar la causa raíz de la variación. Al buscar las causas de variación del proceso, el doctor Deming recomienda utilizar el ciclo Planificar-Hacer-Estudiar-Actuar (conocido también como ciclo PDCA, por las siglas en inglés de Planificar [Plan], Hacer [Do], Controlar [Check], Actuar [Act]) en lugar de implementar una especie de solución de emergencia. Desarrollado originalmente por el doctor Walter Shewhart, el ciclo PDCA es un método sistemático para la resolución de problemas.

Cada paso del ciclo PDCA cuenta con objetivos establecidos, estos son:

- a) **Planear (Plan):** Reconozca una oportunidad y encuentre la causa raíz para planear el cambio. Esta parte del ciclo debe ser a la que mayor atención se preste, ya que la formulación de buenos planes redundará en soluciones bien pensadas.
- b) **Hacer (Do):** Tome acción para generar el cambio.
- c) **Controlar (Check):** Revise la prueba, analice los resultados e identifique lo aprendido.
- d) **Actuar (Act):** Si el cambio fue exitoso, incorpore lo aprendido en la prueba a áreas de cambio más amplias. Si no, siga los pasos de nuevo con un plan diferente.



FIGURA 12. REPRESENTACIÓN CIRCULO P-D-C-A

Fuente: Administración de la calidad - Donna C. S. Summers - PEARSON Educación – Primera Edición.

P-D-C-A

PLANIFICAR

(PLAN)

3.3. ¿Qué ocurre durante la fase “planificar”?

En la resolución de problemas, el ciclo PDCA pone un gran énfasis en determinar las condiciones actuales y en planificar cómo abordar un problema. En la fase de planificación, los investigadores del problema revisan los procesos, productos o servicios involucrados para determinar cómo se desempeñan en la actualidad. Esto da al equipo un punto de comparación contra el cual medir el éxito de sus mejoras. La planificación es la parte del ciclo PDCA que más tiempo toma, aunque también es la más importante. En las siguientes secciones se describen los pasos de la fase de planificación.

Paso 1: Aceptar que existe un problema

La información referente al (a los) problema(s) puede provenir de diferentes fuentes, incluyendo, pero no limitándose a, los departamentos de manufactura, ensamble, embarque o diseño de productos, o de empleados o clientes. Para remarcar la importancia de solucionar problemas, la administración debe participar en la aceptación e identificación de problemas. Durante la etapa de aceptación de problemas, éstos se describen en términos muy generales.

En este punto del proceso de resolución de problemas, la administración ha aceptado o identificado que existe un problema, pero aún no se han definido claramente los aspectos específicos del problema.

Paso 2: Formar equipos de mejora de la calidad

Una vez que se acepta la existencia de un problema y antes de enfrentar éste, se debe crear un *equipo interdisciplinario de resolución de problemas o de mejora de la calidad*. A este equipo se le debe encomendar la tarea de investigar, analizar y buscar una solución al problema en un plazo determinado. El equipo de resolución de problemas debe formarse con gente que tenga conocimiento del proceso o problema bajo estudio. La administración asigna a los equipos de proyecto un proceso, área o problema específico. Por lo general, este equipo se conforma con aquellos más cercanos al problema así como con algunos gerentes de nivel medio con facultades para realizar cambios.

Paso 3: Definir el problema

Una vez formado, el equipo de mejora de la calidad se dedica a definir con claridad el problema y su alcance. Existen diversas técnicas que pueden ayudar al equipo a determinar la verdadera naturaleza de su problema.

Técnica: Análisis de Pareto

El diagrama de Pareto es una herramienta gráfica para clasificar las causas de un problema desde la más significativa hasta la menos significativa. Bautizados con el nombre de Witfredo Pareto, los diagramas de Pareto son representaciones gráficas de la regla 80-20. Durante su estudio de la economía italiana, Pareto encontró que 80% de la riqueza en Italia estaba en manos de 20% de la gente, de ahí el nombre “regla 80-20”. En 1950 el doctor Joseph M. Juran aplicó este principio al control de la calidad cuando observó que 80% de las

pérdidas monetarias derivadas de problemas de calidad se debía a 20% de este tipo de problemas. Desde entonces, la regla 80-20, a través de los diagramas de Pareto, se ha aplicado a una amplia diversidad de situaciones, incluyendo tasas de desperdicio, ventas y errores de facturación.

Los diagramas de Pareto constituyen una útil herramienta para el análisis de problemas. Los problemas y sus costos asociados se acomodan de acuerdo con su importancia relativa en forma de gráfica de barras. Aunque el reparto no siempre es 80-20, el diagrama es un método visual para identificar cuáles problemas son más significativos. Los diagramas de Pareto permiten a los usuarios separar los pocos problemas vitales de los muchos que son triviales. El uso de los diagramas de Pareto también limita la tendencia de la gente a enfocarse en los problemas más recientes en lugar de en los más importantes.

Un diagrama de Pareto se elabora con los siguientes pasos:

1. Seleccionar el objeto para el diagrama, por ejemplo, una línea de producto específica que presente problemas, o un departamento o un proceso.
2. Determinar qué datos necesitan recopilarse. Determinar si van a registrarse cifras, porcentajes o costos. Determinar cuáles no conformidades o defectos se van a registrar.
3. Recopilar los datos relacionados con el problema de calidad. Asegurarse de que se establezca el periodo durante el cual se recopilarán los datos.
4. Registrar las veces que se presentan los eventos de cada categoría. Las categorías deben ser de los tipos de defectos o no conformidades.
5. Determinar el número total de no conformidades y calcular el porcentaje del total en cada categoría.
6. Determinar los costos asociados con las no conformidades o los defectos.
7. Seleccionar las escalas del diagrama. Por lo general, en la escala del eje y va el número de ocurrencias, el número de defectos, la pérdida monetaria por categoría o el porcentaje. Mientras tanto, en el eje x se muestran las categorías de no conformidades, defectos o elementos de interés.
8. Dibujar un diagrama de Pareto organizando los datos de la categoría más grande a la más pequeña. Incluir en el diagrama toda la información relevante.
9. Analizar el diagrama o diagramas. Las barras más grandes representan los pocos problemas importantes. Si pareciera no haber uno o dos problemas mayores, revise las categorías para determinar si es necesario otro análisis.

Paso 5: Analizar el problema/proceso

Una vez que se ha definido el problema, éste y sus procesos se investigan para identificar las restricciones potenciales y determinar las fuentes de dificultades. Los investigadores tratan de entender el problema de una manera más profunda. La información recopilada en esta etapa ayudará a determinar posibles soluciones. El análisis debe ser exhaustivo para poner al descubierto todas las complejidades implícitas u ocultas en el problema. Para entender un proceso involucrado, los solucionadores de problemas utilizan con frecuencia diagramas de flujo.

Paso 6: Determinar posibles causas

La determinación de las posibles causas de un problema requiere que el problema se defina claramente. Un diagrama de flujo da a los solucionadores de problemas una mayor comprensión de los procesos involucrados. Ahora la definición del problema se puede combinar con el conocimiento del proceso para aislar posibles causas del problema.

Técnica: Diagramas de causa y efecto

El *diagrama de causa y efecto* también se conoce como *diagrama de Ishikawa* por Kaoru Ishikawa, quien lo desarrolló, y como *diagrama de pescado* porque el diagrama terminado se parece al esqueleto de un pez. Un diagrama de este tipo puede ayudar a *identificar causas de no conformidad o productos o servicios defectuosos*. Los diagramas de causa y efecto se pueden utilizar junto con diagramas de flujo y diagramas de Pareto para identificar la(s) causa(s) de un problema.

Este diagrama es útil en una sesión de lluvia de ideas porque permite organizar las ideas que surgen. Los solucionadores de problemas sacan provecho de este diagrama pues les permite dividir un problema grande en partes más manejables. También sirve como representación visual para comprender los problemas y sus causas. El problema o efecto se identifica claramente en la parte derecha del diagrama, y las posibles causas del mismo se organizan en el lado izquierdo. El diagrama de causa y efecto también permite al líder de la sesión organizar lógicamente las posibles causas del problema y enfocarse en un área al mismo tiempo. El diagrama no sólo permite la representación de las causas del problema, también muestra las subcategorías relacionadas con estas causas.

Para construir un diagrama de causa y efecto:

1. Identifique claramente el efecto o problema. Coloque de manera concisa, en un recuadro al final de la línea, el efecto o problema señalado.
2. Identifique las causas. Establezca un debate sobre las posibles causas del problema. Para conducir el debate, aborde sólo una posible área de causa a la vez. Por lo general, las áreas comunes son métodos, materiales, máquinas, gente, ambiente e información, aunque se pueden agregar otras áreas si es necesario. Bajo cada área principal, se deben anotar las subcausas relacionadas con la causa principal. La lluvia de ideas es el método más utilizado para identificar estas causas.
3. Elabore el diagrama. Organice las causas y subcausas en el formato del diagrama.
4. Analice el diagrama. En este punto es necesario identificar soluciones. También se deben tomar decisiones respecto a la rentabilidad y la viabilidad de la solución.

3.4. Identificación Del Área De Mejora

Como se puede apreciar en la misión, visión y política integrada, la empresa cuenta con una estrategia orientada a la mejora continua de sus procesos con el fin de ofrecer productos y servicios de calidad que satisfagan las expectativas de los clientes, además de generar una rentabilidad sostenida.

Para cumplir con la estrategia, es importante una evaluación constante de los reclamos del cliente, como así también de los costos incurridos para la generación de dichos productos, ya que si los mismos son elevados atentan contra la rentabilidad de la empresa.

Estos criterios de control son considerados como críticos, es por ello que se analizan en los indicadores que la empresa cuenta en su cuadro de mando. Estos se denominan KPI (Key Performance Indicator), entre ellos se encuentra el siguiente:

- **PPM Customer:** expresado como la razón entre la cantidad de productos que el cliente recibe defectuosos sobre el total de productos despachados.

$$PPM\ Customer: \frac{N^{\circ}\ productos\ defectuosos\ entregados}{N^{\circ}\ total\ de\ productos\ entregados}$$

A continuación se muestran dicho indicador respecto al primer semestre del 2015:

PERIODOS Familia de Producto	ENERO			FEBRERO			MARZO			ABRIL			MAYO			JUNIO			Total Devolución
	Cantid.	Devolución	PPM	Cantid.	Devolución	PPM	Cantid.	Devolución	PPM	Cantid.	Devolución	PPM	Cantid.	Devolución	PPM	Cantid.	Devolución	PPM	
ESCAPES	14775	1	68	8124	3	369	22007	2	91	24803	3	121	27211	0	0	25947	3	116	12
COROLLA	3852	0	0	6973	0	0	5652	1	177	7200	1	139	6723	0	0	8208	0	0	2
IP	4884	0	0	8124	0	0	7417	0	0	8236	0	0	8988	1	111	8640	0	0	1
BOCAS IMV	4876	0	0	13235	0	0	7232	0	0	8148	0	0	8992	1	111	8584	0	0	1
BRACE	4872	0	0	13425	0	0	7236	0	0	8196	0	0	8940	0	0	8640	0	0	0
TOTAL	33.259	1	30	49.881	3	60	49.544	3	61	56.583	4	71	60.854	2	33	60.019	3	50	
ACUMULADO	33.259	1	30	83.140	4	48	132.684	7	53	189.267	11	58	250.121	13	52	310.140	16	52	

TABLA 1. INDICADOR PPM CUSTOMER

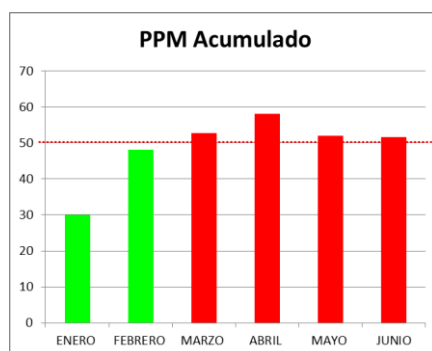


GRAFICO 1. PPM ACUMULADO

En las revisiones periódicas del indicador se observó que se encontraba fuera del objetivo establecido para este PPM Acumulado = 50, lo que llevará a un análisis más detallado de cuales fueron la causa de dichos incremento, con el fin de ejecutar acciones para corregir los desvíos.

Para identificar el área en donde se generan los inconvenientes en la calidad de los productos, comenzamos mostrando el Lay Out de la empresa. Antes, es importante destacar,

que el Lay Out de operaciones establece las prioridades competitivas de una empresa desde el punto de vista de la capacidad, proceso, flexibilidad y costos, así como también respecto de la calidad de vida en el trabajo, del contacto con el cliente y la imagen. Un Lay Out eficaz puede ayudar a una organización a conseguir estrategia que esté basada en diferenciación, bajos costos o rapidez de respuesta.

El objetivo de la estrategia de Lay Out es desarrollar un Lay Out económico que satisfaga los requisitos competitivos de la empresa. El Lay Out debe conseguir lo siguiente:

- a) Mayor utilización del espacio, equipos y personas.
- b) Mejora del flujo de información, materiales y personas.
- c) Mejora de la moral y la seguridad de las condiciones de trabajo de los empleados.
- d) Mejora de la interacción con el cliente.
- e) Flexibilidad.

Los diseños de Lay Out tienen que concebirse de manera dinámica. Esto implica que hay que pensar en equipos ligeros, móviles y flexibles, de tal manera que se permita un re Lay Out una ampliación o la adopción de un nuevo proyecto dentro de las mismas instalaciones.

Cuando se habla de Lay Out se habla de flujo de mercadería y de información. Al hacerlo también se debe tener en cuenta condiciones de seguridad y de ambiente. Dependiendo del tipo, hay que tratar de mejorar la interacción con el cliente.

El Lay Out de la empresa muestra la distribución actual de la misma, la cual cuenta con 15 sectores:



FIGURA 13. LAYOUT DE LA EMPRESA

Referencias:

1. Área producto terminado.
2. Materia prima.
3. GAP 1: Armado conjunto (Front, Center y Tail).
4. GAP 2: Curvadoras de escapes.
5. GAP 3: Silenciadores.
6. GAP 4: IP (Panel de Instrumentos).

7. GAP 5: Soldadura Tuerkas (Soldadura por proyección).
8. GAP 6: Soldadura de bocas de llenado.
9. GAP 7: Curvadora de bocas de llenado.
10. GAP 8: Armado de bocas Corolla.
11. GAP 9: Pintura de bocas de llenado.
12. GAP 10: Estampado.
13. GAP 11: Catalizadores.
14. GAP 12: Conformado de tubos.
15. GAP 13: Curvadora de tubos de respiro.

Los sectores productivos se organizan mediante 13 GAP (grupo autónomo de producción) los cuales se clasifican dependiendo del tipo de tareas que realicen.

Los GAP están conformados por pequeños grupos de empleados los cuales cuentan con un conjunto de tareas interdependientes entre ellos. Dichos equipos poseen una enorme flexibilidad, para lo cual los integrantes tienen habilidades semejantes.

Además se cuenta con operarios líderes, los cuales son responsables de los GAP. La cantidad de GAP que responden a un líder depende directamente del tamaño del GAP, es decir el número de operarios que lo conforman, es por ello que existen líderes con mayores números de GAP que otros.

Por último, como se muestra en la figura siguiente, en la estructura jerárquica operacional contamos con el supervisor, a quien responden los operarios líderes. Debido a que el grupo de trabajo es pequeño, se cuenta con un solo supervisor el cual responde al gerente del área.

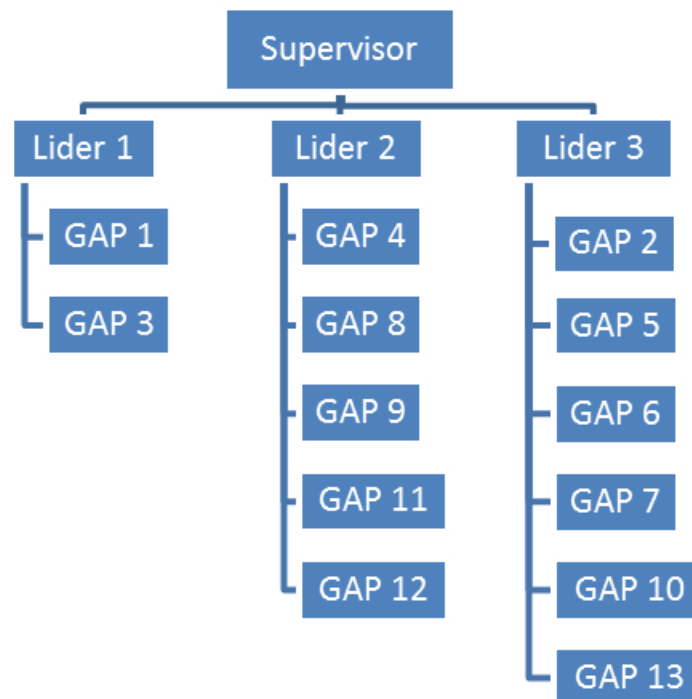


FIGURA 14. ESTRUCTURA JERARQUICA OPERACIONAL

Este proyecto integrador se desarrolla dentro del grupo que trabaja en el GAP 1 “Armado conjunto”, ya que en este se encuentra el proceso de soldadura de sistema de escapes, con el objetivo de reducir los defectos lo que genera en dicho proceso una mejora.

3.5. Formación Del Equipo De Trabajo

La metodología de P.D.C.A. contempla entre sus pasos, la formación de un equipo interdisciplinario para la solución del problema.

En nuestro caso, para el tratamiento del problema, el equipo de trabajo está compuesto por los autores de este proyecto y el personal considerado mano de obra involucrado en el proceso. Estos últimos se consideran de suma importancia ya que cuenta con información específica de cada puesto de trabajo y son:

- Operador de la célula
- Líder de célula
- Responsable área producción

Los autores del proyecto forman parte del área de ingeniería de procesos y del área de calidad. La función de estos es la de planificar, organizar y llevar adelante las reuniones de trabajo, relevar datos, monitorear el trabajo, realizar el análisis del proceso según los criterios de buenas prácticas de manufactura y la tecnología disponible, identificar los problemas, gestionar la información disponible en cada puesto y finalmente preparar las mejoras que se consideren aplicables y pertinentes.

3.6. Identificar Y Jerarquizar Los Problemas

Como ya se detalló anteriormente, el estudio será en el GAP 1 “Armado conjunto” el cual está constituido por tres células, Front, Center y Tail, sus nombres derivan de las distintas partes que conforman un sistema de escape. En cada una de estas células se producen los siguientes productos:

Front	Center	Tail
17401 – OC400	17403 – OC021	17405 – OL142
17401 – OC440	17403 – OC110	17405 – OL081
17401 – OC470	17403 – OL062	17405 – OL180
17401 – OC530	17403 – OL072	17405 – OL191
17401 – OL050	17403 – OL082	
17401 – OL060	17403 – OL121	
17401 – OL110		
17401 – OL120		
17401 – OL140		

TABLA 2. FAMILIA DE PRODUCTO

Recordando que el diagrama de flujo o diagrama de actividades es la representación gráfica de la secuencia de pasos, para obtener un cierto resultado, que permite la puesta en común de conocimientos individuales de un proceso y facilita la mejor comprensión global del mismo, este proporciona información sobre los procesos, en forma clara, ordenada y concisa. A continuación se ilustra un diagrama de flujo de los distintos componentes que abastecen dicho sector:

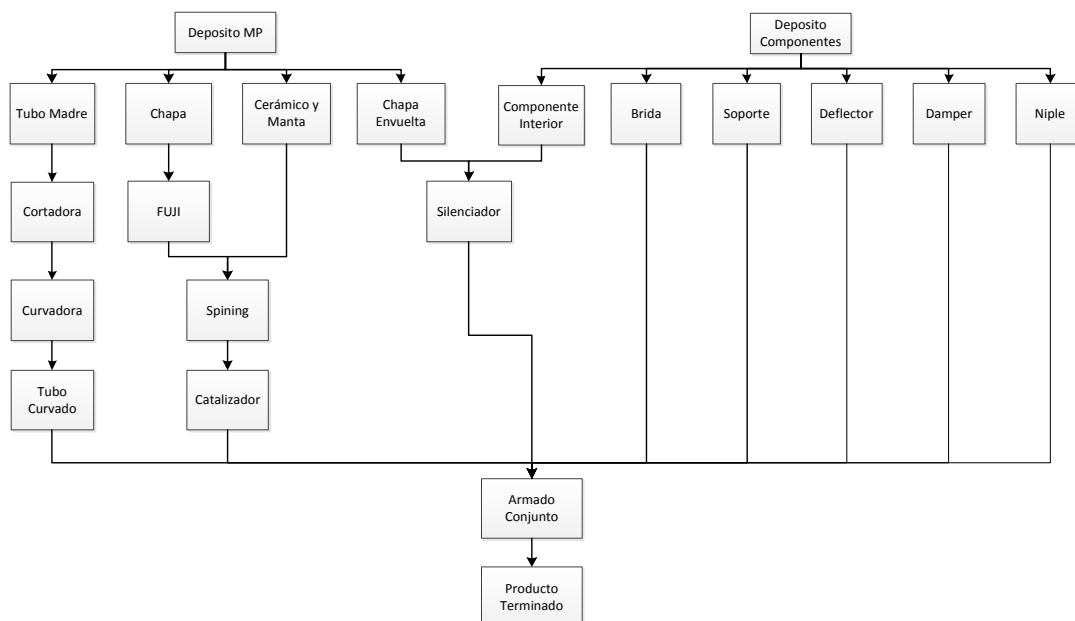


GRAFICO 2. FLUJOGRAMA CELULA ARMADO CONJUNTO

Todos los productos finales deben cumplir con ciertas especificaciones detalladas por el cliente, las cuales son pérdida de caudal, continuidad de soldadura, ruteo de pieza en calibre, poros en soldadura, restos de alambres, sobre penetración, falta de penetración y sensitización. Estas características son verificadas por medio de dispositivos (calibres finales y test de estanqueidad), de manera visual y por medio de ensayos destructivos (micrografía y macrografía, las cuales se realizan por muestreos).

Si bien ya se sabe cuáles son los productos que generan la mayoría de los reclamos del cliente, para saber dónde orientar todo nuestros recursos, se considera necesario estudiar cuál es la causa raíz de dichos reclamos. Dentro de los defectos que pueden generar estos reclamos encontramos:

- Sensitización.
- Sobre penetración.
- Poro en cordón de soldadura.
- Resto de alambre en cordón de soldadura.
- Falta de penetración.
- Fuera de calibre.
- Falta de continuidad en cordón de soldadura.
- Falta de identificación.
- Perdidas de presión interna.

A continuación se jerarquizan dichos reclamos para luego analizarlos mediante un diagrama de Pareto:

PERIODOS	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	Total de defectos	Porcentaje acumulado (%)
Tipos de defectos	Cantid.	Cantid.	Cantid.	Cantid.	Cantid.	Cantid.		
SENSITIZACIÓN	1	1	0	2	1	1	6	38
SOBRE PENETRACIÓN	0	1	1	1	0	0	3	56
PORO EN SOLDADURA	0	1	1	0	1	0	3	75
RESTO DE ALAMBRE	0	0	0	1	0	1	2	88
FALTA DE PENETRACIÓN	0	0	0	0	0	1	1	94
FUERA DE CALIBRE	0	0	1	0	0	0	1	100
CONTINUIDAD DE SOLDADURA	0	0	0	0	0	0	0	100
IDENTIFICACIÓN	0	0	0	0	0	0	0	100
PERDIDA	0	0	0	0	0	0	0	100
TOTAL	1	3	3	4	2	3	16	

TABLA 3. CAUSA DE RECLAMOS POR MES

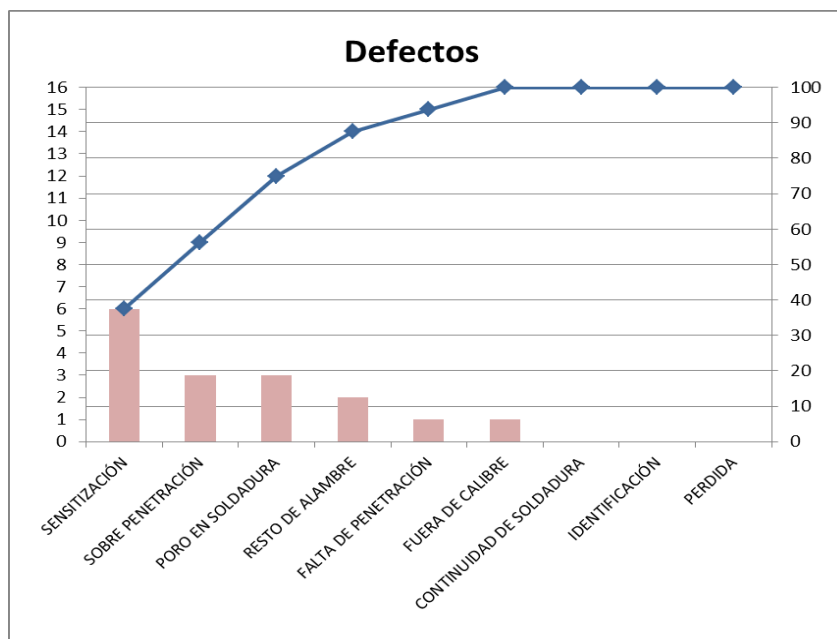


GRAFICO 3. DIAGRAMA PARETO DE CAUSA DE RECLAMOS

Al observar el diagrama de Pareto se determina que el 20% de los defectos son generados por los reclamos de sensitización, sobre penetración, poro en soldadura y resto de alambre. Es por ello que enfocamos nuestros esfuerzos en continuar analizando estos puntos.

Ahora bien estos defectos son propios del proceso de soldadura y la mayoría de los componentes se ensamblan mediante este proceso, por lo cual sería de gran utilidad contar con la información sobre en qué uniones soldadas se generan los defectos.

Por esto es que analizamos los reclamos que se deben a alguno de los tres defectos, para saber en qué cordón de soldadura se produjeron:

Familia de Producto	Front				Center				Tail				Total
	Sensitización	Sobre Penetración	Poros en Soldadura	Resto de alambre	Sensitización	Sobre Penetración	Poros en Soldadura	Resto de alambre	Sensitización	Sobre Penetración	Poros en Soldadura	Resto de alambre	
Unión de tubo con:													
Brida plana	2	0	1	0	3	0	1	1	1	1	0	0	10
Soporte	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	2
Niple	0	1	0	0	-	-	-	0	-	-	-	0	1
Contrapeso	0	0	1	0	-	-	-	0	-	-	-	0	1
Brida esférica	0	0	0	0	-	-	-	0	-	-	-	0	0
Catalizador	0	0	0	0	-	-	-	0	-	-	-	0	0
Silenciador	-	-	-	0	0	0	0	0	-	-	-	0	0
Deflector	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	2	1	2	0	3	1	1	2	1	1	0	0	14

TABLA 4. CANTIDAD DE DEFECTOS POR CORDON DE SOLDADURA

A simple vista se aprecia que los defectos más frecuentes se encuentran en la unión entre el tubo y la brida plana. Para los tres productos, esta unión se realiza por soldadoras circulares automáticas; el resto de las uniones que presentan reclamos son soldaduras manuales.

Con esta información, se evidencia que los defectos en las soldaduras manuales no son significativos respecto a las soldaduras circulares automáticas, es por ello que estos tipos de soldaduras son el foco de estudio.

3.7. Descripción Del Proceso De Producción

3.7.1. ¿Qué es un Proceso?

Para satisfacer a sus clientes, una empresa debe contar siempre con procesos y sistemas que funcionen como lo requiere el cliente. Un proceso recibe entradas y realiza actividades de valor agregado sobre esas entradas para crear una salida (figura 13). Cualquier empresa, de las industrias de la manufactura o de servicios, tiene procesos claves que debe realizar perfectamente bien para atraer y retener a clientes a quienes pueda venderles sus productos o servicios.

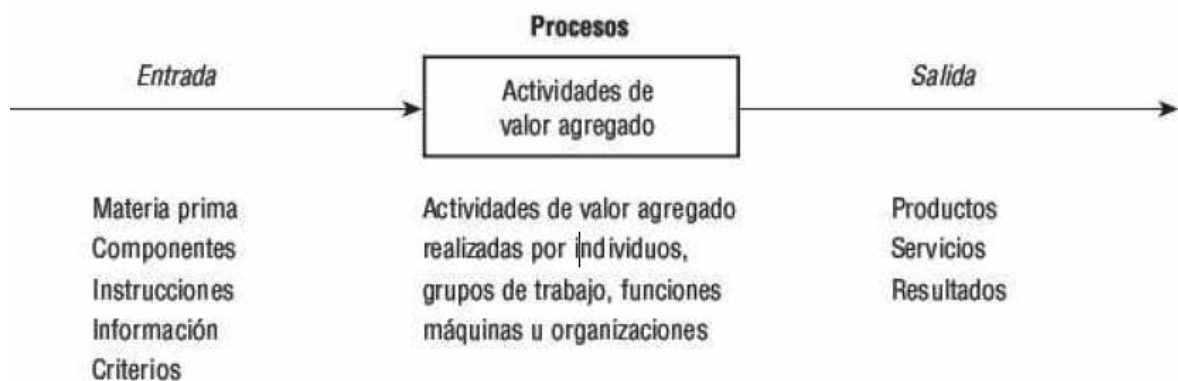


FIGURA 15. QUÉ ES UN PROCESO

Fuente: Administración de la calidad - Donna C. S. Summers - PEARSON Educación – Primera Edición.

Los procesos de negocios cruciales o clave funcionan en conjunto dentro de una organización para cumplir la misión y los objetivos estratégicos de la misma. Si los procesos de una organización no funcionan en conjunto, o si lo hacen de manera ineficiente, entonces el desempeño de la organización será menor del que pudiera alcanzar. Las organizaciones eficientes reconocen que para ofrecer lo que sus clientes necesitan, desean y esperan, deben enfocarse en mantener y mejorar los procesos que les permitan cumplir estas necesidades, deseos y expectativas.

3.7.2. ¿Qué es manufactura?"

La palabra manufactura se deriva de las palabras latinas manus (manos) y factus (hacer); esta combinación de términos significa "hacer con las manos". La palabra inglesa manufacturing tiene ya varios siglos de antigüedad, y la expresión "hecho a mano" describe precisamente el método manual que se usaba cuando se acuñó la palabra. Gran parte de la moderna manufactura se realiza con maquinaria computarizada y automatizada que se supervisa manualmente.

La manufactura, como campo de estudio en el contexto moderno, puede definirse de dos maneras: tecnológica y económica. Tecnológicamente es la aplicación de procesos químicos y físicos que alteran la geometría, las propiedades o el aspecto de un determinado material para elaborar partes o productos terminados: la manufactura incluye también el ensamble de partes múltiples para fabricar productos terminados. Los procesos para realizar la manufactura

involucran una combinación de máquinas, herramientas, energía y trabajo manual, tal como se describe en la figura 16 (a). La manufactura se realiza casi siempre como una sucesión de operaciones. Cada una de ellas lleva al material cada vez más cerca del estado final deseado.

Económicamente, la manufactura es la transformación de materiales en artículos de mayor valor, a través de una o más operaciones o procesos de ensamble, como se muestra en la figura 16 (b).

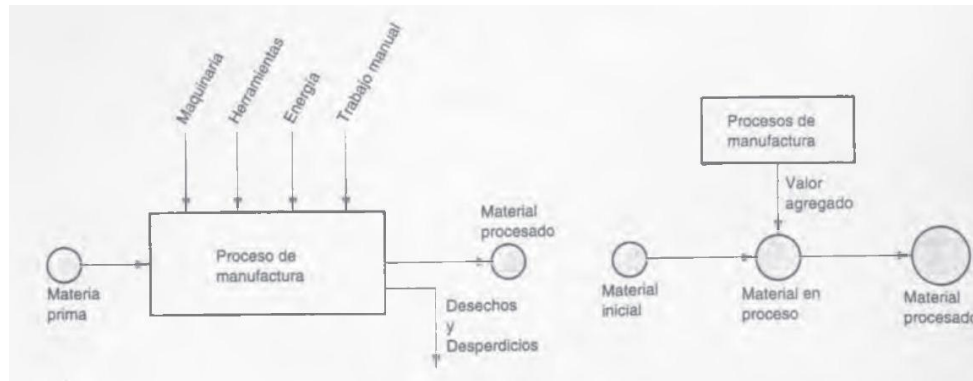


FIGURA 16. DOS MANERAS DE DEFINIR MANUFACTURA: (A) COMO UN PROCESO TÉCNICO Y (B) COMO UN PROCESO ECONÓMICO

Fuente: Fundamentos de la práctica metalográfica - George L. Kehl - Editorial: Ed. Aguilar, Madrid, 1954

El punto clave es que la manufactura agrega valor al material original, cambiando su forma o propiedades, o al combinarlo con otros materiales que han sido alterados en forma similar. El material original se vuelve más valioso mediante las operaciones de manufactura que se ejecutan sobre él. Cuando el mineral de hierro se convierte en acero, se le agrega valor. Cuando la arena se transforma en vidrio, se le agrega valor. Lo mismo sucede cuando el petróleo se refina y convierte en plástico y cuando el plástico se moldea en una compleja geometría de una silla de patio, se hace aún más valioso.

Las palabras producción y manufactura se usan frecuentemente en forma indistinta. Producción tiene un significado más amplio que manufactura. Se puede decir por ejemplo, “producción de petróleo crudo”, pero la frase “manufactura de petróleo crudo” queda evidentemente fuera de lugar; no obstante, las dos palabras son aceptadas.

3.7.3. ¿Cómo se Identifican los Procesos Clave?

Los procesos claves son los procesos de negocios que tienen el mayor impacto en las percepciones de valor por parte del cliente acerca del producto o servicio y el mayor impacto en la retención del cliente.

Las organizaciones eficaces concentran los esfuerzos de mejoramiento de sistemas y procesos en los procesos de negocios que incrementen su competitividad. El reto para las organizaciones actuales es implementar sistemas que reduzcan la frecuencia de errores humanos e idear formas para limitar las consecuencias derivadas de los errores que ocurren. Las organizaciones eficientes diseñan sistemas para investigar y analizar el desempeño de los procesos con el fin de detectar las causas raíz de los problemas y tomar las acciones correctivas necesarias. Al manejar sus procesos de negocios de manera eficaz, las organizaciones consiguen mejoras significativas en su desempeño general que se reflejan en las utilidades del estado de pérdidas y ganancias.

3.7.4. Procesos de manufactura

Los procesos de manufactura pueden dividirse en dos tipos básicos:

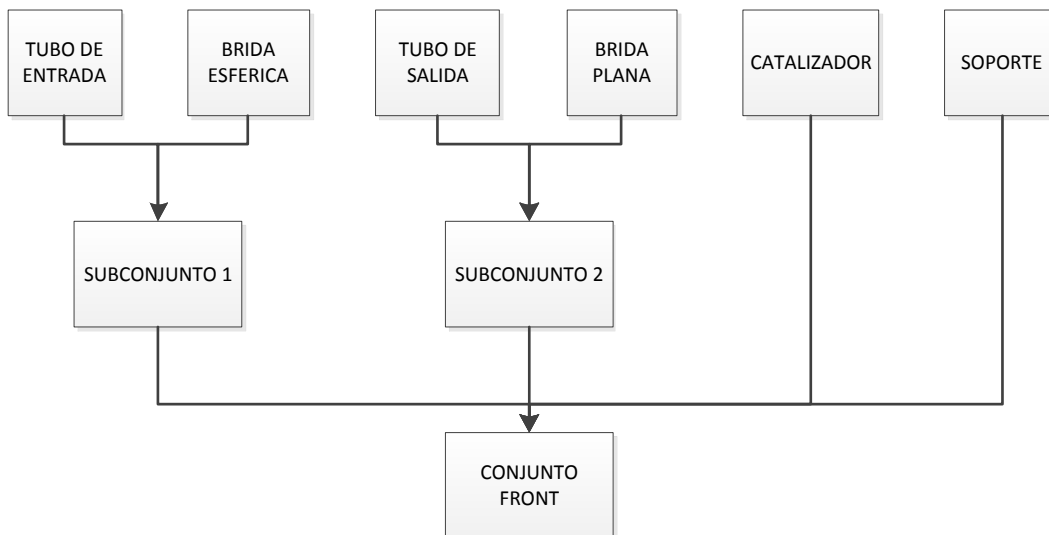
1. operaciones de proceso.
2. operaciones de ensamble.

Una operación de proceso transforma un material de trabajo de una etapa a otra más avanzada, que lo sitúa cerca del estado final deseado para el producto. Esto le agrega valor al cambiar la geometría, las propiedades o la apariencia del material inicial. Por lo general, las operaciones de proceso se ejecutan sobre partes discretas de trabajo, pero algunas de ellas se aplican también a artículos ensamblados. Una operación de ensamble une dos o más componentes para crear una nueva entidad llamada ensamble, subensamble o cualquier otra manera que se refiera al proceso de unir (por ejemplo a un ensamble soldado se le llama conjunto soldado).

En la empresa donde se lleva a cabo el proyecto se practican conjuntamente procesos de manufactura de ambos tipos básicos. El foco de este trabajo se aplica en sectores de la empresa donde se realiza el ensamble, por medio de uniones soldadas, de distintos componentes que ya sufrieron modificaciones en su geometría, es por ello que el tipo de proceso en estos sectores es el de operaciones de ensamble.

A continuación explicaremos el proceso productivo de las células Front, Center y Tail mediante los flujogramas de los procesos, en ellos se podrá observar las operaciones en las cuales se realiza el estudio y el tipo de maquinaria que se utilizan.

Célula Front



GRÀFICO 4: FLUJOGRAMA CELULA FRONT

En este caso, la brida de salida y el tubo de salida son los componentes que cumplen con las características especificadas anteriormente y son soldados para conformar el subconjunto 2.

En esta célula, para el proceso de soldadura de dichos componentes se utiliza una máquina que cuenta con un plato, un dispositivo y un brazo sobre el cual se encuentra la torcha de soldar. El plato está fijo al equipo mientras que el brazo es el que realiza el giro para

desarrollar la trayectoria del cordón de soldadura. En la imagen a continuación se puede apreciar esta máquina:



FIGURA 17: MÁQUINA TORCHA GIRATORIA CÉLULA FRONT

Célula Center

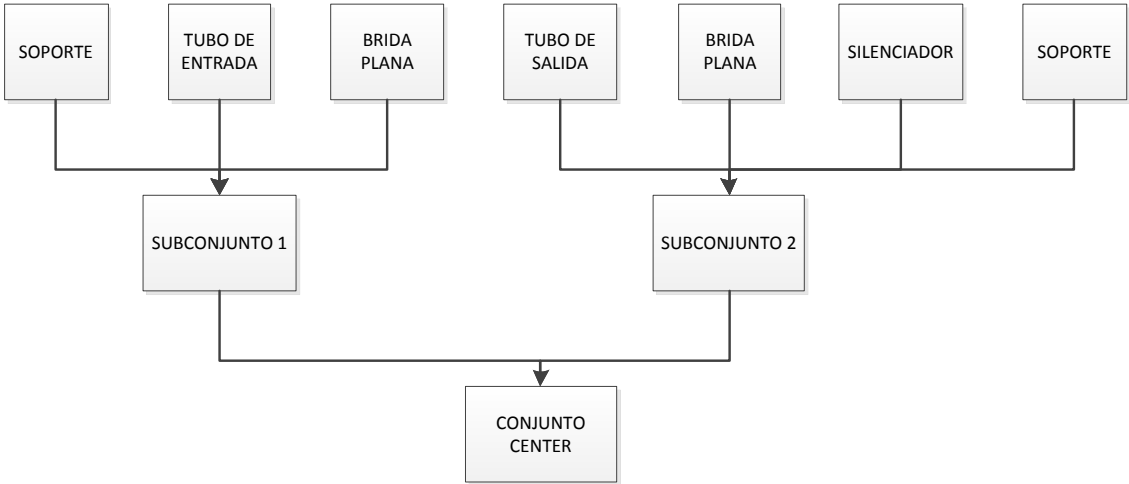


GRÁFICO 5: FLUJOGRAMA CÉLULA CENTER

La máquina que se utiliza para la unión del tubo de entrada con la brida de entrada es la torcha giratoria, la cual posee el mismo principio de funcionamiento que en el caso anterior.



FIGURA 18: MÁQUINA TORCHA GIRATORIA CÉLULA CENTER

Para la soldadura del tubo de salida y la brida de salida se realiza en una máquina denominada mesa giratoria, este equipo consta de un plato donde se sujeta el dispositivo de soldadura y un brazo mecánico para la aproximación de la torcha a la pieza a soldar. El plato realiza un giro para marcar la trayectoria del cordón de soldadura.



FIGURA 19: MÁQUINA MESA GIRATORIA CÉLULA CENTER

Célula Tail

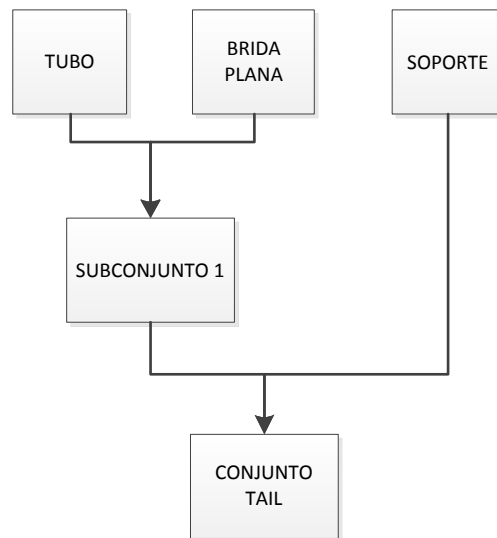


DIAGRAMA 6: FLUJOGRAMA CÉLULA TAIL

En este último caso, también se utiliza la máquina torcha giratoria para la unión del tubo de entrada y la brida de entrada. Como se mencionó antes, el principio de funcionamiento es similar a los anteriores, solo que se utiliza otro dispositivo para la sujeción de la pieza.



FIGURA 20: MÁQUINA TORCHA GIRATORIA CÉLULA TAIL

3.8. Descripción del Proceso de Soldadura

3.8.1. Definición de soldadura MIG

La soldadura por arco de metal y gas (gas metal arc welding, GMAW) es un proceso de soldadura por arco, el cual se genera entre un electrodo continuo de metal de aporte y el charco de soldadura. El proceso se realiza bajo un escudo de gas suministrado externamente y sin aplicación de presión.

3.8.2. Antecedentes Generales

El concepto básico de GMAW surgió en la década de 1920, pero apenas en 1948 estuvo disponible comercialmente. En un principio se le consideraba básicamente un proceso de electrodo de metal desnudo de diámetro pequeño con alta densidad de corriente que empleaba un gas inerte para proteger el arco. Por lo anterior, se designó el término MIG (metal gas inerte) y todavía algunos lo usan para referirse a este proceso. Entre los avances posteriores del proceso están la operación con bajas densidades de corriente y con corriente continua a pulsos, la aplicación a una gama más amplia de materiales y el empleo de gases y mezclas de gases reactivos (sobre todo CO₂). Este último avance condujo a la aceptación formal del término soldadura por arco de metal y gas (GMAW) para el proceso, ya que se usan gases tanto inertes como reactivos.

Una variación del proceso GMAW emplea un electrodo tubular dentro del cual hay un núcleo constituido principalmente por polvos metálicos (electrodo con núcleo de metal). Estos electrodos requieren un escudo de gas para proteger el charco de soldadura de contaminación por parte de la atmósfera.

La American Welding Society (AWS) considera los electrodos con núcleo de metal como un segmento de GMAW. Algunas asociaciones del ramo en otros países agrupan los electrodos con núcleo de metal junto con los electrodos con núcleo de fundente.

GMAW puede operar en modalidad mecanizada, semiautomática o automática. Todos los metales de importancia comercial, como el acero al carbono, el acero de baja aleación de alta resistencia mecánica, el acero inoxidable, el aluminio, el cobre, el titanio y las aleaciones de níquel se pueden soldar en cualquier posición con este proceso escogiendo el gas protector, electrodo y variables de soldadura apropiados.

3.8.3. Usos Y Ventajas

Los usos del proceso, desde luego, están regidos por sus ventajas; las más importantes de éstas son:

- 1) Es el único proceso de electrodo consumible que puede servir para soldar todos los metales y aleaciones comerciales.
- 2) GMAW no tiene la restricción de tamaño de electrodo limitado que se presenta con la soldadura por arco de metal protegido.
- 3) Puede soldarse en todas las posiciones, algo que no es posible con la soldadura por arco sumergido.
- 4) Se logran tasas de deposición bastante más altas que con la soldadura por arco de metal protegido.
- 5) Las velocidades de soldadura son más altas que con soldadura por arco de metal protegido, gracias a la alimentación continua del electrodo y a las mayores tasas de deposición del metal de aporte.
- 6) Como la alimentación de alambre es continua, es posible depositar soldaduras largas sin parar y volver a comenzar.
- 7) Cuando se usa transferencia por aspersion, es posible lograr mayor penetración que con la soldadura por arco de metal protegido, lo que puede permitir el uso de soldaduras de filete más pequeñas para obtener una resistencia mecánica equivalente.
- 8) Casi no se requiere limpieza después de la soldadura porque no se produce mucha escoria.

Estas ventajas hacen al proceso ideal para aplicaciones de soldadura en alto volumen de producción y automatizadas. Esto se ha hecho cada vez más obvio con la llegada de la robótica, donde GMAW ha sido el proceso predominante.

3.8.4. Limitaciones

Como en cualquier proceso de soldadura, hay ciertas limitaciones que restringen el uso de la soldadura por arco de metal y gas. Entre ellas están las siguientes:

- 1) El equipo de soldadura es más complejo, más costoso y menos transportable que el de SMAW.
- 2) GMAW es más difícil de usar en lugares de difícil acceso porque la pistola soldadora es más grande que un porta electrodos de arco de metal protegido, y la pistola debe estar cerca de la unión (entre 10 y 19 mm) para asegurar que el metal de soldadura esté bien protegido.
- 3) El arco de soldadura debe protegerse contra corrientes de aire que puedan dispersar el gas protector. Esto limita las aplicaciones en exteriores a menos que se coloquen barreras protectoras alrededor del área de soldadura.
- 4) Los niveles relativamente altos de calor radiado y la intensidad del arco pueden hacer que los operadores se resistan a utilizar el proceso.

3.8.5. Principio De Funcionamiento

El soldeo por arco eléctrico con protección de gas, es un proceso de soldeo en el cual el calor necesario es generado por un arco que se establece entre un electrodo consumible y el metal que se va a soldar.

El electrodo es un alambre macizo, desnudo, que se alimenta de forma continua automáticamente y se convierte en el metal depositado según se consume.

El electrodo, arco, metal fundido y zonas adyacentes del metal base, quedan protegidas de la contaminación de los gases atmosféricos mediante una corriente de gas que se aporta por la tobera de la pistola, concéntricamente al alambre/electrodo.

El proceso está esquematizado en la figura 21:

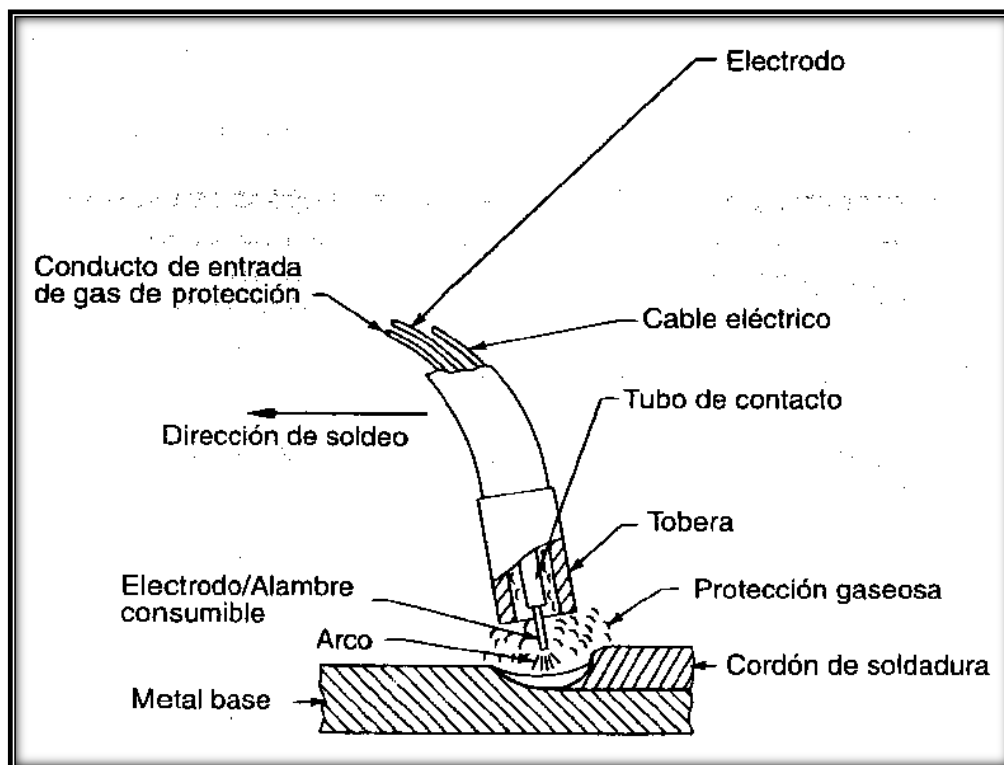


FIGURA 21. SOLDEO POR ARCO CON GAS DE PROTECCIÓN
Fuente: Soldadura Semi Automática con Gas de Protección (MIG-MAG)- Departamento de Formación Lincoln-KD. S.A.

3.8.6. Equipo De Soldeo

En la siguiente figura (figura 22) se puede ver el equipo de soldeo que consiste básicamente en:

- Fuente de energía.
- Fuente de suministro de gas.
- Sistema de alimentación del alambre.
- Pistola (refrigerada por aire o por agua).
- Sistema de control.
- Carrete de alambre/electrodo.
- Sistema de regulación para el gas de protección.
- Sistema de circulación de agua de refrigeración para las pistolas refrigeradas por agua.
- Cables y tubos o mangueras.

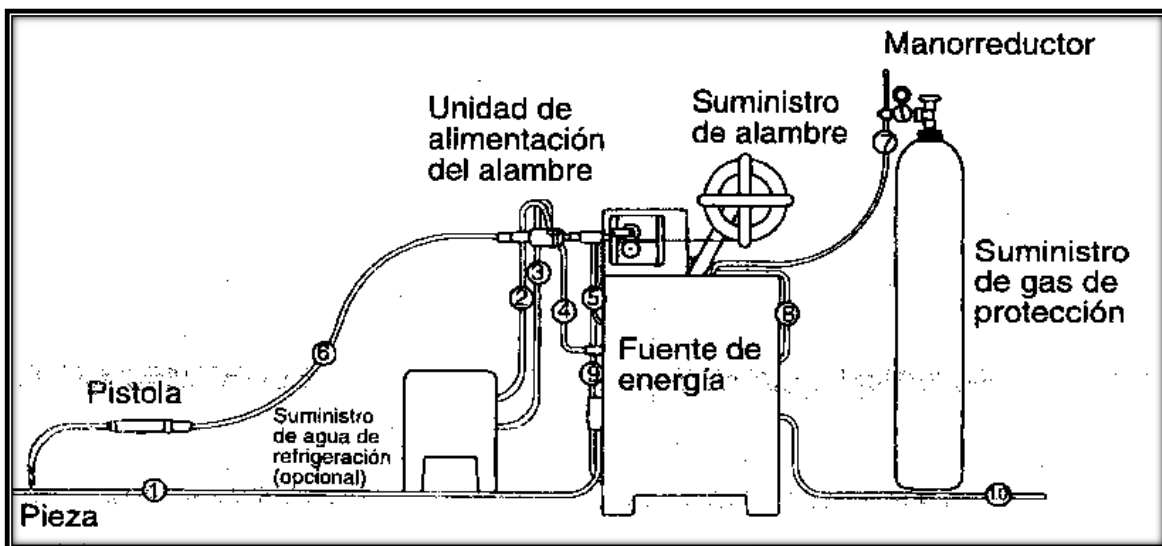


FIGURA 22. EQUIPO PARA EL SOLDEO

Fuente: Soldadura Semi Automática con Gas de Protección (MIG-MAG)- Departamento de Formación Lincoln-KD. S.A.

A continuación se realiza una descripción de cada parte de equipo

Fuente de energía o de poder

La fuente de energía deberá ser capaz de funcionar a elevadas intensidades, generalmente menores de 500 A en el soldeo semiautomático y suministrar corriente continua.

La fuente de energía recomendada es una fuente de **tensión constante**. Las fuentes de energía de intensidad constante sólo se podrían utilizar para el soldeo MIG/MAG si se emplea conjuntamente con un alimentador de velocidad variable y por tanto mucho más complejo.

Pistolas Soldadoras

Las pistolas para el soldeo por arco con protección de gas son relativamente complejas. En primer lugar es necesario que el alambre se mueva a través de la pistola a una velocidad predeterminada y, en segundo lugar, la pistola debe estar diseñada para transmitir la corriente

al alambre y dirigir el gas de protección. El método de refrigeración (agua o aire) y la localización de los controles de alimentación del alambre y del gas, añaden complejidad al diseño de las pistolas.

En la siguiente figura podemos observar de manera esquemática las principales partes de la pistola de soldeo.

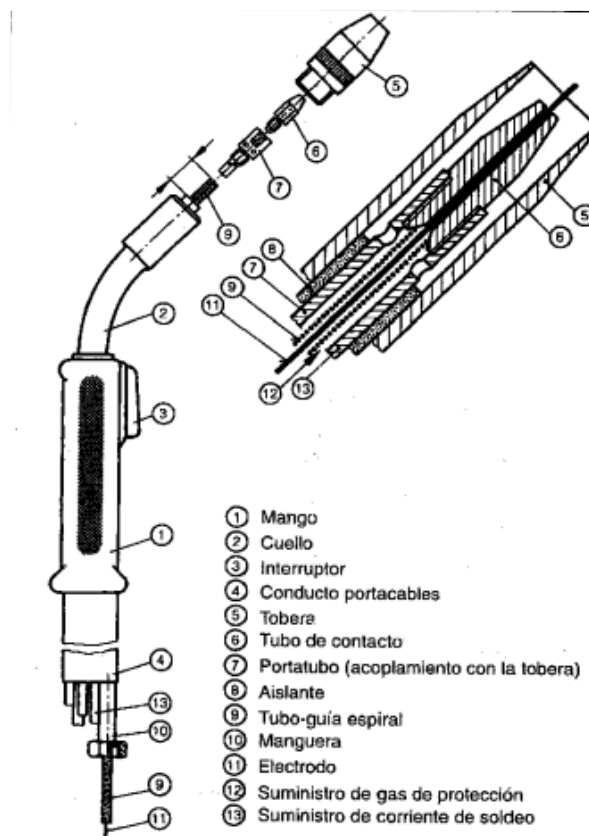


FIGURA 23. PISTOLA PARA EL SOLDEO

Fuente: Soldadura Semi Automática con Gas de Protección (MIG-MAG)- Departamento de Formación Lincoln-KD. S.A.

Los principales componentes de la pistola de soldeo son:

- **Tubo de contacto:** Se encarga de guiar al electrodo a través de la tobera y hace el contacto eléctrico para suministrar la corriente al alambre; está conectado a la fuente de energía a través de los cables eléctricos. La posición del tubo de contacto respecto al final de la tobera puede variar en función del modo de transferencia. El tubo de contacto se reemplazará si se ha ensanchado por desgaste o si se ha atascado por proyecciones.
- **Tobera:** Se encarga de orientar al gas de protección hacia la soldadura. Normalmente es de cobre y tiene un diámetro interior que oscila entre 9.5 y 22.25 mm dependiendo del tamaño de la pistola.
- **Tubo – guía o funda del electrodo:** A través del cual el electrodo llega al tubo de contacto procedente, normalmente, de una bobina. Es muy importante el diámetro y material del tubo – guía del electrodo. Se utilizarán de acero en forma de espiral en el caso de materiales como el acero o el cobre, y serán de teflón o nylon para el magnesio o el aluminio, aunque también se emplearán para el acero inoxidable con el fin de no contaminar el electrodo.

- **Conducto de gas**
- **Cables eléctricos**
- **Interruptor:** La mayoría de las pistolas de manipulación manual tienen un gatillo que actúa como interruptor para comenzar o detener la alimentación del alambre.
- **Conductos para el agua de refrigeración:** (solo para pistolas refrigeradas por agua). Estas pistolas pueden utilizarse con intensidades hasta de 600 A.

La pistola puede ser de cuello curvado (cuello de cisne con un ángulo de 40° a 60°) o rectas; las de cuello de cisne suelen ser más flexibles y cómodas para el soldeo manual.

Unidad De Alimentación Del Electrodo

La unidad de alimentación del electrodo es el dispositivo que hace que el alambre pase por el tubo de contacto de la pistola para fundirse en el arco.

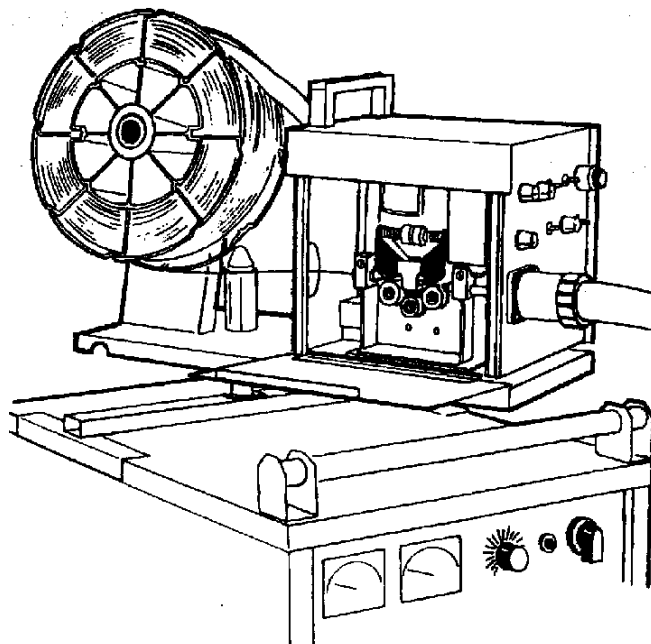


FIGURA 24. UNIDAD DE ALIMENTACIÓN DEL ELECTRODO

Fuente: Soldadura Semi Automática con Gas de Protección (MIG-MAG)- Departamento de Formación Lincoln-KD. S.A.

En la siguiente figura (figura 25) se representa una unidad de alimentación de alambre que consta de:

- 1- Bobina de alambre, con el dispositivo para su colocación.
- 2- Guía del alambre.
- 3- Rodillo de arrastre
- 4- Rodillo de presión o empujador
- 5- Boquilla de salida del alambre

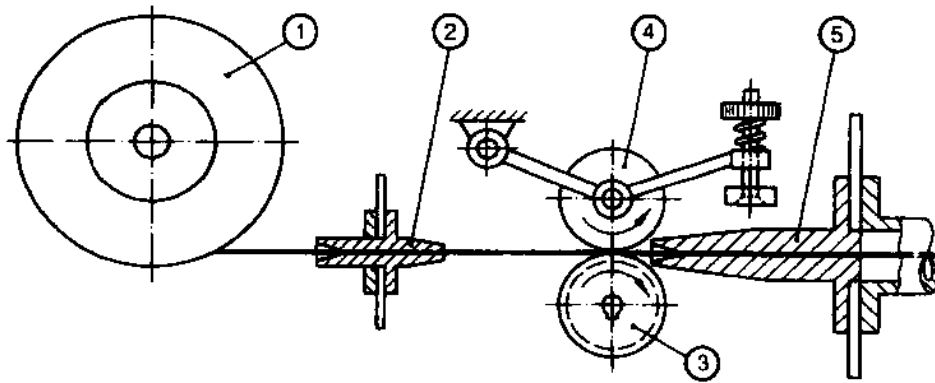


FIGURA 25. ESQUEMA DE ALIMENTACIÓN DEL ALAMBRE
 Fuente: Soldadura Semi Automática con Gas de Protección (MIG-MAG)- Departamento de Formación Lincoln-KD. S.A.

La unidad dispondrá de un sistema para variar la velocidad de avance del alambre, así como una válvula magnética para el paso del gas.

El alimentador del alambre va unido al rectificador por un conjunto de cables y tubos.

La mayoría de los alimentadores son de **velocidad constante**, es decir, la velocidad es establecida antes de que comience el soldeo y permanece constante. La alimentación comienza o finaliza accionando un interruptor situado en la pistola. El arrastre del alambre ha de ser constante y sin deslizamientos en los rodillos de arrastre. Por lo general es necesario un sistema de frenado de la bobina de la cual se devana el alambre, para evitar su giro incontrolado. Los sistemas se diseñan de forma que la presión sobre el alambre pueda ser aumentada o disminuida según convenga.

Los rodillos de arrastre utilizados en MIG/MAG son normalmente como los de la figura 19: uno es plano y el otro es con bisel. El bisel es en forma de V para materiales duros como el acero al carbono o el acero inoxidable. Para materiales blandos como el aluminio se emplea rodillos con bisel en forma de U. También pueden tener dos biseles o ser moleteados, no recomendándose estos últimos para el aluminio. También es imprescindible seleccionar el rodillo de acuerdo con el diámetro del alambre.

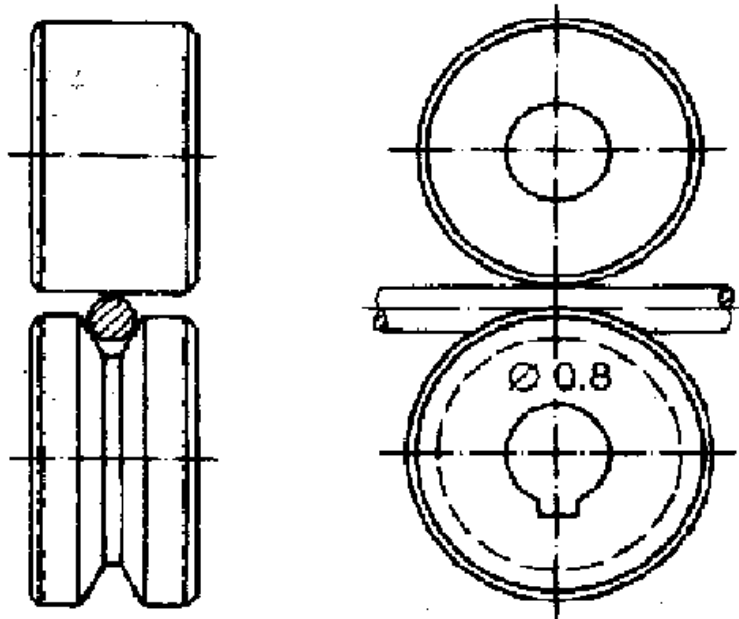
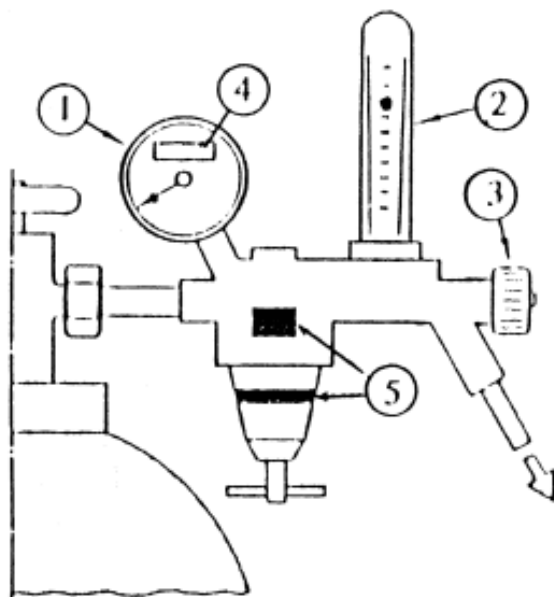


FIGURA 26. RODILLOS DE ARRASTRE DEL ALAMBRE
 Fuente: Soldadura Semi Automática con Gas de Protección (MIG-MAG)- Departamento de Formación Lincoln-KD. S.A.

Alimentación De Gas Protector Y De Agua De Refrigeración

a) Gas De Protección

La alimentación del gas se hace desde el cilindro de gas que tiene en su salida un manorreductor regulador de presión (ver figura 20) provisto de un caudalímetro para poder graduar el caudal del gas de protección, es importante observar que el caudalímetro esté perfectamente en posición vertical



Referencia:

- 1- Manómetro de presión del cilindro de gas.
- 2-Caudalímetro (indicador del caudal de gas)
- 3-Válvula reguladora del caudal de gas.
- 4-Indicación de apto para un tipo de gas
- 5-Color identificador del tipo de gas.

FIGURA 27. MANORREDUCTOR REGULADOR DE PRESIÓN
 Fuente: Los Procesos de Soldadura por Arco Semi-Automáticos (MAG, MIG y FCAW) por J.A.Alonso & Asoc., 2008.

El suministro de gas se puede realizar también desde una batería de botellas o desde un depósito.

b) Agua De Refrigeración

Cuando se suelda con intensidades elevadas es preciso utilizar pistolas refrigeradas por agua, ya que la refrigeración de la pistola por el propio gas de protección sería insuficiente, para evitar que se produzcan daños o la inutilización de la pistola.

La alimentación del agua para tal refrigeración puede hacerse desde un simple grifo dispuesto cerca de la máquina de soldeo, o con un sistema de circuito cerrado.

Sea cual sea el sistema, es necesario un conducto de alimentación del agua que refrigere la pistola y otro de retorno, según el sistema adoptado. Como ocurría con el gas, existe una electroválvula para que el agua circule solamente en los momentos que se está soldando. Los conductos de agua también son flexibles y como los de gas, forman parte del conjunto de la pistola.

3.8.7. Autorregulación Del Arco

Al tocar el alambre la pieza, la intensidad de cortocircuito que se origina es muy elevada, por lo cual el extremo del alambre se funde inmediatamente, estableciéndose un arco (cebado instantáneo) cuya longitud es función de la tensión elegida en la fuente de energía. Una vez cebado el arco entra en juego el **fenómeno de autorregulación**, suministrando la fuente la intensidad necesaria para fundir el alambre a medida que éste se suministra, manteniéndose la longitud de arco correspondiente a la regulación del voltaje elegida.

Si por cualquier causa la distancia entre la extremidad del alambre y la pieza aumenta, la tensión y la longitud del arco aumentarán pero, al mismo tiempo, la intensidad disminuirá por lo que la fusión será más lenta hasta que se restablezca la longitud y el voltaje inicial (figura 21). Lo contrario ocurre cuando la distancia entre el alambre y la pieza disminuye.

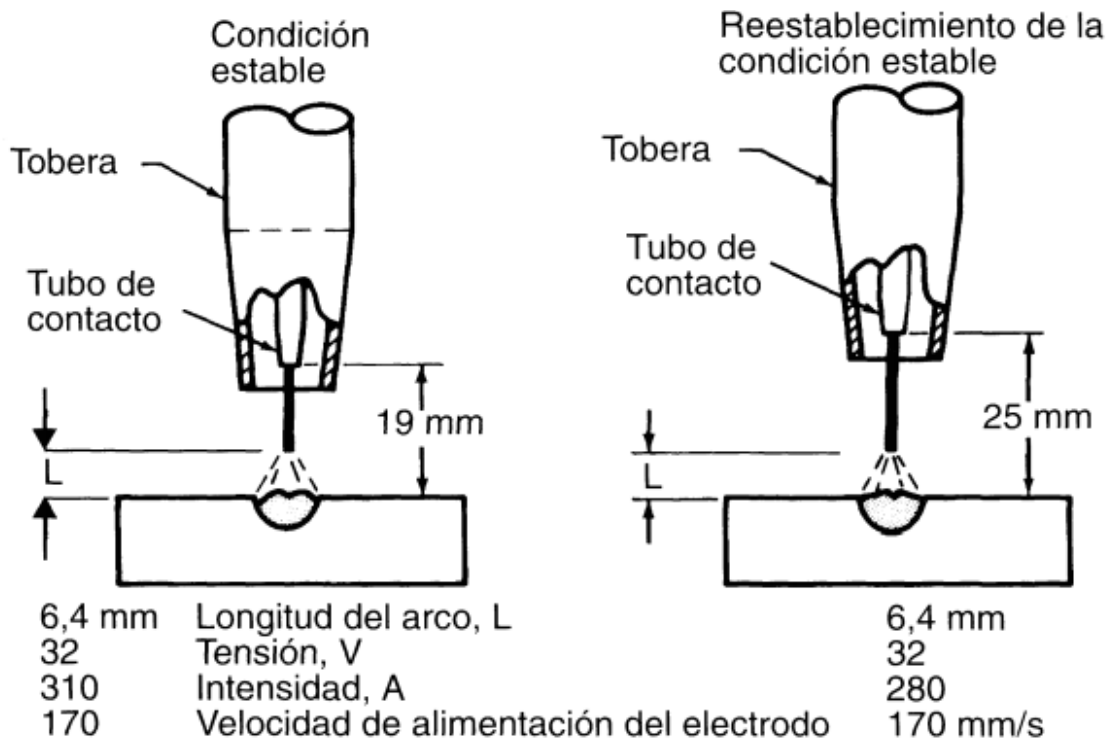


FIGURA 28. AUTORREGULACIÓN DEL ARCO

Fuente: Los Procesos de Soldadura por Arco Semi-Automáticos (MAG, MIG y FCAW) por J.A.Alonso & Asoc., 2008.

El fenómeno de autorregulación es importante para garantizar la estabilidad del arco, pero otras variables son también importantes.

En nuestro caso el equipo de soldeo está compuesto por pistolas soldaduras de cuellos curvos y refrigerados por medio de aire, además de contar con autorregulación de arco.

3.9. Proceso GMAW (MAG/MIG) - Técnicas Operativas.

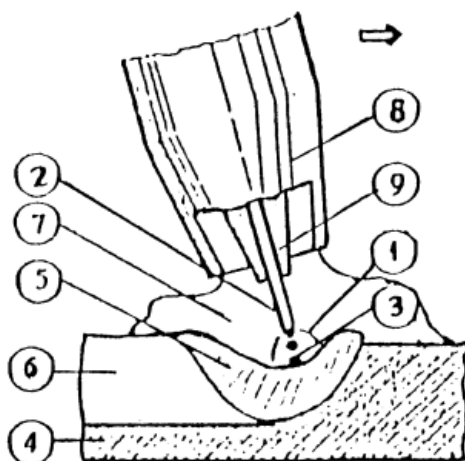
3.9.1. Definición.

En el proceso de soldadura MAG/MIG la unión es producida por la fusión de un alambre electrodo (sólido o tubular) en una atmósfera de un gas protector y que es alimentado en forma continua desde un cabezal alimentador hasta la pistola de soldar o torcha. El proceso puede ser semi-automático (si la torcha es operada manualmente) o automática (si la torcha es fijada u operada a través de algún mecanismo).

El tipo de gas a utilizar es el que determina la correcta denominación del proceso, si se emplea un gas inerte (ej.: Argón o Helio) recibe el nombre de MIG (Metal Inert Gas), este tipo de combinación es la ideal para la soldadura de metales no ferrosos como por ejemplo el Aluminio y sus aleaciones; en cambio si se utiliza un gas activo 2 (ej.: Dióxido de Carbono - CO) se lo denomina MAG (Metal Active Gas), esta otra combinación es la indicada para la soldadura de los aceros al Carbono. Al decir que el gas es activo, se indica que el gas tiene una parte activa durante el proceso de soldadura como por ejemplo, al combinarse con el metal forma compuestos (ej.: óxidos, etc.), también actúa sobre las características del arco.

El proceso en sí consiste en la utilización del calor generado por un arco eléctrico que se forma entre un alambre-electrodo consumible (metal de aporte) y el metal base. La fuente de poder debe de ser de corriente continua y el alambre-electrodo conectado al polo positivo, lo que genera un arco muy estable. En cambio si fuese conectado al polo negativo esto provocaría no solo un arco inestable sino también un exceso de salpicaduras, utilizando únicamente polaridad negativa cuando se suelda aluminio.

El baño de fusión está completamente cubierto (protegido) por una atmósfera de gas que se suministra a través de la pistola y que proviene de un cilindro, ver la figuras 29.



Referencia:

- 1.- Arco eléctrico.
- 2.- Alambre-electrodo.
- 3.- Transferencia de las gotas.
- 4.- Metal de base.
- 5.- Baño de fusión.
- 6.- Cordón de soldadura.
- 7.- Atmósfera del gas protector.
- 8.- Tobera para el gas.
- 9.- Pico de contacto del alambre.

FIGURA 29. BAÑO DE FUSIÓN

Fuente: Los Procesos de Soldadura por Arco Semi-Automáticos (MAG, MIG y FCAW) por J.A.Alonso & Asoc., 2008.

3.9.2. Modos De Transferencia

En el proceso de soldadura por arco con protección gaseosa (convencional) la transferencia se realiza al fundirse el extremo del alambre/electrodo por acción de la temperatura cedida por el arco eléctrico, y puede realizarse básicamente de cuatro formas distintas:

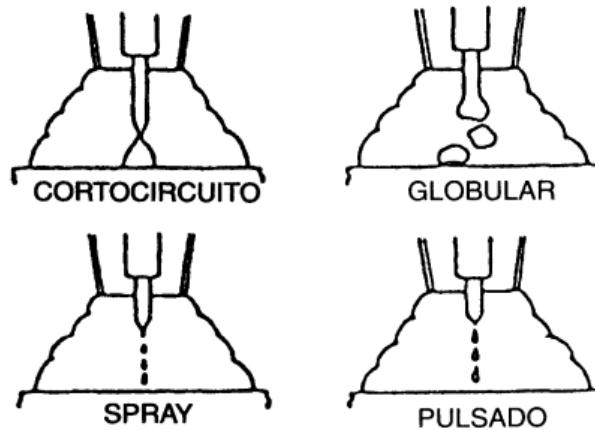


FIGURA 30. MODOS DE TRANSFERENCIAS

Fuente: Los Procesos de Soldadura por Arco Semi-Automáticos (MAG, MIG y FCAW) por J.A.Alonso & Asoc., 2008.

El tipo de transferencia depende del gas de protección y de la intensidad y tensión de soldeo.

Transferencia Por Cortocircuito

Transferencia en “Corto-Circuito” - La gota crece hasta tocar la pieza a soldar, produciendo una “carga de corto circuito” en la fuente de energía, haciendo por su vez que la densidad de corriente suba. A cierta densidad específica de la corriente, (ver figura: 31) las fuerzas eléctricas presentes hacen que la punta del alambre/electrodo y el cráter fundido se separen y se produzca un arco entre ellos. La corriente del arco baja entonces hasta que se produce un nuevo corto-circuito. Este tipo de transferencia se obtiene cuando la tensión (V) y la intensidad (I) son bajas. Se utiliza esta forma de transferencia, preferentemente, para la soldadura en posición vertical y sobre cabeza, y para la soldadura de espesores finos o cuando la separación de la raíz es excesiva. Los parámetros, generalmente utilizados son: Voltaje de 15 a 21 V; Intensidad de 50 a 160 A. Se obtienen buenas soldaduras más fácilmente con mezclas de CO₂ al 25% y Argón al 75%; el arco es corto, suele producir proyecciones y se escucha un zumbido característico. En la soldadura de espesores un poco elevados origina frecuentemente, falta de fusión o de penetración en la raíz y, esta última también en el borde superior del bisel.

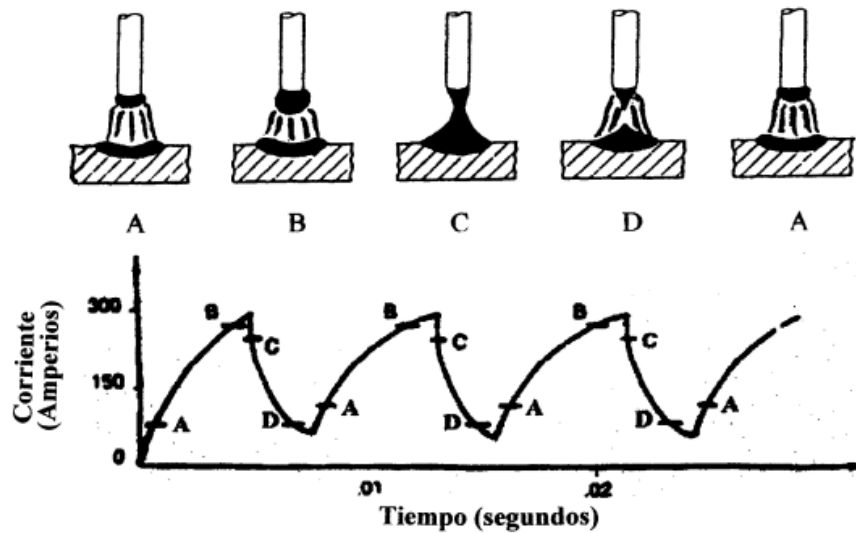


FIGURA 31. CICLO DE TRANSFERENCIA POR CORTOCIRCUITO

Fuente: Los Procesos de Soldadura por Arco Semi-Automáticos (MAG, MIG y FCAW) por J.A.Alonso & Asoc., 2008.

Características de la operación:

- Facilidad del control del baño de fusión.
- La cantidad de gotas transferidas por segundo, varía de 30 a 100 en función de la regulación de los parámetros de soldadura.
- Baja tensión (V) de trabajo, ej.: para un alambre de 1,0mm de Ø usar <20V.
- Apta para soldar en toda posición.
- Al controlar el aporte de calor, facilita la soldadura de espesores finos.
- Presenta mejores resultados utilizando como gas de protección una mezcla de CO₂ al 25% y Argón al 75%.

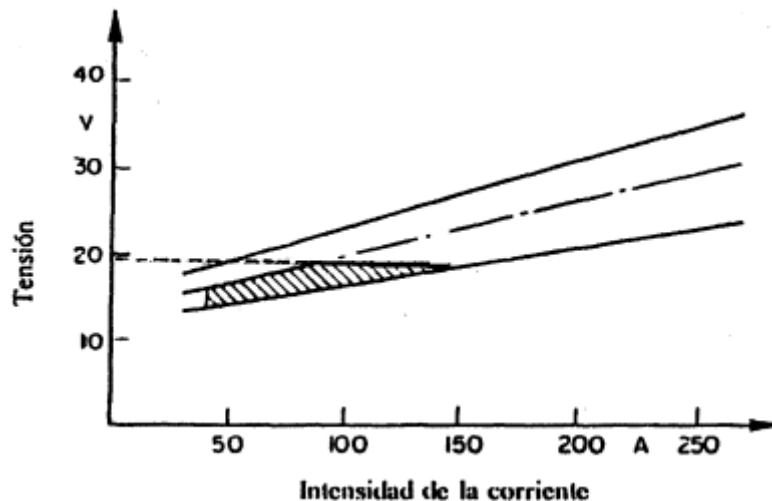


FIGURA 32. GRAFICO TENSION VS INTENSIDAD DE CORRIENTE CICLO DE TRANSFERENCIA POR CORTOCIRCUITO

Fuente: Los Procesos de Soldadura por Arco Semi-Automáticos (MAG, MIG y FCAW) por J.A.Alonso & Asoc., 2008.

Transferencia Globular

La transferencia globular se caracteriza por la formación de una gota relativamente grande de metal fundido en el extremo del alambre. La gota se va formando hasta que cae el baño fundido por su propio peso. Este tipo de transferencia no suele tener aplicaciones tecnológicas por la dificultad de controlar adecuadamente el metal de aportación y porque suele provocar faltas de penetración y sobre espesores elevados. Los parámetros típicos son: voltaje de 20 a 35 V, intensidad de 70 a 255 A.

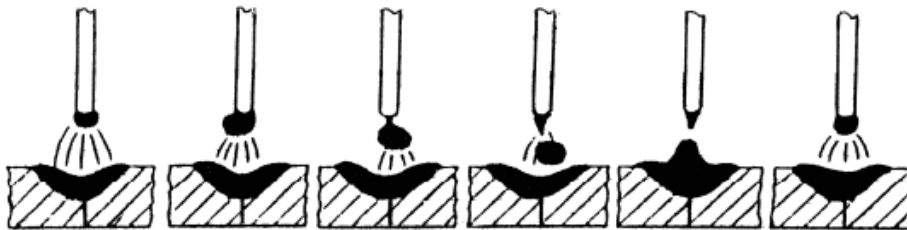


FIGURA 33. CICLO DE TRANSFERENCIA GLOBULAR

Fuente: Los Procesos de Soldadura por Arco Semi-Automáticos (MAG, MIG y FCAW) por J.A.Alonso & Asoc., 2008.

Características de la operación:

- El baño de fusión es bien fluido.
- La transferencia es aproximadamente de 100 gotas por segundo.
- La tensión (V) de trabajo debe ser por arriba de 20V para un alambre de 1,0mm de \varnothing .
- Preferentemente se utiliza en posición plana.
- Sus propiedades son, intermedias entre las transferencias por corto-circuito y "spray".
- Los mejores resultados se presentan cuando se utiliza Dióxido de Carbono (CO₂) puro.

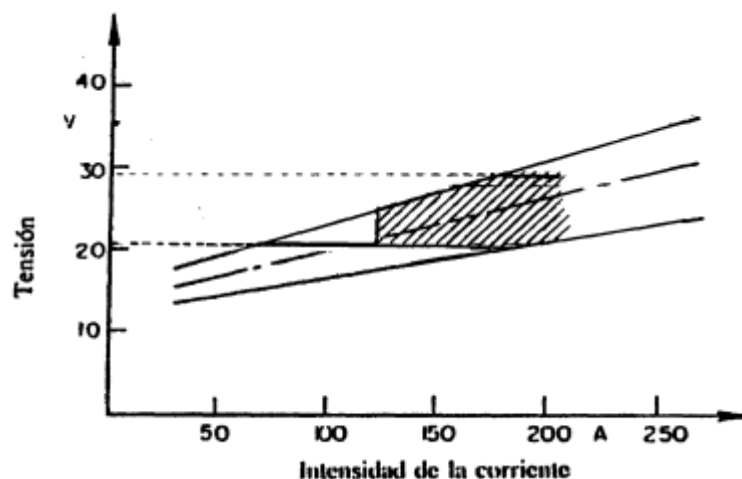


FIGURA 34. GRÁFICO TENSIÓN VS INTENSIDAD DE CORRIENTE CICLO DE TRANSFERENCIA GLOBULAR

Fuente: Los Procesos de Soldadura por Arco Semi-Automáticos (MAG, MIG y FCAW) por J.A.Alonso & Asoc., 2008.

Transferencia Por Arco Spray

En este tipo de transferencia las gotas que se forman son iguales o menores que el diámetro del alambre electrodo y su transferencia se realiza desde el extremo del alambre al baño fundido en forma de una corriente axial de finas gotas (corriente centrada con respecto al alambre). Se obtiene este tipo de transferencia con altas intensidades y altos voltajes: intensidades de 150 a 500 A y voltajes de 24 a 40 V. Los gases inertes favorecen este tipo de transferencia.

La transferencia en spray se puede aplicar prácticamente a cualquier tipo de material base pero no se puede aplicar a espesores muy finos ya que la corriente de soldeo es muy alta. Con este tipo de transferencia se consiguen grandes tasas de deposición y rentabilidad en la soldadura.

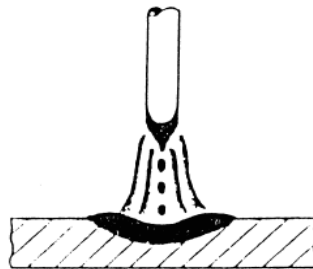


FIGURA 35. CICLO DE TRANSFERENCIA POR ARCO SPRAY

Fuente: Los Procesos de Soldadura por Arco Semi-Automáticos (MAG, MIG y FCAW) por J.A.Alonso & Asoc., 2008.

Característica de la operación:

- a) El baño de fusión es muy fluido.
- b) Se transfieren, aproximadamente, en el orden de 300 gotas por segundo.
- c) La tensión de trabajo debe ser alta, arriba de 25 V para un alambre de 1,0mm de Ø
- d) Este tipo de transferencia es aplicable en cualquier posición
- e) Como la corriente de trabajo es elevada y la penetración profunda, es recomendada para la soldadura de espesores gruesos.
- f) Para obtener un buen resultado en este tipo de transferencia, es necesario el empleo de mezclas ricas en Argón.

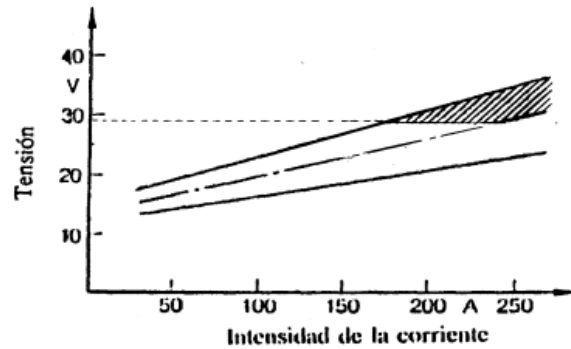
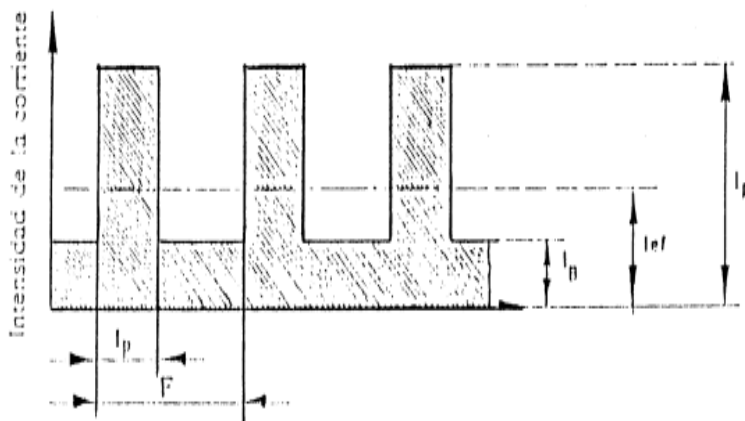


FIGURA 36. GRÁFICO TENSIÓN VS INTENSIDAD DE CORRIENTE CICLO DE TRANSFERENCIA POR ARCO SPRAY

Fuente: Los Procesos de Soldadura por Arco Semi-Automáticos (MAG, MIG y FCAW) por J.A.Alonso & Asoc., 2008.

Transferencia Por Arco Pulsado

También denominado de onda cuadrada, la transferencia por arco pulsado es una modalidad del tipo spray, que se produce por pulsos a intervalos regularmente espaciados, en lugar de suceder al azar como ocurre con el arco spray. Este tipo de transferencia se obtiene cuando se utiliza una corriente pulsada, que es la composición de una corriente de baja intensidad, que existe en todo momento (es constante) y se denomina **corriente de fondo o de base**, y un conjunto de pulsos de intensidad elevada denominada **corriente de pico**. La intensidad de fondo sirve para precalentar y acondicionar el alambre que va avanzando continuamente. La gota saltará al baño de fusión cuando se aplique una corriente de pico.



I_B = Intensidad de la corriente de base (A)

I_P = Intensidad de la corriente de pico (A)

I_{EF} = Intensidad de la corriente efectiva (A)

t_P = Tiempo de duración del pulso (ms)

F = Frecuencia de los pulsos (pulsos por segundo) (Hz)

FIGURA 37. FORMA DE LA CORRIENTE DE SOLDEO EN LA TRANSFERENCIA POR ARCO PULSADO

Fuente: Los Procesos de Soldadura por Arco Semi-Automáticos (MAG, MIG y FCAW) por J.A.Alonso & Asoc., 2008.

Intensidad de la corriente de base (I_B).

La intensidad de la corriente de base deberá ser seleccionada, en lo mínimo, para un valor que no permita que el arco eléctrico se extinga entre los sucesivos pulsos o ciclos. Las

intensidades de base demasiado altas deben ser evitadas, para prevenir la transferencia adicional de metal entre los sucesivos pulsos.

Intensidad de la corriente de pico (I_B).

La intensidad de la corriente de pico deberá sobre-pasar, levemente, un determinado valor crítico para que la transferencia del metal ocurra libre de corto-circuitos y se mantenga durante un tiempo suficientemente largo. Las intensidades demasiado elevadas pueden resultar en una rápida formación de gotas, provocando salpicaduras, mordeduras y sobre calentamiento.

Frecuencia de los pulsos (F).

Un aumento de la frecuencia de los pulsos acrecienta la transferencia de metal, y la eficiencia del arco eléctrico. En cambio sí se trabaja con frecuencias de pulsos menores, del orden de 20 a 50Hz, el centelleo del arco puede perjudicar a los ojos.

Características de la transferencia del metal con arco pulsado

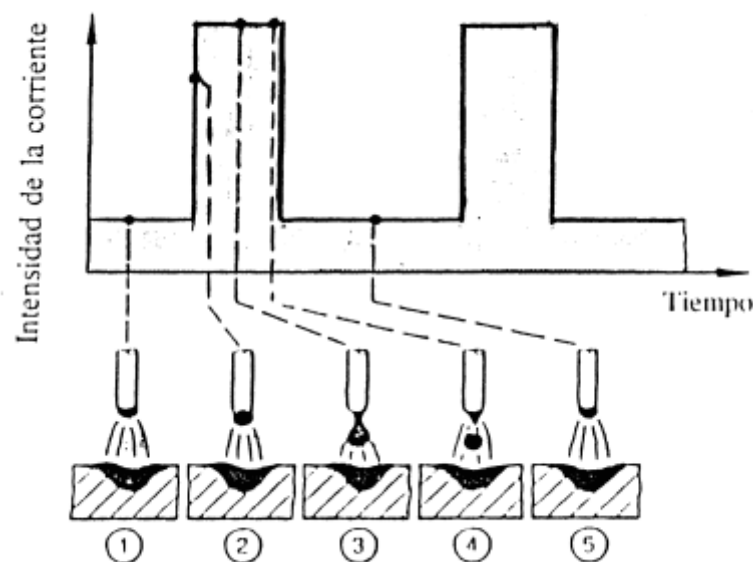


FIGURA 38. FORMA DE INTENSIDAD DE LA CORRIENTE DE SOLDEO EN LA TRANSFERENCIA POR ARCO PULSADO

Fuente: Los Procesos de Soldadura por Arco Semi-Automáticos (MAG, MIG y FCAW) por J.A.Alonso & Asoc., 2008.

- El arco eléctrico con la intensidad de la corriente de base comienza a fundir el alambre (1).
- A medida que la corriente aumenta, aumenta el volumen de la gota en la punta del alambre hasta alcanzar la corriente de pico (2).
- Cuando alcanza la corriente de pico, se produce el estrangulamiento de la gota en consecuencia de efecto "pinch" contribuyendo de esta forma al desprendimiento de la misma (3).
- Al desprenderse la gota, esta se transfiere al baño de fusión sin provocar corto-circuito o salpicaduras (4).

- e) Una vez efectuado el aporte, la intensidad de corriente disminuye al nivel de la corriente de base, iniciándose un nuevo pulso o ciclo (5).

En algunas fuentes de energía la corriente de fondo, la de pico y la duración del pulso están permanentemente establecidas, tan sólo se puede cambiar la frecuencia de los pulsos, de forma que a mayor frecuencia (mayor número de pulsos por segundo) mayor es la intensidad efectiva y la tasa de deposición.

Actualmente las fuentes de soldeo de corriente pulsada son de tipo sinérgico, lo que significa que el soldador sólo tiene que ajustar la velocidad de avance del alambre y los datos sobre el material de aportación, el gas de protección y el diámetro del electrodo. A partir de estos datos la fuente de corriente ajusta automáticamente los parámetros de soldeo idóneos.

Ventajas y Desventajas en la Utilización del Arco Eléctrico Pulsado.

Ventajas:

- a) La transferencia del metal de aporte se realiza sin corto-circuitos y libre de salpicaduras aun con un arco eléctrico de poca intensidad.
- b) Permite la utilización de alambres de mayor diámetro resultando, por eso, más económico; proporcionando también más facilidad de alimentación del mismo para el proceso de soldadura.
- c) Presenta cordones de soldadura más parejos, es decir, mejor acabados mismo con un arco eléctrico de poca intensidad.

Desventajas:

- a) Las fuentes de corriente eléctrica para la soldadura por arco pulsado tienen costos más elevados, comparadas a las del proceso convencional.
- b) Requiere un mayor cuidado para seleccionar los parámetros ideales de soldadura, por lo que se hace necesario un entrenamiento previo del personal.
- c) Trabaja únicamente con mezclas de gases, ricas en Argón (Ar), con un máximo del 18% de CO₂ (Dióxido de Carbono) en la mezcla.

Regulación del Caudal del Gas de Protección.

En el proceso de "Soldadura por Arco con Protección Gaseosa" (MAG/MIG), la zona de fusión debe ser protegida contra el contacto del aire atmosférico, para evitar su contaminación; de lo contrario podrían aparecer poros u otros defectos. Para prevenir la aparición de estas deficiencias es indispensable mantener el caudal de gas necesario para lograr una buena protección.

Fórmula empírica para determinar el caudal necesario para la protección:

$$\text{Caudal de gas en l/min.} = 10 \times \text{diámetro del alambre-electrodo, en mm.}$$

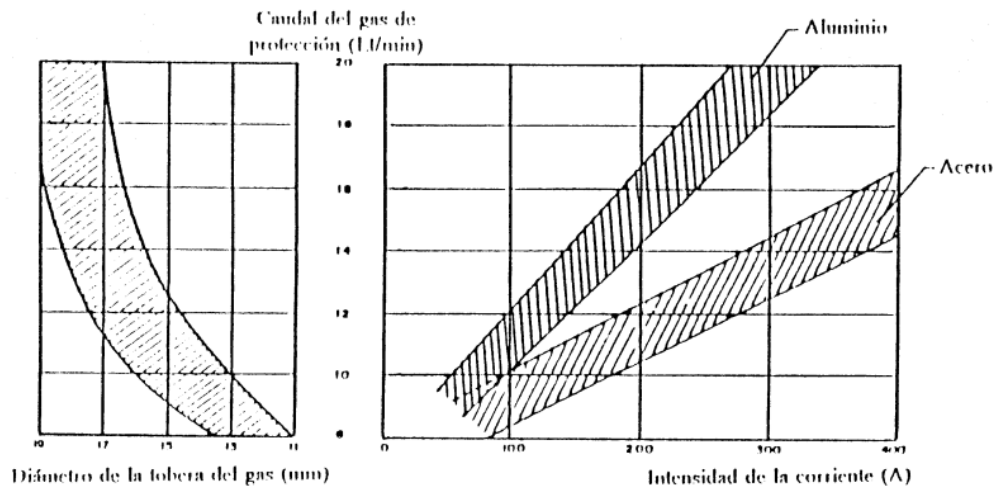


FIGURA 39. DIAGRAMA DEL CAUDAL DEL GAS DE PROTECCIÓN
 Fuente: Los Procesos de Soldadura por Arco Semi-Automáticos (MAG, MIG y FCAW) por J.A.Alonso & Asoc., 2008.

El valor del caudal de gas de salida dependerá del tipo de gas empleado. Como valores normales de referencia oscila entre los 14 a 16 litros/minuto si se emplea CO₂ y de 10 a 12 litros/minuto para mezclas.

Con un caudal de gas muy bajo, la cantidad de gas de protección es insuficiente. Con un caudal de gas muy alto, puede haber turbulencias y formación de remolinos en el gas. Para obtener una buena protección, el ángulo de trabajo de la pistola no debe ser mayor de 10° a 20°. El tubo de contacto debe estar centrado en la boquilla y las proyecciones depositadas en la tobera de gas y en la boquilla de contacto deben retirarse regularmente.

El tipo de proceso de soldadura empleado es MIG, ya que se utiliza gas de protección inerte para generar la atmosfera controlada y el modo de transferencia es la denominada por arco pulsado.

3.9.3. Consumibles

3.9.3.1. Introducción.

En el proceso de soldadura por arco eléctrico con gas de protección (GMAW), conocido también como proceso MIG/MAG se utilizan como consumibles alambres sólidos, y distintos tipos de gases, puros o mezclados, tanto para la soldadura de los aceros de bajo carbono como también de baja aleación o inoxidable; igualmente se pueden soldar los materiales no ferrosos como por ejemplo: aluminio y sus aleaciones, cobre y sus aleaciones, etc.

Contrariamente a lo que ocurre con los electrodos revestidos, donde el alambre con el cual se fabrican las varillas tiene prácticamente la misma composición para casi todos los tipos de electrodos, en los alambres para el proceso de soldadura por arco con protección gaseosa ocurre lo contrario, cada uno de los alambres cubiertos por esta clasificación tiene una composición diferente, ya que al no poder utilizar otros componentes, que no sean metales, tienen que utilizar solamente a estos para lograr la función metalúrgica que requiere el

proceso de soldadura; tal es el caso del manganeso (Mn) y el silicio (Si), el primero tiene la particularidad de eliminar tanto los óxidos como el azufre, y el segundo también es un gran desoxidante.

Los que siguen son factores que influyen en la selección del gas protector y del electrodo:

- Metal base.
- Propiedades que debe tener el metal de soldadura.
- Condición y limpieza del metal base.
- Tipo de servicio o requisito de especificación aplicable.
- Posición de soldadura.
- Modalidad de transferencia de metal que se piensa usar.

3.9.3.2. Materiales De Aporte

Los electrodos/alambres empleados son de diámetros pequeños (0.6, 0.8, 1.0, 1.2, 1.6, 2.0, 3.0 y 3.2 mm) y se suministran en bobinas para colocar directamente en los sistemas de alimentación. Para conseguir una alimentación suave y uniforme el alambre debe estar bobinado en capas perfectamente planas y es necesario que no esté tirante durante su suministro, sino que exista una cierta holgura entre la bobina y la vuelta que se está desenroscando. Al ser los alambres de pequeño diámetro y la intensidad de soldeo bastante elevada, la velocidad de alimentación del electrodo suele ser elevada del orden de 40 a 340 mm/s (2.4 a 20.4 m/min.) para la mayoría de los metales y de hasta 600 mm/s (236 m/min.) para las aleaciones de magnesio.

Dados sus pequeños diámetros la relación superficie/volumen es muy alta, por lo que pequeñas partículas de polvo, suciedad grasa, etc. pueden suponer una importante cantidad en relación con el volumen aportado, de aquí que sea de gran importancia la limpieza.

Los alambres de acero reciben a menudo un ligero recubrimiento de cobre que mejora el contacto eléctrico, la resistencia a la corrosión y disminuye el rozamiento con los distintos elementos del sistema de alimentación y la pistola.

El material de aporte es, en general, similar en composición química a la del metal base, variándose ligeramente para compensar las pérdidas producidas de los diferentes elementos durante el soldeo, o mejorar alguna característica del metal de aporte. En otras ocasiones se requieren cambios significativos o incluso la utilización de alambres de composición completamente diferente.

Cuando se varía el diámetro del alambre utilizado se debe cambiar el tubo guía, el tubo de contacto y ajustar los rodillos, o cambiarlos en caso de que no fueran adecuados para ese diámetro de alambre.

3.9.3.3. Gases De Protección

En los procedimientos de soldadura por arco con gas de protección, el gas protector tiene una gran influencia, tanto en las propiedades del metal depositado como en la estabilidad del arco. Por lo tanto es necesario que la soldadura se realice en una atmósfera controlada.

El soldeo se denominará MAG cuando se utilicen gases activos (CO_2 , O_2) y MIG cuando se utilicen los inertes (Ar, He).

En el proceso MAG/MIG se consigue la atmósfera controlada rodeando el arco con un gas, que es proporcionado a través de la tobera. El aire de la zona de soldadura es desplazado por la corriente del gas protector, como resultado, el arco y el baño de fusión se mantienen en el interior de esa atmósfera protectora, en otras palabras, la finalidad del gas protector es evitar que el metal fundido entre en contacto con el aire. El aire, que nos rodea, está compuesto de un 78% de nitrógeno, 21% de oxígeno, 0,94% de argón, 0,04% de otros gases (principalmente 2 bióxidos de carbono, CO) y de una cierta cantidad de agua, en forma de vapor (hidrógeno), proveniente de la humedad ambiente.

De los gases que se encuentran en la atmósfera, los más perjudiciales para la operación de soldadura son: el hidrógeno, el nitrógeno y el oxígeno. Las consecuencias de la combinación de estos gases con el metal fundido, o aún incandescente, son las siguientes: el hidrógeno al disociarse en el arco eléctrico produce poros con el consabido debilitamiento del metal depositado; el nitrógeno al combinarse con el hierro forma un compuesto llamado nitruro de hierro cuya característica es su gran dureza, transformando al metal depositado en un metal frágil; el oxígeno al combinarse con el hierro forma óxidos de hierro, disminuyendo las propiedades mecánicas del metal depositado.

Dado lo perjudicial de los efectos ocasionados por estos tres gases, se hace indispensable eliminarlos de las inmediaciones del arco o del metal fundido durante la operación de soldadura. Esto es conseguido por la acción de los gases de protección, que son divididos en dos grupos: inertes o activos.

Los primeros son elementos muy estables que no reaccionan con otras sustancias; en la naturaleza solo se encuentran seis gases inertes - Helio, Neón, Argón, Kriptón, Xenón y Radón - y en la soldadura solo se utilizan el Helio y el Argón, por ser los únicos que pueden obtenerse en cantidades y precios razonables.

Los segundos son básicamente el Bióxido de Carbono (CO_2) y cualquiera de las mezclas que contengan este gas que, por su condición de activos y al reaccionar con otros elementos, se hace necesario la utilización de alambres ricos en elementos desoxidantes como por ejemplo: Manganeso (Mn) y Silicio (Si), para compensar su acción oxidante.

Además de proporcionar un entorno protector, el gas protector y la tasa de flujo tienen un efecto importante sobre lo siguiente:

1. Características del arco.
2. Modalidad de transferencia del metal.
3. Penetración y perfil de la franja de soldadura.
4. Velocidad de soldadura.

5. Tendencia al socavamiento.
6. Acción limpiadora.
7. Propiedades mecánicas del metal de soldadura.

Muchos otros factores afectan a la elección del gas de protección. Algunos de estos son:

1. Material a soldar
2. Modo de transferencia del metal de aportación
3. Penetración
4. Forma del cordón
5. Velocidad de soldeo
6. Precio del gas

Argón (A).

Este gas es utilizado como medio de protección, en la soldadura por fusión, desde hace muchos años; y se lo obtiene por destilación del aire, previamente licuado.

El Argón puro solo es utilizado como gas de protección en las soldadura de metales como el aluminio (Al), cobre (Cu), níquel (Ni) y titanio (Ti); en cambio si se lo emplea en la soldadura de los aceros, tiene tendencia a producir mordeduras y cordones con bordes muy irregulares.

Helio (He).

Al igual que el Argón es un gas inerte, y se lo obtiene a partir de un proceso de destilación fraccionada del aire atmosférico, similar al que se aplica en la obtención del Argón.

Su principal aplicación se circunscribe a la soldadura de los metales no ferrosos, como por ejemplo: el aluminio (Al), cobre (Cu) y el magnesio (Mg).

Dióxido de Carbono (CO₂).

La mayor utilización del CO₂, como gas de protección, se encuentra en la soldadura de los aceros al carbono.

La característica principal de este gas es la proporcionar soldaduras con una mayor penetración, sumándole a esto el hecho de ser mucho más barato que el Argón y otros gases protectores.

Mezcla de Argón y Oxígeno.

Al soldar los aceros al carbono y con el objetivo de mejorar los bordes del cordón y la penetración que se obtiene con argón puro, se puede utilizar mezclas de argón + oxígeno al 1, 2 o 5%.

El oxígeno aumenta la penetración mejora el aspecto de la junta y disminuye la tendencia a formar mordeduras. Las mezclas de argón + oxígeno son muy utilizadas en la soldadura de los aceros al carbono, de baja aleación e inoxidable.

Mezcla Argón y CO₂

Al soldar aceros al carbono con la protección de CO puro no permite alcanzar las mejores características del arco. Este problema suele aparecer en las uniones en las que debe cuidarse

especialmente un buen aspecto superficial y reducir al mínimo las salpicaduras; en este caso se recurre a las mezclas de argón + CO₂.

Las mezclas de argón + CO₂ pueden ser utilizadas en la soldadura de los aceros al carbono, de baja aleación y algunos tipos de inoxidable.

Mezcla de Argón, Helio y CO₂.

El mayor campo de aplicación de este tipo de mezclas es la soldadura de los aceros inoxidable auténticos (de acuerdo con A.I.S.I. son los de la serie de los 300).

La utilización de estas mezclas permite conseguir cordones de buen aspecto y con un refuerzo o sobre espesor muy bajo, lo que es muy interesante cuando se pretenda una superficie lisa y sin un refuerzo elevado. Por esas razones, se emplea en la soldadura de las tuberías de aceros inoxidable.

Una de las mezclas más utilizadas en el soldeo MAG es Ar + 8-10% de CO₂, utilizándose generalmente con transferencia en spray. Las mezclas de Ar + CO₂, con un porcentaje de éste último mayor o igual al 25%, se utilizan para transferencia por cortocircuito en el soldeo de aceros al carbono y de baja aleación. Con arco pulsado se utilizan mezclas de Ar + CO₂ (generalmente con un 5% de CO₂), o mezclas de Ar + He + CO₂.

Dentro de los consumibles utilizados en nuestro caso encontramos el material de aporte el cual es suministrado en bobinas y de 1 mm de diámetro. Como ya se mencionó, el tipo de soldadura es MIG, por lo que el gas de protección inerte empleado es mezcla de Argón + O₂.

3.10. Parámetros De Soldeo

Los parámetros fundamentales que entran a formar parte de las características de soldeo, y por tanto de la calidad de soldadura, son:

- Tensión
- Velocidad de alimentación
- Impedancia
- Longitud libre del alambre o “stick-out”
- Velocidad de desplazamiento
- Polaridad
- Ángulo de inclinación de la pistola
- Gas de protección

3.10.1. Relación Entre Los Parámetros

La tensión se mide en voltios (V) y es regulable en la fuente de energía, o bien a distancia desde la unidad alimentadora de alambre. Se transmite de forma regular desde la fuente al alambre, sin embargo se distribuye entre la prolongación del alambre y el arco de un modo desigual. Aproximadamente el 90% de la energía se concentra en el arco y el 10% restante en

el alambre (ver figura 33). Por tanto, cuanto mayor sea la longitud del arco mayor será la tensión.

La intensidad, sin embargo, está muy relacionada con la velocidad de alimentación del alambre, de forma que cuanto mayor es la velocidad de alimentación mayor es la intensidad. La tasa de deposición también está muy relacionada con la intensidad; cuanto mayor es la intensidad más rápidamente se producirá la fusión y, por tanto, la deposición. Se pueden establecer así las siguientes equivalencias:

Equivalente a:	
Intensidad	Velocidad de alimentación del alambre Velocidad de fusión
Tensión	Longitud del arco

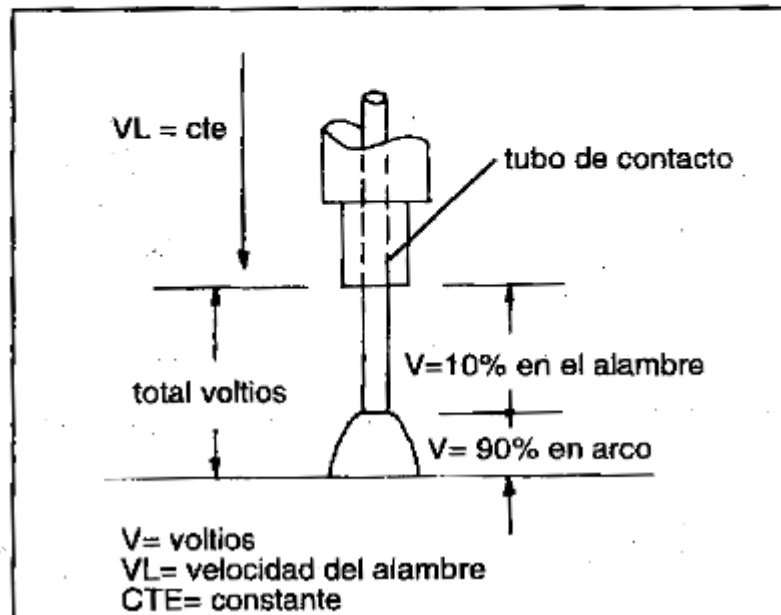


FIGURA 40. DISTRIBUCIÓN DE LA TENSIÓN EN EL ARCO ELÉCTRICO.
RELACIÓN ENTRE LA LONGITUD DEL ARCO Y LA TENSIÓN

Fuente: Soldadura Semi Automática con Gas de Protección (MIG-MAG)- Departamento de Formación Lincoln-KD. S.A.

3.10.2. Impedancia

Una de las formas de transferencia, en el proceso de soldadura MAG/MIG, es por cortocircuito tanto con arco corto o largo.

Durante la soldadura y en los momentos en que se produce los cortos-circuitos, aparecen picos en la corriente eléctrica, picos que son controlables por medio de la inductancia (bobina de inducción, no todas las fuentes de poder la poseen).

La regulación adecuada de esa inductancia depende del procedimiento de soldadura (tarea, tipo de gas de protección, tipo de transferencia, posición de soldadura, etc.).

Si a la inductancia se la regula con pequeño efecto se obtendrán las siguientes características:

- a) Intensifica la formación de salpicaduras.
- b) Aspecto grosero del cordón de soldadura.
- c) Encendido inmediato y estable del arco eléctrico.
- d) Aumento de la frecuencia de los cortos-circuitos.

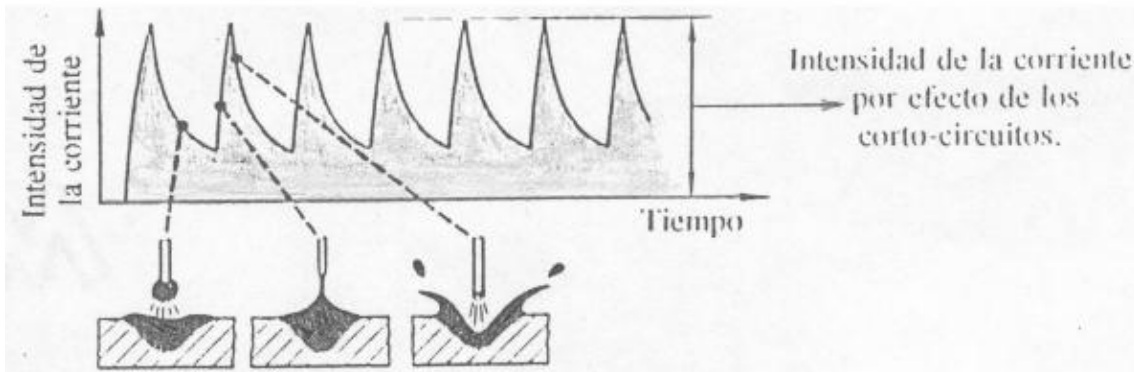


FIGURA 41. FORMA DE LA INTENSIDAD DE LA CORRIENTE CON PEQUEÑO EFECTO DE LA INDUCTANCIA

Fuente: Los Procesos de Soldadura por Arco Semi-Automáticos (MAG, MIG y FCAW) por J.A.Alonso & Asoc., 2008.

En cambio si la inductancia es regulada con amplio efecto se conseguirán los siguientes resultados:

- a) Escasa formación de salpicaduras.
- b) Buen aspecto del cordón de soldadura.
- c) Dificultad en el encendido y transferencia irregular del metal aportado.
- d) Menor cantidad de cortos-circuitos

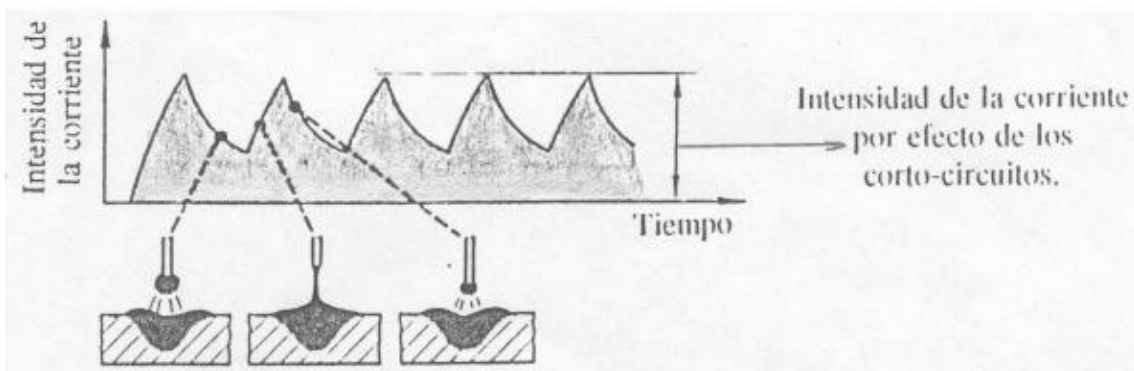


FIGURA 42. FORMA DE LA INTENSIDAD DE LA CORRIENTE CON AMPLIO EFECTO DE LA INDUCTANCIA

Fuente: Los Procesos de Soldadura por Arco Semi-Automáticos (MAG, MIG y FCAW) por J.A.Alonso & Asoc., 2008.

3.10.3. Extremo Libre Del Alambre Electrodo (“Stick-Out”)

El extremo libre del alambre es la distancia desde el tubo de contacto hasta el extremo del alambre y está relacionada con la distancia entre el tubo de contacto y la pieza a soldar. Esta variable tiene suma importancia para el soldeo y en especial para la protección del baño de fusión.

Cuando aumenta el extremo libre del alambre la penetración se hace más débil y aumenta la cantidad de proyecciones. Éstas pueden interferir con la salida del gas de protección y una protección insuficiente puede provocar porosidad y contaminación excesiva.

La mayoría de los fabricantes recomiendan longitudes de 6 a 13 mm para transferencia por cortocircuito y de 13 a 25 mm para otros tipos de transferencia. Disminuyendo la longitud en transferencia por cortocircuito, aunque la tensión suministrada por la fuente de energía sea baja, se consigue buena penetración.

En la siguiente figura se ha representado la influencia de la variación de la distancia entre el tubo de contacto y la pieza.

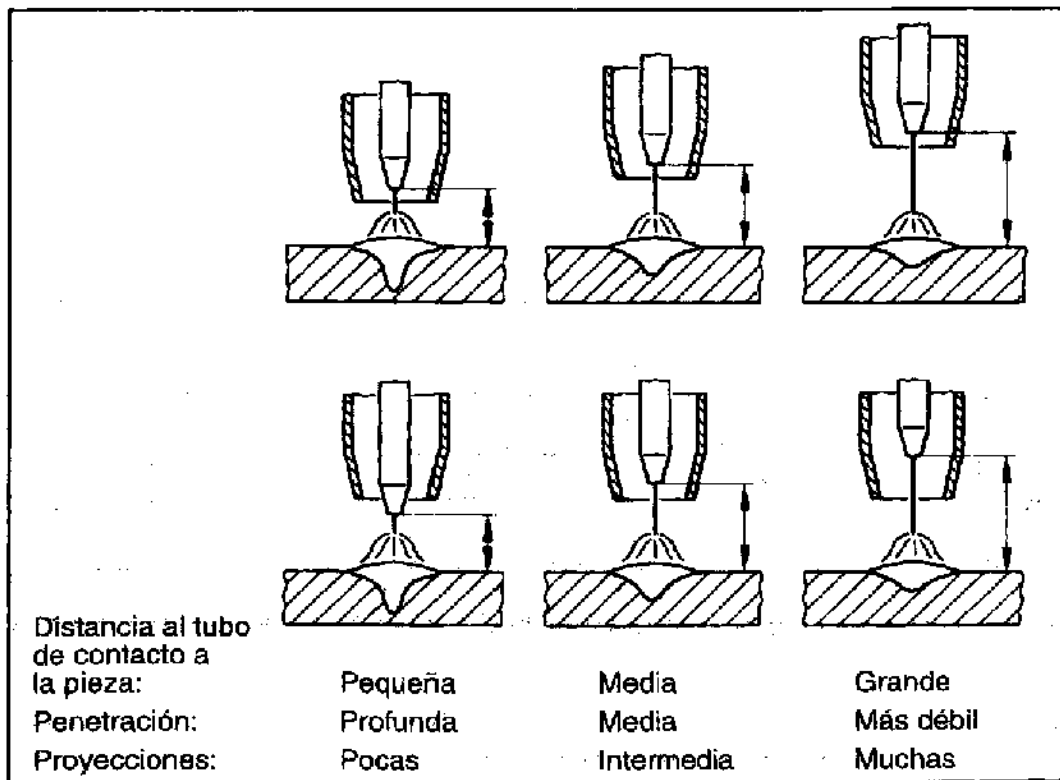


FIGURA 43. EFECTO DEL EXTREMO LIBRE DEL ALAMBRE MANTENIENDO CONSTANTES LA TENSIÓN Y LA VELOCIDAD DE ALIMENTACIÓN DEL ALAMBRE

Fuente: Los Procesos de Soldadura por Arco Semi-Automáticos (MAG, MIG y FCAW) por J.A.Alonso & Asoc., 2008.

3.10.4. Velocidad De Desplazamiento

Si se mantienen todos los demás parámetros constantes, cuanto menor sea la velocidad de soldeo mayor será la penetración. Sin embargo una pistola se puede sobrecalentar si se suelda con intensidad alta y baja velocidad de soldeo. Una velocidad de soldeo alta producirá una soldadura muy irregular.

3.10.5. Polaridad

Para la mayoría de las aplicaciones del soldeo GMAW se utiliza la polaridad inversa (DC+) ya que se obtiene un arco estable, con una buena transferencia de metal de aportación, pocas proyecciones, un cordón de soldadura de buenas características y gran penetración.

La polaridad directa (DC-) casi no se utiliza porque, aunque la tasa de deposición es mayor, generalmente solo se consigue transferencia globular.

La corriente alterna no se utiliza en el soldeo MIG/MAG ya que el arco se hace inestable y tiende a extinguirse.

3.10.6. Posicionamiento de la torcha

El ángulo con que se sostiene el electrodo durante la soldadura determina la dirección en que la fuerza del arco se aplica al charco de metal fundido. Si las variables de soldadura se ajustan en los niveles correctos para la aplicación de que se trata, se puede usar la fuerza del arco para contrarrestar Los efectos de la gravedad. En el proceso, la fuerza del arco no solo sirve para dar a la franja de soldadura la forma deseada, sino también para evitar que la escoria corra por delante del metal de soldadura y quede atrapada por él.

3.10.7. Ángulo De Desplazamiento

Se define al ángulo de desplazamiento como el ángulo formado entre el eje de desplazamiento y el eje de la torcha.

Si la torcha es posicionada en dirección contraria al final del cordón, tendremos:

- a) Un cordón de soldadura ancho.
- b) Una buena transferencia en corto-circuito.
- c) Mala estabilidad de arco.
- d) Amplia proyección de salpicaduras.

Y si por el contrario, la torcha fuese dirigida hacia el final del cordón, los efectos serán exactamente los contrarios:

- a) Cordón de soldadura angosto.
- b) Mala transferencia en corto-circuito.
- c) Buena estabilidad de arco.
- d) Pocas proyecciones de salpicaduras

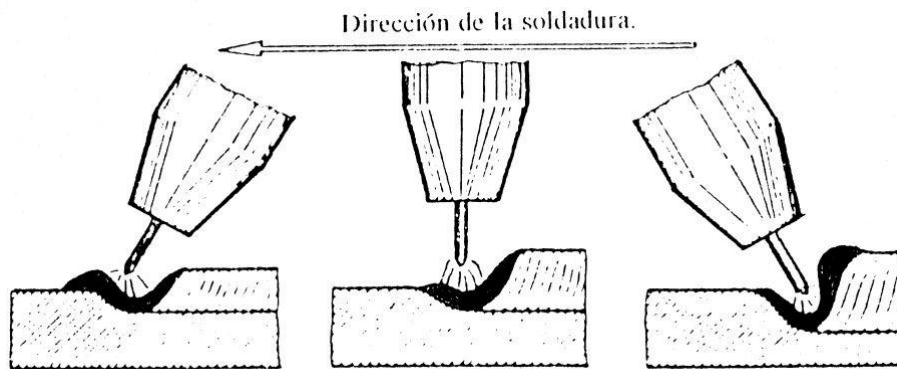


FIGURA 44. REPRESENTACIÓN DEL ÁNGULO DE DESPLAZAMIENTO
Fuente: Los Procesos de Soldadura por Arco Semi-Automáticos (MAG, MIG y FCAW) por J.A.Alonso & Asoc., 2008.

3.10.8. Ángulo De Trabajo.

Se define al ángulo de trabajo como el ángulo formado entre el eje del componente a soldar y el eje de la torcha.

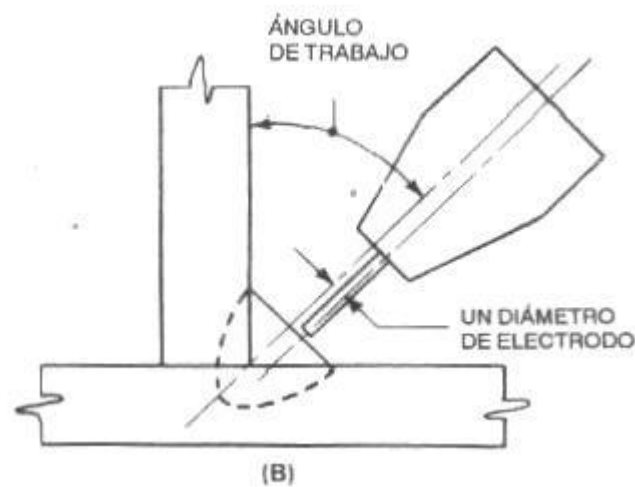


FIGURA 45. REPRESENTACIÓN DEL ÁNGULO DE TRABAJO
Fuente: Soldadura Semi Automática con Gas de Protección (MIG-MAG)- Departamento de Formación Lincoln-KD. S.A.

En este caso el posicionamiento de la torcha va a tener influencia en la penetración sobre los componentes a soldar. A medida que se aumenta o disminuye el ángulo de trabajo se estará penetrando más a un componente o al otro.

3.11. Fuente de soldadura utilizada en la empresa

Las fuentes de soldadura utilizadas en las máquinas antes mencionadas son KEMPPI. Estas están conformadas por dos partes, la fuente de energía (Pro4200 EVOLUTION) y el sistema de alimentación del alambre (ProMig 501) que contiene el panel de control (PRO EVOLUTION ML).

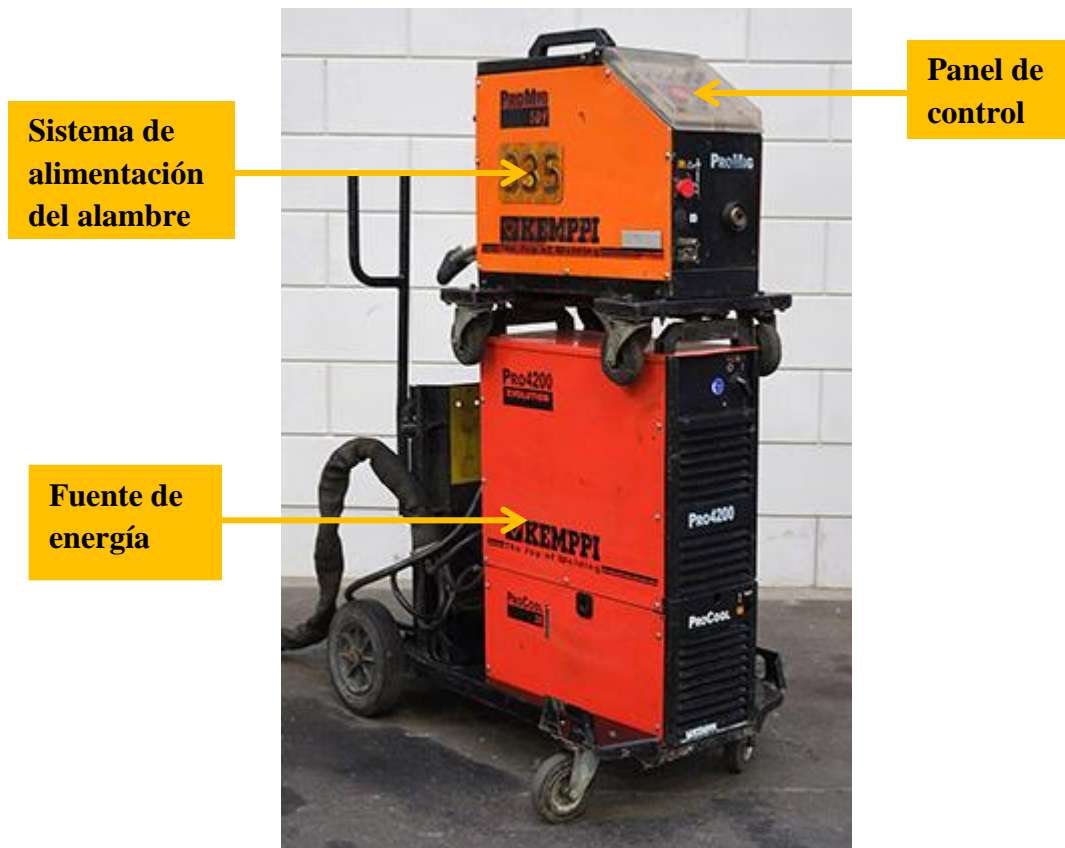


FIGURA 46. FUENTE DE SOLDADURA UTILIZADA EN LA EMPRESA.

El panel de control PRO EVOLUTION ML es la interface máquina-usuario, desde el cual se pueden modificar las distintas variables que intervienen en el proceso de soldadura, excepto la orientación de la torcha y el caudal del gas. A continuación se esquematiza este tipo de panel con sus respectivas referencias:

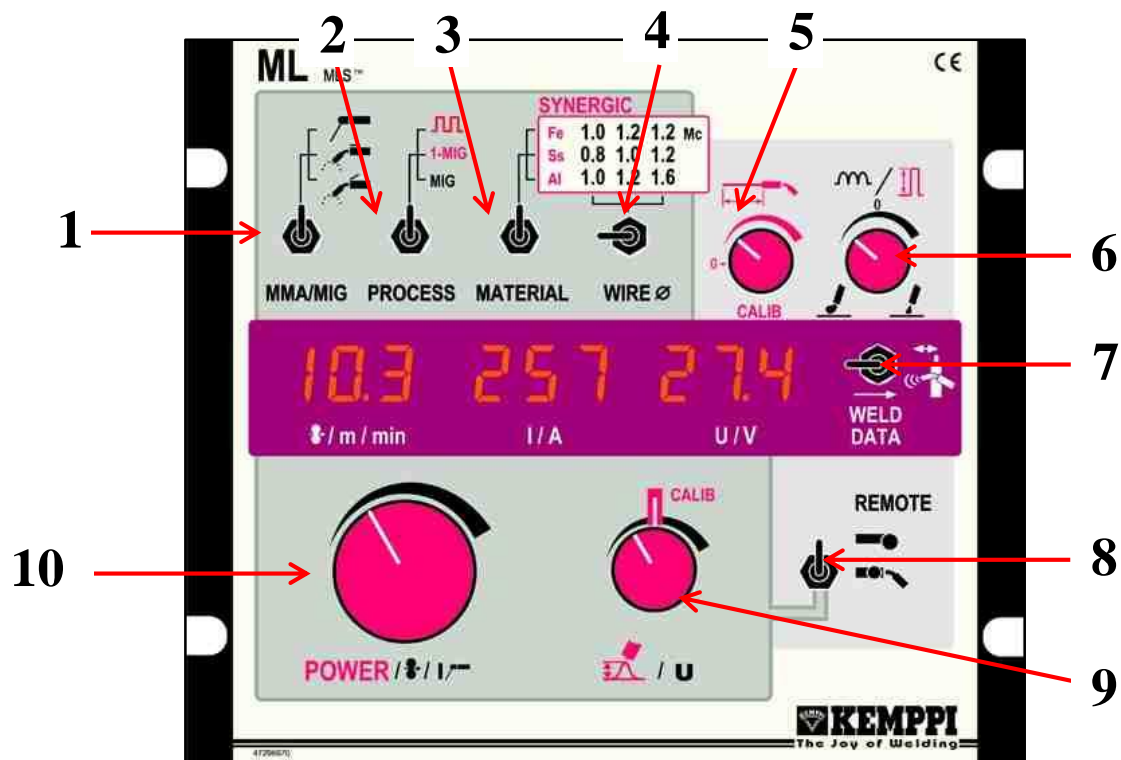


FIGURA 47: PANEL DE CONTROL FUENTE DE SOLDADURA KEMPPÍ
Fuente: Manual Técnico Fuente Kempfi Pro MIG 501.

Referencia:

1. Selector del método de soldadura: MMA, MIG dos tiempos, MIG cuatro tiempo.
2. Selector del tipo de proceso MIG: MIG/MAG Normal, MIG Sinérgico, MIG Sinérgico Pulsado.
3. Selector de material del alambre: Fe (acero), Ss (acero inoxidable) y Al (aluminio).
4. Selector de diámetro del alambre: se encuentra expresado en milímetro (mm).
5. Selector de compensación de longitud de alambre.
6. Control dinámico de soldadura: relación entre la estabilidad del arco y cantidad de proyecciones.
7. Indicador de últimos valores usados: muestra la información sobre los últimos valores del voltaje, la corriente y la velocidad del alambre.
8. Selector de control remoto: selecciona si se desea que las variables (velocidad del alambre y voltaje) sean manejados desde un control remoto, conectado en la torcha, o desde el panel de control.
9. Variador de impedancia
10. Variador de la velocidad de aporte de alambre.

P-D-C-A

HACER

(DO)

3.12. ¿Qué ocurre durante la fase “hacer”?

Paso 1: Seleccionar e implementar la solución

Una vez que se identifica la causa, es el momento de proponer posibles soluciones. Esto inicia la sección Hacer del ciclo PDSA, la parte del ciclo que atrae la atención de todo mundo.

Tan fuerte es el deseo de hacer algo que muchos solucionadores de problemas se ven tentados a reducir a prácticamente nada la cantidad de tiempo destinada a planificar. Se debe evitar la tentación de proponer soluciones de inmediato. Las mejores soluciones son aquellas que resuelvan el problema real. Éstas sólo se encuentran después de identificar la causa raíz del problema.

La parte más significativa del esfuerzo de resolución de problemas se debe concentrar en la fase Planificar.

Es importante reconocer que la aplicación de estas técnicas no significa que debe ignorarse el problema inmediato. Se deben emprender acciones inmediatas para rectificar cualquier situación que no satisfaga las necesidades, requerimientos y expectativas razonables del cliente. Sin embargo, estos remedios rápidos son sólo eso: un arreglo rápido de un problema para el corto plazo; estos remedios simplemente dan tiempo para encontrar una solución para el largo plazo. Un remedio rápido nunca se debe considerar como el fin de un problema. Los problemas sólo se puedan dar por resueltos cuando no se vuelven a presentar.

La selección e implementación de la solución requiere que el equipo del proyecto elija la mejor solución para el problema que se analiza. La solución se debe evaluar contra cuatro criterios generales:

1. La solución se debe elegir con base en su potencial para evitar una recurrencia del problema.

Un remedio rápido o a corto plazo para un problema sólo significa que se desperdiciará tiempo en resolver este problema cuando se vuelva a presentar en el futuro.

2. La solución debe abordar la causa raíz del problema. Un remedio rápido o a corto plazo que se enfoque en corregir los síntomas de un problema desperdiciará tiempo porque el problema se presentará nuevamente en el futuro.

3. La solución debe ser rentable. La solución más cara no necesariamente es la mejor para los intereses de la compañía. Las soluciones podrían requerir determinar los planes futuros de la compañía para un proceso o producto en particular. Cambios mayores al proceso, sistema o equipo tal vez no sean una solución adecuada para un proceso o producto que se discontinuará en un futuro cercano. Será necesario investigar los avances tecnológicos para determinar si representan las soluciones más rentables.

4. La solución debe tener la capacidad de implementarse en un tiempo razonable. Es necesaria una solución oportuna para el problema con el fin de evitar a la compañía la carga de monitorear el problema actual y sus remedios rápidos asociados.

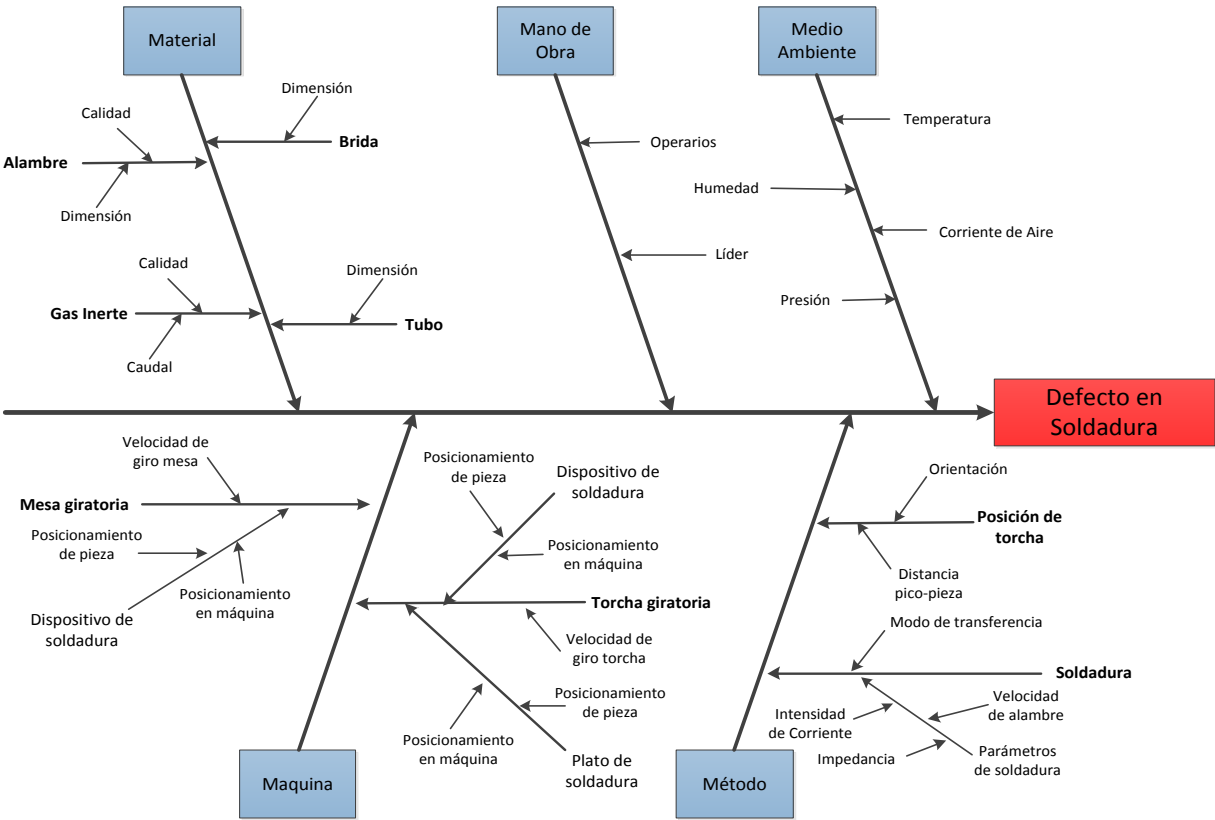
Con frecuencia, los integrantes del equipo de resolución de problemas implementan la solución.

Para garantizar el éxito de la implementación de la solución es de vital importancia asignar deberes a individuos específicos y hacerlos responsables de llevar a cabo la tarea. Saber quién va a hacer qué y cuándo, ayudará a garantizar que el proyecto irá por buen camino.

3.13. Descripción De La Situación Actual

Al contar con la información precisa de que los defectos son generados en las soldaduras circulares automáticas que unen el tubo y la brida plana, lo que realizaremos a continuación será determinar cuáles fueron las causas que dieron origen a los mismos, para posteriormente analizar las condiciones actuales de dichas causas.

Se elabora un diagrama de causa-efecto (Ishikawa), estableciendo cinco fuentes principales de estudio la Máquina, Mano de Obra, Material, Medio Ambiente y Método (5M), para determinar las posibles causas de los problemas encontrados. Para esto, se formó un equipo de trabajo el cual estuvo integrado por una persona de Ingeniería, una de Calidad y el líder del GAP en estudio.



GRÀFICO 7: DIAGRAMA CAUSA EFECTO

Una vez terminado el mismo, se visualiza con mayor facilidad las posibles causas de los defectos en las soldaduras.

3.13.1. Análisis de las variables intervinientes en el proceso

Para hacer más fácil el seguimiento del análisis de las variables se usara un cuadro en el cual se expongan las mismas, modo de influencia y los efectos en el proceso.

Variables	Subvariables	Valores
Medio Ambiente	Temperatura	Ambiente: Frio/ Calor
	Humedad	Ambiente: Húmedo
	Corriente de Aire	Corriente de aire sobre proceso
	Presión	Variaciones de presión ambiente
Mano de Obra	Operarios	Operarios capacitados o no capacitados
	Líder	Líder calificados para el puesto o no calificados
Material	Tubos	Diámetro exterior de tubo: $60,5 \pm 0,3$ mm
	Bridas	Diámetro interior de agujero: $61 +0,5/-0$ mm
	Alambre de soldar	Diámetro y composición: Ver tabla en análisis.
	Gas inerte	Caudal: 25 ± 5 lts/min.
Máquina	Dispositivo de soldadura	Posición del dispositivo: No constante.
	Clamps manuales	Sujeción de tubo: tubo con movimiento.
	Plato de soldadura	Posición del plato: No constante.
	Clamps neumáticos	Sujeción de brida: brida con movimiento
	Brazo giratorio	Movimiento del brazo: brazo con movimiento.
	Brazo mecánico	Movimiento del brazo: brazo con movimiento.
	Velocidad de giro	Variación de velocidad durante el proceso.
Método	Posición de la torcha	Ángulo de ataque: bajo/elevado
		Ángulo de desplazamiento: bajo/elevado
	Distancia pico-pieza	Respeto o no la especificación
	Modo de transferencia	MIG: Pulsado/Pulsado sinérgico
Parámetros de soldadura	Respeto o no la especificación	

TABLA 5: VARIABLES INTERVINIENTES EN EL PROCESO

3.13.2. Medio Ambiente

Es evidente que los factores ambientales no se pueden controlar, lo que obliga a producir bajo las condiciones que se presentan día a día.

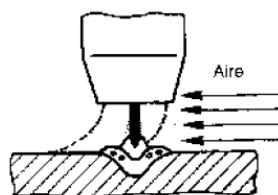


FIGURA 48: INFLUENCIA DE LA CORRIENTE DE AIRE SOBRE EL GAS DE PROTECCIÓN

Del análisis de todos los factores ambientales, solo se detectó que una corriente de aire puede influir en el proceso de soldadura ya que genera un desplazamiento de la corriente de gas que sale por la boquilla permitiendo el ingreso de aire en la zona de protección.

Para impedir esto, las máquinas de soldadura circulares se encuentran protegidas en su alrededor por una barrera metálica, como se muestra a continuación:



FIGURA 49: BARRERA FÍSICA PARA IMPEDIR INGRESO DE CORRIENTE DE AIRE

Variabes	Subvariabes	Valores	Causa de los defectos	Influencia
Medio Ambiente	Temperatura	Ambiente: Frio/ Calor	No tiene	No tiene
	Humedad	Ambiente: Humedo	No tiene	No tiene
	Corriente de Aire	Corriente de aire sobre proceso	Desplazamiento de corriente de gas de protección	No tiene

TABLA 6: RESUMEN RESULTADO ANÁLISIS DE MEDIO AMBIENTE

Conclusión: de acuerdo a lo antes detallado, se descarta al factor medio ambiente como posible causa de los problemas de soldaduras.

3.13.3. Mano de Obra

En cuanto a la Mano de Obra, todos los operarios y líder del GAP 1 se encuentran acordes a los perfiles de puestos en los que se desempeñan, es decir son calificados y cuentan con el entrenamiento correspondiente. Esto es controlado por el área de recursos humanos, por eso es descartada como posible causa de los problemas.

Variabes	Subvariabes	Valores	Causa de los defectos	Influencia
Mano de Obra	Operarios	Operarios capacitados o no capacitados	Operarios no conocen la operación	No tiene
	Líder	Líder calificados para el puesto o no calificados	Líder no calificados	No tiene

TABLA 7: RESUMEN RESULTADO ANÁLISIS DE MANO DE OBRA

3.13.4. Material

Este factor se divide en factores secundarios como son la brida, el alambre, el tubo y el gas inerte. Para el caso de las tres primeras variables, las mismas deben cumplir con las especificaciones dimensionales requeridas para el proceso de soldadura; para el caso del gas inerte, este debe cumplir con el porcentaje de elementos que conforman la mezcla y el caudal adecuado.

3.13.4.1. Dimensiones de Tubos y Brida Plana

Entre las especificaciones determinadas por las normas del cliente referido a la unión soldada de los componentes, se establece que la separación de juntas no debe ser superior a 1 mm ya que podría ocasionar un defecto en la soldadura como perforación en el tubo.

Las especificaciones que se establecen para los componentes son:

Componente	Especificación (mm)	Tolerancia (mm)
Tubo	$\varnothing_{\text{Exterior}} = 60.5$	± 0.3
Brida plana	$\varnothing_{\text{Interior}} = 61$	$+0.5/-0$

TABLA 8: ESPECIFICACIONES DE COMPONENTES

Para analizar si estos componentes cumplen con dicha especificación, se realizó la medición de 30 bridas planas y 30 tubos. Esta medición se llevó a cabo según instructivo (Ver anexo A.1.), de la cual se obtuvieron los valores expresados en la tabla A.3. del anexo.

Como conclusión de acuerdo al análisis de las mediciones, descartamos los componentes como posibles causas de problemas en el proceso de soldadura, esto es debido a que entre los valores no encontramos un caso en el que exista una diferencia mayor a 1 mm entre los diámetros de los mismos.

3.13.4.2. Alambre de soldar

El alambre es suministrado por el proveedor en rollos de alambre de 15 Kg, los cuales luego son montados en el sistema de suministro de alambre de las máquinas de soldar.

Para el caso del alambre de soldar verificar que el mismo cumpla con el diámetro especificado. Dicha especificación es: $\varnothing = 1 +0.1/-0.4$ mm. Se realizó la medición de 10 rollos de alambre, de acuerdo al instructivo adjunto (Ver anexo A.4.), obteniendo los siguientes valores:

Nº Rollo de Alambre	Medición (mm)	Especificación (mm)	Resultado
1	0,98	1 +0.1/-0.4	OK
2	0,98	1 +0.1/-0.4	OK
3	0,99	1 +0.1/-0.4	OK
4	0,98	1 +0.1/-0.4	OK
5	0,98	1 +0.1/-0.4	OK
6	1	1 +0.1/-0.4	OK
7	1	1 +0.1/-0.4	OK
8	1	1 +0.1/-0.4	OK
9	0,98	1 +0.1/-0.4	OK
10	1	1 +0.1/-0.4	OK

TABLA 9: MEDICIONES DE ALAMBRE ER 308LSI

A demás de las especificaciones dimensionales, el alambre debe cumplir con ciertas propiedades químicas. Para esto se compara el certificado de calidad (Ver anexo A.5.) que el proveedor entrega, en el cual se detalla el porcentaje de cada componente químico que contiene la partida del alambre, con los valores especificados en las tablas de la norma AWS A 5.9.

Valores	Composición Química										
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	Cu	N	Nb*
AWS A9.5	<0,03	0,65-1,0	1,0-2,5	<0,03	<0,03	19,5-22,0	9,0-11,0	<0,75	<0,75	-	-
Certificado de Calidad	0,02	0,71	1,92	0,022	0,009	19,75	9,7	0,04	0,11	0,065	0,01

TABLA 10: COMPARACIÓN DE COMPOSICIÓN QUIMICA DEL ALAMBRE ENTRE NORMA Y CERTIFICADO DE CALIDAD

Conclusión: el diámetro de los alambres medidos y la composición química del mismo se encuentran dentro de lo especificado, por lo que se lo descarta al alambre como posible causa en los problemas de soldadura.

3.13.4.3. Gas Inerte

En el caso del gas de protección, por requerimiento del cliente se debe utilizar la mezcla denominada MIX-12, la cual está compuesta por 98 %/m³ de Argón y 2 %/m³ de Oxígeno.

La forma en la que se logra esta mezcla, es por medio de un dispositivo mezclador al cual están conectados dos tanques (Ver anexo A.7. “Diagrama instalación Gas de Protección”), uno de ellos contienen 100% Argón y el restante 100% de Oxígeno.



FIGURA 50: DISPOSITIVO MEZCLADOR DE GASES

Para verificar el cumplimiento de esta especificación se solicitó el servicio de mantenimiento de instalaciones para gases que la empresa Air Liquide brinda, el mismo se encarga de verificar el estado de las instalaciones en general. En este caso se pidió que corroborara el funcionamiento del mezclador, para establecer si el porcentaje de cada uno de los elementos cumple con lo especificado.

La forma en la que se realiza este procedimiento es el siguiente:

- 1) Se procede al llenado de un recipiente con la mezcla de gases que sale del mezclador.
- 2) Luego se conecta el recipiente en un instrumento medidor.
- 3) El medidor cuenta con un display el cual indica el porcentaje de Argón que contiene la mezcla.

Una vez observado el valor de Argón con el que cuenta la mezcla, se puede deducir si la misma es correcta; por ejemplo si el calibrador establece que la mezcla cuenta con un 98 % de Argón, el restante 2 % corresponde a Oxígeno, por lo que la mezcla es la correcta.

En el caso de que el valor de Argón sea mayor o menor a 98 %, la mezcla será inadecuada ya que contará con un porcentaje fuera del 2% de Oxígeno que establece la especificación. Para estos casos se debe calibrar el mezclador repitiendo el procedimiento hasta que la mezcla sea la correcta.

Cuando el proceso de calibración termina, el proveedor entrega un certificado en el cual se constata que la mezcla se encuentra dentro de los porcentajes especificados para cada componente.

Con respecto al proceso, el departamento de Ingeniería especifica el caudal con el cual se debe trabajar para garantizar una soldadura que cumpla con los requisitos del cliente. Éste parámetro se detalla en el instructivo de puesta a punto (Ver hoja de proceso A.9. del anexo), el cual establece que el caudal debe ser de 25 ± 5 lts/min.



FIGURA 51: CAUDALIMETRO

Para corroborar la especificación antes detallada, se observa el registro de autoinspección que debe completar el GAP Líder en determinados momentos, ya sea en el inicio de turno, si se registra algún inconveniente por problema de HSE, Calidad o Mantenimiento, cuando se realiza el cambio de modelo que se está produciendo o cuando se reinicia el lote. Revisando el archivo de los registros de autoinspección (Ver anexo A.6. “Registro de Autoinspección”) se corrobora que los parámetros utilizados se encuentran dentro del rango definido.

Conclusión: si bien se podría concluir en descartar esta variable como causa de los problemas en el proceso de soldadura por el cumplimiento de los requisitos del cliente y especificación de ingeniería, pero analizando la situación con el equipo de trabajo, se concluyó que la posible causa del problema de poros en el cordón es el que el caudal de gas se encuentre muy alto generando turbulencia en la zona de protección y así permitiendo el ingreso de aire. Es por esto que se concluye en retener la variable del caudal de gas.

En resumen:

Variables	Subvariables	Valores	Causa de los defectos	Influencia
Material	Tubos	Diámetro exterior de tubo: $60,5 \pm 0,3$ mm	Diámetro exterior fuera de especificación	No tiene el diámetro se encuentra dentro de lo especificado
	Bridas	Diámetro interior de agujero: $61 +0,5/-0$ mm	Diámetro de agujero fuera de especificación.	No tiene el diámetro se encuentra dentro de lo especificado
	Alambre de soldar	Diámetro y composición: Ver tabla en análisis.	Diámetro y composición fuera de especificación.	Diámetro y composición se encuentran dentro de especificación.
	Gas inerte	Caudal: 25 ± 5 lts/min. Porcentaje de mezcla: 98% Ar + 2% O ₂	Caudal bajo o elevado. Porcentaje de mezcla fuera de especificación.	Caudal elevado, puede generar turbulencias durante el proceso. Porcentaje de mezcla se encuentra dentro de especificación.

TABLA 11: RESUMEN RESULTADO ANÁLISIS DE MATERIALES

3.13.5. Máquina

A continuación se analizarán las diferentes máquinas involucradas en el sector en estudio, con el fin de determinar si existe influencia de éstas en el proceso de soldadura.

3.13.5.1. Máquina Torcha giratoria

Esta máquina cuenta con un plato, un dispositivo y un brazo sobre el cual se encuentra la torcha de soldar. El plato y el dispositivo están fijos mientras que el brazo es el que realiza el giro para desarrollar la trayectoria del cordón de soldadura.

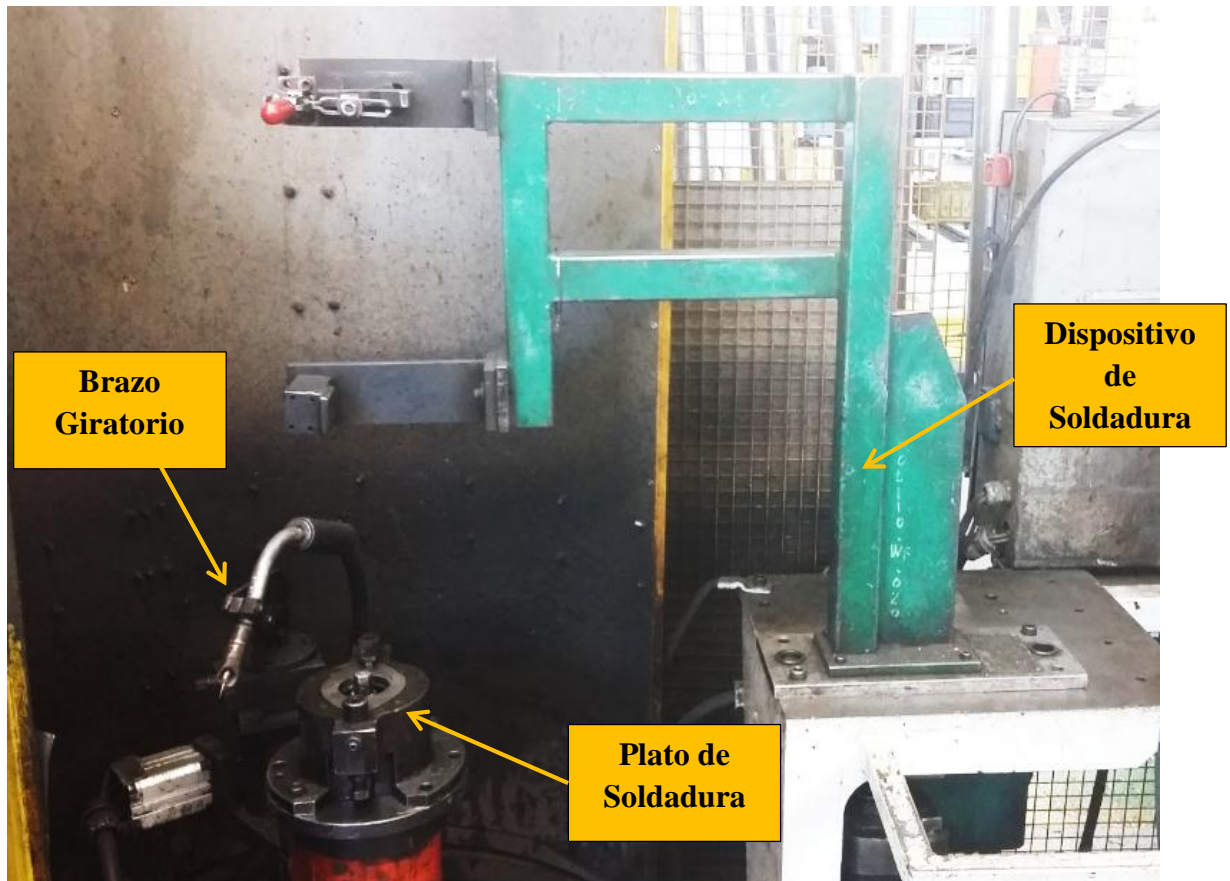


FIGURA 52: MÁQUINA TORCHA GIRATORIA

Dispositivo de Soldadura

Los tubos se posicionan en dispositivos, los cuales se fijan a las máquinas. Estos dispositivos están diseñados de modo de asegurar que al cargar los tubos queden fijos al mismo, ya que el proceso se ajusta a una posición determinada y la variación de la misma generaría defectos en la unión soldada.

Para asegurar la posición de los dispositivos a la máquina, estos cuentan con dos agujeros en los cuales se colocan pines centradores, de modo de impedir que el mismo tenga desplazamientos, tanto de traslación como de rotación; a su vez, los mismos se fijan a la máquina mediante cuatro tornillos.



FIGURA 53: MÉTODO DE FIJACIÓN DISPOSITIVO DE SOLDADURA MÁQUINA TORCHA GIRATORIA

Para la fijación de los tubos al dispositivo, este cuenta con un clamp de sujeción rápida y un apoyo que evita la rotación del mismo.

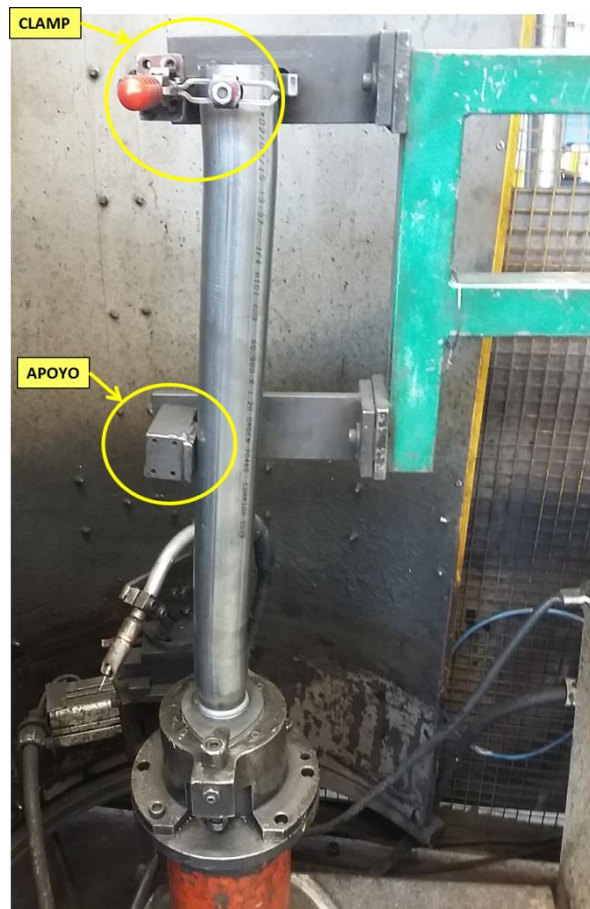


FIGURA 54: MÉTODO DE SUJECCIÓN DE TUBO EN DISPOSITIVO DE SOLDADURA MÁQUINA TORCHA GIRATORIA

Clamp de sujeción rápida

Es un mecanismo de palanca que al ser accionado ejerce una fuerza sobre la pieza y al estar ésta sobre un apoyo queda fijada sobre el mismo. Está diseñado para facilitar la carga y descarga de piezas. Éste es accionado manualmente por el operario y lo hace tanto al montar el tubo para soldar el subconjunto como al retirar el subconjunto soldado.

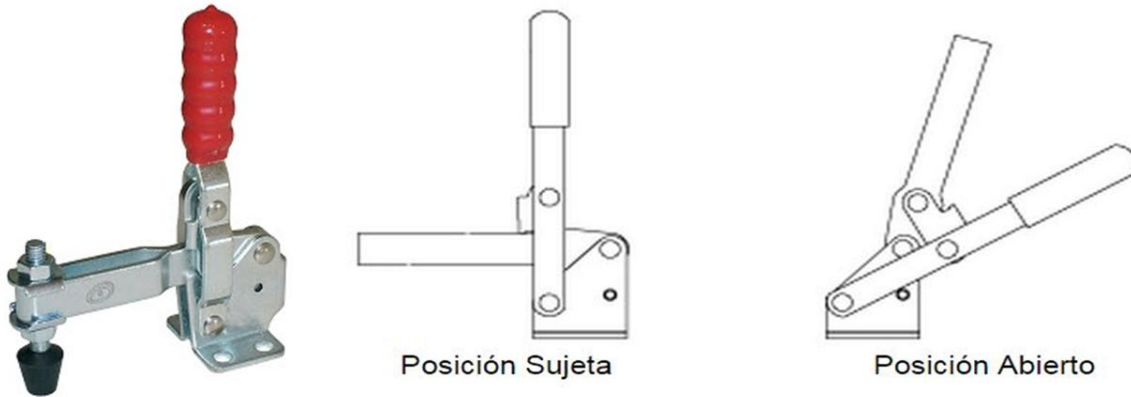


FIGURA 55: PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO CLAMP DE SUJECCIÓN RÁPIDA

Como se observa, los dispositivos están sujetos de tal manera que se restringe el movimiento en cualquier dirección, y en éste a su vez se impide el movimiento de la pieza. No se considera al mismo como una posible causa de los problemas en las soldaduras, por lo que se lo descarta para el posterior estudio.

Plato de soldadura

Las bridas son localizadas en platos que se encuentran fijados a la máquina. Debido a los diferentes tamaños de las bridas con las que se puede trabajar, se cuenta con platos que son intercambiables y la fijación de éstos a la máquina se realiza por medio de dos tornillos. En caso de ser necesario, la máquina cuenta con varios agujeros para poder realizar modificaciones en la posición del plato.



FIGURA 56: PLATO DE SOLDADURA MÁQUINA TORCHA GIRATORIA

Para asegurar el posicionamiento de las bridas al plato, estos cuentan con dos pines pasadores y dos clamps neumáticos.

Pines pasadores

La función de estos pines es asegurar la posición de la brida en el plato, para esto uno de ellos es redondo y el otro del tipo diamante. Los pasadores redondos y tipo diamante se usan juntos para el posicionamiento a partir de los dos agujeros de la brida. El pasador redondo es el posicionador de 2 ejes principales mientras que el pasador tipo diamante es el posicionador de 1 eje secundario. Los pasadores tipo diamante están rebajados para posicionar únicamente en forma radial alrededor del pasador redondo y evitar el posicionamiento redundante. Esto evita el atascamiento durante la carga y la descarga de la pieza sin perder su alta precisión.

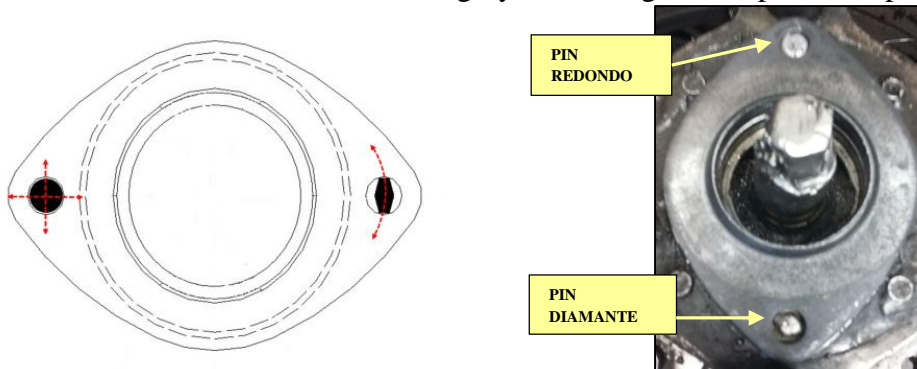


FIGURA 57: PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO PINES PASADORES

Clamps neumáticos

Es un sistema automático en el que dos clamps se encuentran unidos a cilindros neumáticos que al ser accionado por el operario desde el mando, estos descenden y aplican una fuerza sobre la brida fijándola al plato de modo de asegurar la posición de la misma durante el proceso de soldadura.



Abierto



Cerrado

FIGURA 58: POSICIONES DE CLAMPS NEUMÁTICOS

Luego de lo detallado, se aprecia que el sistema de fijación de la brida al plato impide el movimiento de ésta durante el proceso de soldadura y como el plato tampoco sufre movimientos durante el proceso, se descartan como causas de los problemas de soldadura.

Brazo giratorio

Es la parte de la máquina donde se encuentra sujeta la torcha de soldar, este brazo es el que realiza el movimiento giratorio durante el proceso.

El brazo cuenta con un sistema neumático mediante el cual se aproxima a la pieza al momento de iniciar el proceso de soldadura y una vez terminado se retira, esto es para facilitar la carga de componentes y la descarga del subconjunto terminado. Esto lo lleva a cabo mediante un movimiento de rotación sobre el eje Z del brazo.

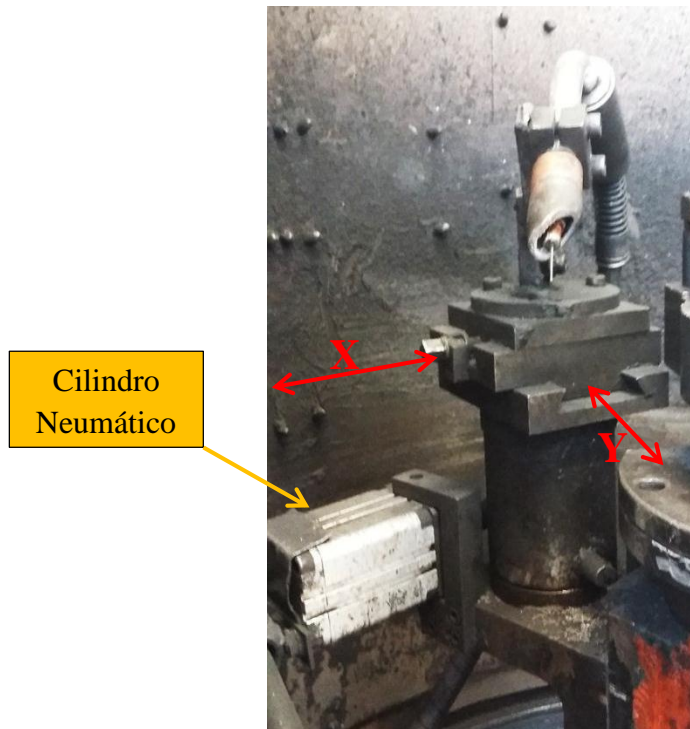


FIGURA 59: DIRECCIONES DE DESPLAZAMIENTO BRAZO GIRATORIO

Como en el brazo se encuentra sujeta la torcha, es necesario que el mismo cuente con distintos sistemas para permitir realizar pequeños movimientos para la puesta a punto de la torcha. Para esto, el brazo cuenta con dos correderas colocadas en ejes perpendiculares entre ellas para poder realizar movimiento en las direcciones X e Y.

Además, como se observa en la imagen, el brazo cuenta con perforaciones, con las cuales se permite el movimiento a través de los tornillos para modificar la inclinación de la torcha con el fin de obtener el ángulo de soldadura deseado.



FIGURA 60: SISTEMA DE REGULACIÓN DE LA POSICIÓN DE TORCHA

Debido a que el brazo cuenta con muchas partes móviles y que durante el proceso de soldadura pueden variar generando problemas, se realizan mediciones de la distancia desde el pico de la torcha a la brida en varios puntos de la misma. De esta manera, con los valores obtenidos se podrá verificar si el movimiento que realiza el brazo se encuentra centrado respecto a la de la pieza.

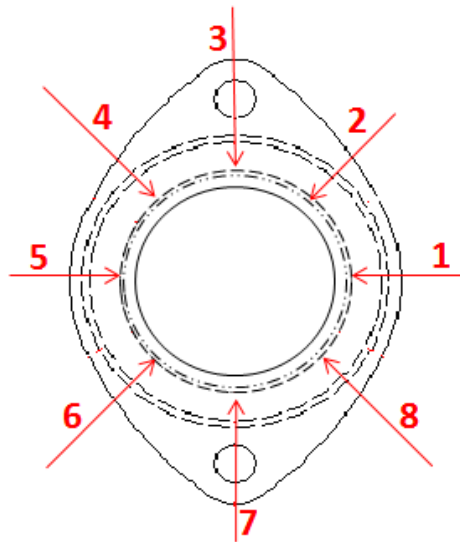


FIGURA 61: PUNTOS DE MEDICIÓN DISTANCIA PICO – PIEZA MAQUINA TORCHA GIRATORIA

Nº de Medición	Puntos de Medición							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1	13,22	13,19	13,18	13,21	13,23	13,22	13,21	13,19
2	13,21	13,18	13,19	13,21	13,22	13,21	13,19	13,19
3	13,22	13,2	13,17	13,22	13,22	13,2	13,2	13,2
4	13,2	13,2	13,18	13,2	13,23	13,21	13,2	13,18
5	13,22	13,19	13,18	13,19	13,22	13,21	13,19	13,19

TABLA 12: MEDICIÓN DISTANCIA PICO – PIEZA

Conclusión: como se puede observar, las mediciones cuentan con una variación máxima del orden de 1 mm, de esta manera se puede concluir que el brazo no es causa de los problemas ya que el movimiento que realiza el brazo se encuentra centrado respecto a la de la pieza.

Velocidad de giro

El brazo es el subconjunto de la máquina que realiza el movimiento. Si bien el parámetro de la velocidad de este movimiento puede ser modificado, en este estudio no se considerará como una variable a modificar, esto se debe a que la velocidad del giro se encuentra establecida para poder cumplir con los tiempos de ciclo y así cumplir con la demanda de la producción.

La velocidad de giro se encuentra relacionada con el tiempo en que realiza el movimiento, este tiempo es de 15 segundos.

3.13.5.2. Máquina Mesa Giratoria

En este caso la máquina está compuesta por un dispositivo que se encuentra fijado a la misma y un brazo que sujeta a la torcha. A diferencia de la torcha giratoria, en la mesa giratoria el dispositivo es quien realiza el movimiento de rotación mientras el brazo se encuentra fijo durante el proceso.

Dispositivo de soldadura

El dispositivo se encuentra fijado sobre el eje giratorio de la máquina mediante cuatro tornillos; a su vez en el dispositivo se montan la brida y el tubo.

Para asegurar la posición de la brida, el dispositivo consta con el sistema de pines pasadores, uno redondo y otro con forma de diamante (como se explicó antes), y para la sujeción al dispositivo, este cuenta con clamps manuales que al accionarlos mediante una palanca, estos descienden ejerciendo una fuerza sobre la brida.

En el caso del tubo, el dispositivo cuenta con una guía que posee el ruteo del mismo y una vez colocado se coloca un tapón en el extremo para mantenerlo centrado.

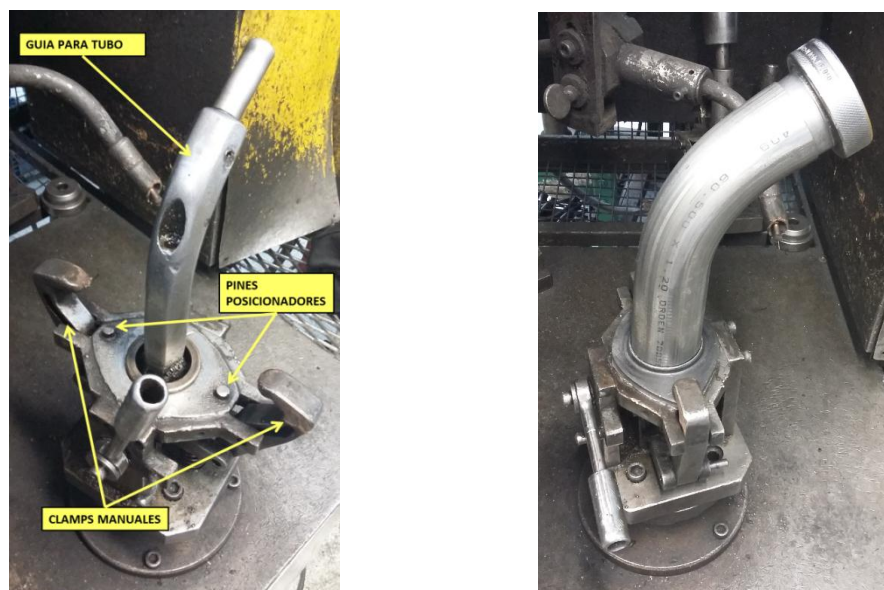


FIGURA 62: DISPOSITIVO DE SOLDADURA MÁQUINA MESA GIRATORIA

Con estos sistemas se asegura que la brida y el tubo queden en la posición correcta y fijados al dispositivo de manera tal que al girar el mismo no se generen defectos en el proceso de soldadura por mala posición.

Velocidad de giro

El dispositivo de soldadura es el subconjunto de la máquina que realiza el movimiento. Si bien el parámetro de la velocidad de este movimiento puede ser modificado, en este estudio no se considerará como una variable a modificar, esto se debe a que la velocidad del giro se encuentra establecida para poder cumplir con los tiempos de ciclo y así cumplir con la demanda de la producción.

La velocidad de giro se encuentra relacionada con el tiempo en que realiza el movimiento, este tiempo es de 15 segundos.

Brazo mecánico

Esta parte se encuentra unida a la máquina desde la parte superior y en su extremo libre está sujeta la torcha. El brazo cuenta con un sistema automático que al ser accionado por el operario, activa un cilindro neumático, el cual realiza un giro sobre el eje Z del brazo lo que permite la aproximación de la torcha en la posición de soldadura y luego de terminado el proceso alejarse, esto facilita la carga y descarga del subconjunto.

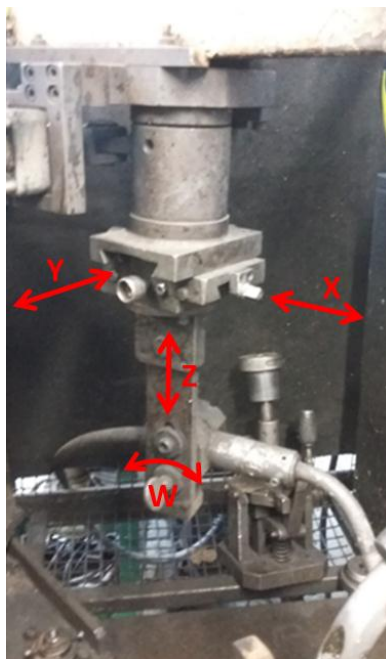


FIGURA 63: DIRECCIONES DE DESPLAZAMIENTO BRAZO MECÁNICO

Debido a que es necesario realizar pequeños movimientos de la torcha para su puesta a punto, el brazo cuenta con un sistema similar al de la torcha giratoria conformado por dos correderas colocadas en ejes perpendiculares entre ellas para poder realizar movimientos en las direcciones X e Y, y en el caso de ser necesario realizar movimientos en el eje Z, el brazo cuenta con un sistema para hacer regulaciones en dicha dirección.

Además, esta máquina cuenta con un sistema que permite la rotación (eje W) de la torcha con el fin de modificar el ángulo para la soldadura.

Como se explicó en el brazo giratorio, las partes móviles pueden variar durante el proceso de soldadura, lo que generaría problemas. Para estudiar si se produce esto, se realiza mediciones de la distancia desde el pico de la torcha a la brida en varios puntos de la misma y con los valores obtenidos se podrá verificar si el movimiento que realiza el brazo se encuentra centrado respecto a la de la pieza.

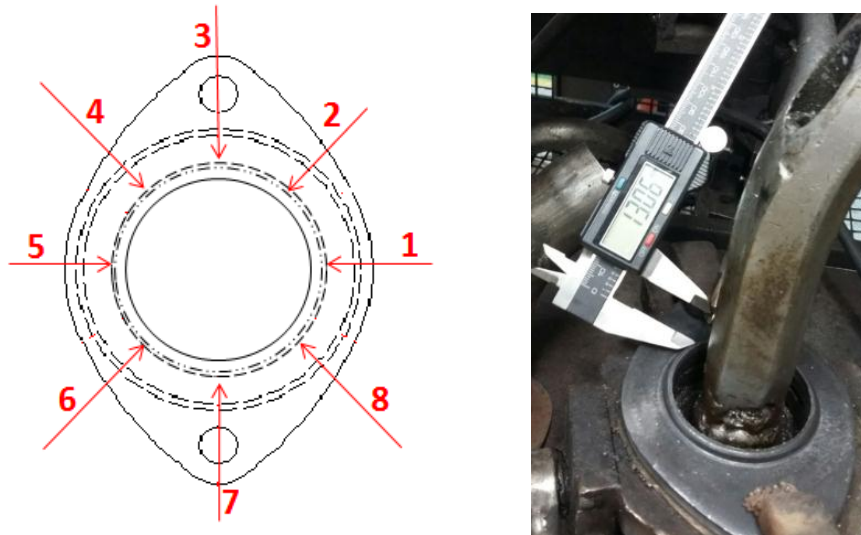


FIGURA 64: PUNTOS DE MEDICIÓN DISTANCIA PICO – PIEZA MÁQUINA MESA GIRATORIA

Nº de Medición	Puntos de Medición							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1	13,20	13,18	13,17	13,19	13,21	13,22	13,20	13,19
2	13,19	13,18	13,18	13,21	13,22	13,21	13,19	13,20
3	13,20	13,29	13,18	13,20	13,22	13,20	13,20	13,20
4	13,20	13,20	13,19	13,20	13,20	13,21	13,19	13,21
5	13,19	13,19	13,18	13,19	13,21	13,21	13,19	13,19

TABLA 13: MEDICIONES DISTANCIA PICO – PIEZA

De los datos obtenidos podemos observar que existen pequeñas variaciones, pero por su magnitud no son significativas como para tomarlas como posible causa de los problemas encontrados.

Conclusión, en el cuadro a continuación se resume el resultado del análisis realizado:

Variables	Subvariables	Valores	Causa de los defectos	Influencia
Máquina	Dispositivo de soldadura	Posición del dispositivo: No constante.	Variación en la posición del tubo.	No permite variación en la posición del tubo.
	Clamps manuales	Sujeción de tubo: tubo con movimiento.	Movimiento de la brida.	No permite variación en la posición del tubo.
	Plato de soldadura	Posición del plato: No constante.	Variación de la posición de la brida.	No permite variación en la posición de la brida.
	Clamps neumáticos	Sujeción de brida: brida con movimiento	Movimiento de la brida.	No permite movimiento de la brida.
	Brazo giratorio	Movimiento del brazo: brazo con movimiento.	Brazo con juego mecánico.	El brazo se encuentra fijado correctamente.
	Brazo mecánico	Movimiento del brazo: brazo con movimiento.	Brazo con juego mecánico.	El brazo se encuentra fijado correctamente.
	Velocidad de giro	Variación de velocidad durante el proceso.	Ancho de cordón	La velocidad de giro no varía.

TABLA 14: CONCLUSIÓN ANÁLISIS MÁQUINAS

3.13.6. Método

En este caso se analizará la variable Método, de igual manera que con las variables anteriores, lo que se busca es establecer si algunas de las subvariables que la componen son posibles causas de los defectos en el proceso de soldadura.

3.13.6.1. Posición de la torcha

Para el caso de la posición de la torcha contamos con varios ítems, los mismos son definidos por el área de ingeniería y se encuentran en la hoja de proceso de puesta a punto de la operación. Estos parámetros se verifican al inicio del turno, cambio de modelo o si existiese alguna intervención por mantenimiento. Estos quedan plasmados en el registro de autoinspección. (Ver anexo A.6.)

Los mismos son:

- a) Ángulo de torcha en relación al perímetro de la brida. (Ángulo de desplazamiento)

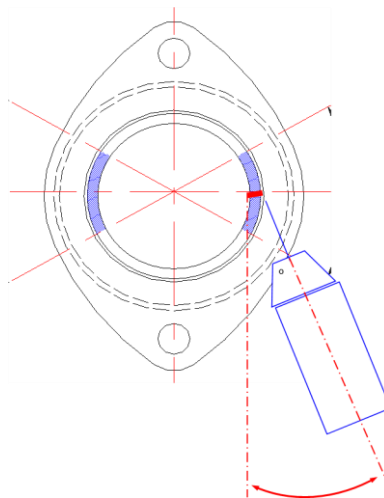


FIGURA 65: ÁNGULO DE DESPLAZAMIENTO

Este ángulo está comprendido entre la línea tangente a un punto del perímetro de la pestaña de la brida y la dirección del alambre de soldar, observados desde la vista superior, como se ilustra en la imagen anterior.

El ángulo definido es de 45° .

b) Ángulo de torcha en relación al eje longitudinal del tubo. (Angulo de trabajo)

Este ángulo está comprendido entre la línea longitudinal del tubo y la dirección del alambre de soldar, como se ilustra en la figura 65.

El ángulo definido actualmente es de 60° .

c) Dirección del alambre con respecto a los componentes.

Este ítem se considera a la dirección que tiene el alambre con respecto a la junta entre los componentes a soldar. El área de ingeniería definió que la dirección del alambre debe coincidir con la unión del tubo y la brida.

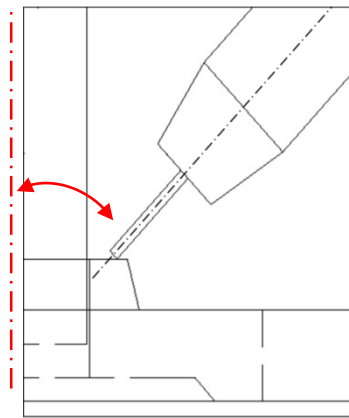


FIGURA 66: ÁNGULO DE ATAQUE

3.13.6.2. Distancia desde el pico de la torcha a la brida.

Para este ítem se encuentra definido que la distancia entre el pico de la torcha y la distancia a la pieza debe ser de $12 +2/-0$ mm.

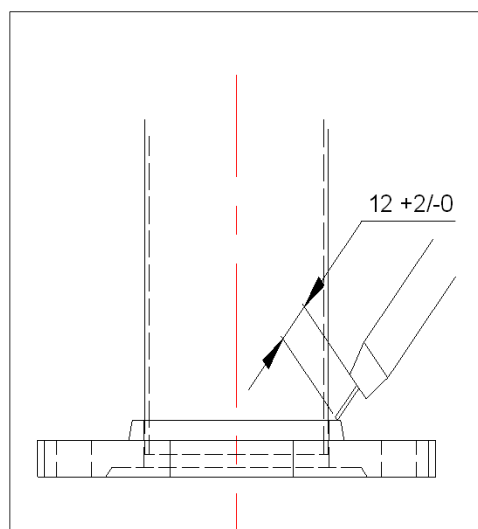


FIGURA 67: DISTANCIA PICO – PIEZA

3.13.6.3. Modo de transferencia

Para este tipo de operación (semi-automática) el área de Ingeniería especifica que el modo de transferencia debe ser por el método Arco Pulsado Sinérgico, esto es porque a través de este método el operario solo modifica un parámetro y los demás son establecidos automáticamente por la fuente de soldadura dependiendo de la configuración inicial.

En la configuración inicial el usuario ingresa los siguientes datos:

- a) Tipo de proceso.(MMA/MIG)
- b) Modo de transferencia.(MIG/ MIG PULSADO/ MIS PULSADO SINERGICO)
- c) Material base.
- d) Diámetro del alambre de soldar.
- e) Velocidad de aporte de alambre.

Una vez llevada a cabo la configuración inicial el operario únicamente debe modificar, dependiendo de los resultados obtenidos en el cordón, la velocidad de aporte de alambre mientras que la intensidad de corriente y la tensión son consecuencia de la anterior.

3.13.6.4. Parámetros de soldadura

Al igual que la posición de la torcha, estos parámetros están definidos por el área de Ingeniería y se encuentran en la hoja de puesta a punto de la operación.

Los parámetros definidos son:

1. Velocidad de alambre: 13.5 ± 0.5 [m/min].
2. Corriente: 231 [A] (referencia).
3. Tensión: 27.2 [V] (referencia).

Como ya se mencionó, el modo de transferencia en este proceso de soldadura es MIG Pulsado Sinérgico, esto hace que los parámetros de intensidad de corriente y tensión sean ajustados automáticamente por la fuente de soldadura, por lo tanto a éstos se los considera parámetros de referencia.

Para corroborar el cumplimiento de las especificaciones dispuestas por ingeniería, se observa el registro de auto-inspección (ver anexo) el cual debe completar el operario del puesto. En este documento se registran todos los parámetros que se deben tener en cuenta para la puesta a punto del proceso, sirve para tener un histórico de los valores a lo largo de la jornada, si hubieron cambios en ellos y por qué obligatoriamente debe ser llenado al inicio del turno, si hubieron problemas por Higiene y Seguridad, Calidad, Mantenimiento, si hubo un cambio de modelo o reinicio del lote de producción.

A través de este podemos ver que los valores si bien encuentran dentro de lo definido por el área de Ingeniería para la operación los mismos se encuentran elevados con respecto a los teóricos.

Conclusión: analizando con el equipo de trabajo los distintos ítems de la puesta a punto de la operación se determina que las posibles causas de los problemas de calidad pueden ser éstos, ya que la sobrepenetración puede ser generada por la posición de la torcha que al tener elevados valores en sus ángulos el alambre este dirigido más hacia el tubo que a la brida y como consecuencia se encuentre fundiendo más el tubo; mientras que los problemas de

sensitización pueden haberse generado porque la velocidad de alambre se encuentre muy alta, lo que hace aumentar la intensidad de corriente y elevar el aporte de calor en el cordón.

Variables	Subvariables	Valores	Causa de los defectos	Influencia
Método	Posición de la torcha	Ángulo de ataque: bajo/elevado	Penetración del cordón.	Sí elevado valor de ángulo de ataque. Genera sobrepenetración del cordón y Sensitización.
		Ángulo de desplazamiento: bajo/elevado	Ancho de cordón.	No tiene, se encuentra dentro de los valores teóricos
	Distancia pico-pieza	Respeto o no la especificación	Penetración del cordón.	No tiene, se encuentra dentro de los valores teóricos
	Modo de transferencia	MIG: Pulsado/Pulsado sinérgico	Estabilidad del arco de soldadura.	No tiene, es correcto para el proceso
	Parámetros de soldadura	Respeto o no la especificación	Aporte de calor. Penetración del cordón.	Sí, elevado valor de velocidad de alambre. Genera sobrepenetración

TABLA 15: RESUMEN DE LA INFLUENCIA DEL MÉTODOS

3.13.7. Conclusión del análisis de las variables

Como resumen del análisis de las diferentes variables intervinientes en el proceso detallamos en el siguiente cuadro las posibles causales de los problemas asociados a los reclamos del cliente las cuales se deben redefinir.

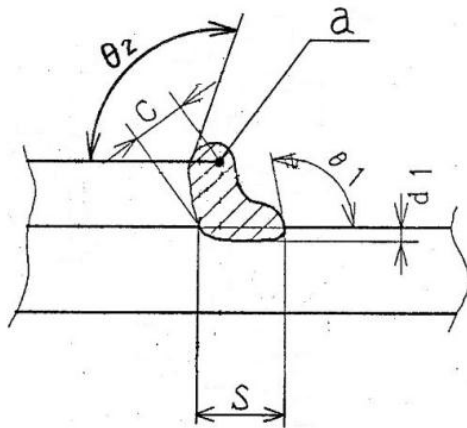
Variables	Subvariables	Valores	Causa de los defectos	Influencia
Material	Gas inerte	Caudal: 25 ± 5 lts/min.	Caudal bajo o elevado.	Caudal elevado, puede generar poros en el cordón de soldadura.
Método	Posición de la torcha	Ángulo de ataque: bajo/elevado	Penetración del cordón.	Sí elevado valor de ángulo de ataque. Genera sobrepenetración del cordón y Sensitización.
	Parámetros de soldadura	Respeto o no la especificación	Elevado aporte de calor. Penetración del cordón.	Sí, elevado valor de velocidad de alambre. Genera sobrepenetración

TABLA 16: INFLUYENCIA DE LAS VARIABLES

3.14. Definición De Nuevas Variables

Si bien se deben corregir los problemas, antes es importante tener presente cuales son las especificaciones cuantitativas y cualitativas del producto que el cliente exige.

Respecto a las especificaciones cuantitativas, se coloca a continuación un extracto de la norma del cliente en la cual se detallan los requisitos para la unión soldada estudiada:



$$S \geq 0.8 t$$

$$d_1 \geq 0.2 t$$

$$C \geq 0.7 t$$

$$\theta_1, \theta_2 \geq 90^\circ$$

t = thinner side thickness

POINT a: MUST BE MELTED

FIGURA 68: EXTRACTO NORMA DE SOLDADURA TOYOTA

Dónde:

- S= altura del cordón.
- d_1 = penetración sobre el tubo.
- C= Porción de la brida fundida.
- θ_1, θ_2 = ángulos entre flancos.
- t= espesor del tubo
- a= vértice de la cara superior de la pestaña de la brida.

Además, las variables cualitativas que se exigen son que el cordón de soldadura no posea discontinuidad, presencia de poros o fisuras y no presente signos de sensitización.

3.15. Descripción de las acciones a realizar

Con el objetivo de definir nuevamente las variables del proceso de soldadura, se realizarán pruebas modificando los parámetros hasta poder determinar los que se consideran óptimos para dicho proceso.

Lo que se realizará es reducir el valor del parámetro velocidad de alambre, con lo que se espera que disminuya el calor aportado al cordón de soldadura y así evitar que se produzca sensitización en éste.

Para esto nos encontramos con que existen variables independientes y dependientes. Los parámetros forman parte de las variables independientes, mientras que los resultados que obtendremos con la modificación de éstos, son las variables dependientes.

De acuerdo con lo antes dicho, con el equipo de trabajo se realizó una pequeña descripción de cuáles son las variables independientes asociadas a las dependientes:

- La penetración sobre los componentes depende de dos variables, de la velocidad del alambre y de la posición de la torcha (ángulos).
- La presencia de *poros* en el cordón depende del caudal de gas y del porcentaje de la mezcla del mismo.
- La sensitización depende del calor aportado a la soldadura, el cual depende de la intensidad de la corriente generada durante la soldadura, y ésta a su vez depende de la velocidad a la que se aporta el alambre.

Con los datos relevados y el análisis que se llevó a cabo con el diagrama causa-efecto, resumiremos en el cuadro siguiente las posibles causas de dicho problema y las soluciones a éstos:

Variables	Subvariables	Valores	Causa de los defectos	Influencia	Soluciones propuestas
Material	Gas inerte	Caudal: 25 ± 5 lts/min.	Caudal bajo o elevado.	Caudal elevado, puede generar poros en el cordón de soldadura.	Disminuir caudal de gas de protección.
	Posición de la torcha	Ángulo de ataque: bajo/elevado	Penetración del cordón.	Sí elevado valor de ángulo de ataque. Genera sobrepenetración del cordón y Sensitización.	Disminuir ángulo de ataque.
Método	Parámetros de soldadura	Respetar o no la especificación	Elevado aporte de calor.	Sí, elevado valor de velocidad de alambre. Genera sobrepenetración y Sensitización.	Disminuir velocidad de aporte de alambre
			Penetración del cordón.		

TABLA 17: SOLUCIONES PROPUESTAS PARA LOS PROBLEMAS

Cabe aclarar que las muestras se realizarán únicamente en la máquina Torcha Giratoria (Front) debido a la disponibilidad de la misma. Luego se implementarán las acciones a las máquinas Torcha Giratoria (Tail y Center) y Mesa Giratoria (Center).

P-D-C-A

CONTROLAR

(CHECK)

3.16. ¿Qué ocurre durante la fase estudiar”?

Paso 1: Evaluar la solución-el seguimiento

Después de implementadas y de haberles dado tiempo para funcionar, las acciones emprendidas para resolver el problema se revisan con el fin de saber si realmente se ha resuelto el problema.

Durante esta fase estudiamos los resultados y preguntamos: “¿Está funcionando la solución que elegimos? ¿Qué aprendimos?”. Para determinar si la solución ha funcionado, se deben aplicar las mediciones del desempeño creadas en el paso 4. Los datos recopilados durante la fase de análisis del proyecto deben compararse con datos actuales tomados del proceso. Se deben utilizar gráficas de control, histogramas y diagramas de ejecución para supervisar el proceso, tanto antes como después. Si se utilizaron estos recursos durante el análisis inicial del problema, se puede hacer una comparación directa para determinar qué tan bien se está ejecutando la solución. Si la solución no está corrigiendo el problema, entonces se debe volver a empezar el ciclo PDSA para determinar una mejor solución.

3.16.1. Muestra N°1

Para realizar la muestra se definió los siguientes valores para los distintos parámetros:

- a) Ángulo de ataque: se disminuye a 55° con el objetivo de que el alambre no se encuentre dirigido solo al tubo.
- b) Ángulo de desplazamiento: se mantiene en 45° ya que en los puntos de la norma (S) donde influye se encuentra aceptable.
- c) Velocidad de alambre: se disminuye a 8.5 m/min para evitar que la unión soldada presente signos de sensitización por temperatura elevada.
- d) Caudal de gas: se disminuye a 15 lts/min.

3.16.1.1. Resultado de la Muestra N° 1

Luego de realizada la muestra con los parámetros propuestos anteriormente, se le realizan los ensayos metalográficos correspondientes, para comprobar que la misma cumpla con los requisitos del cliente.

Es importante aclarar que la metalografía es la parte de la metalurgia que estudia las características estructurales o de constitución de los metales y aleaciones, para relacionarlas con las propiedades físicas, mecánicas y químicas de los mismos.

La importancia del examen metalográfico radica en que es capaz de revelar la historia del tratamiento mecánico y térmico que ha sufrido el material. A través de este estudio se pueden determinar características como el tamaño de grano, distribución de las fases que componen la aleación, inclusiones no metálicas como sopladuras, micro cavidades de contracción, escorias, etc., que pueden modificar las propiedades mecánicas del metal.

En general a partir de un examen metalográfico bien practicado es posible obtener un diagnóstico y/o un pronóstico. El examen metalográfico puede realizarse antes de que la pieza sea destinada a un fin, a los efectos de prevenir inconvenientes durante su funcionamiento, o bien puede ser practicado sobre piezas que han fallado en su servicio, es decir, piezas que se han deformado, roto o gastado. En este caso la finalidad del examen es la determinación de la causa que produjo la anormalidad.

Existen dos tipos de exámenes metalográficos denominados “macroscopía y microscopía”. El primero es la forma más sencilla de realizar el estudio, es examinando las superficies metálicas a simple vista, logrando determinar de esta forma las características macroscópicas. De éste se extraen datos sobre los tratamientos mecánicos sufridos por el material, es decir, determinar si el material fue trefilado, laminado, forjado, entre otros, comprobar la distribución de defectos como grietas superficiales, de forja, rechupes, partes soldadas. Así mismo, los exámenes macroscópicos se realizan generalmente sin preparación especial, pero a veces es necesaria una cuidadosa preparación de la superficie para poner de manifiesto las características macroscópicas. En macroscopía, se utilizan criterios para el tipo de corte a realizar (transversal o longitudinal) para extraer la muestra dependiendo del estudio a realizar, por ejemplo:

- Corte transversal: Naturaleza del material, homogeneidad, segregaciones, procesos de fabricación, y otros.
- Corte longitudinal: Proceso de fabricación de piezas, tipo y calidad de la soldadura y otros.

El segundo, representa una técnica más avanzada y se basa en la amplificación de la superficie mediante instrumentos ópticos (microscopio) para observar las características estructurales microscópicas (microestructura). Este tipo de examen permite realizar el estudio o controlar el proceso térmico al que ha sido sometido un metal, debido a que los mismos colocan en evidencia la estructura o los cambios estructurales que sufren en dicho proceso. Como consecuencia de ello también es posible deducir las variaciones que experimentan sus propiedades mecánicas (dependiendo de los constituyentes metalográficos presentes en la estructura). Los estudios ópticos microscópicos producen resultados que no solo son útiles a los investigadores sino también a los ingenieros. El examen de la microestructura es muy útil para determinar si un metal o aleación satisface las especificaciones en relación a trabajos mecánicos anteriores, tratamientos térmicos y composición general. La microestructura es un instrumento para analizar las fallas metálicas y para controlar procesos industriales. Para un estudio de ella se necesita una preparación aún más cuidadosa de la superficie. Con la observación de las estructuras microscópica y por comparación con microfotografías (fotografías que se logran con la ayuda de un microscopio y son patrones de referencia), es posible deducir el contenido aparente de carbono, finura y variedad de los componentes, clasificación de aceros, reconocer las inclusiones por defectos de fabricación (óxidos, silicatos, oxisulfuros, silicoaluminatos)

El procedimiento de preparación de la superficie es básicamente el mismo para ambos ensayos metalográficos, se realiza una extracción y preparación de la muestra para el ensayo macroscópico y para el caso de la microscopía además se le realiza pulido y ataque químico a la muestra.

A continuación se colocan imágenes ilustrativas de las muestras y de los ensayos:

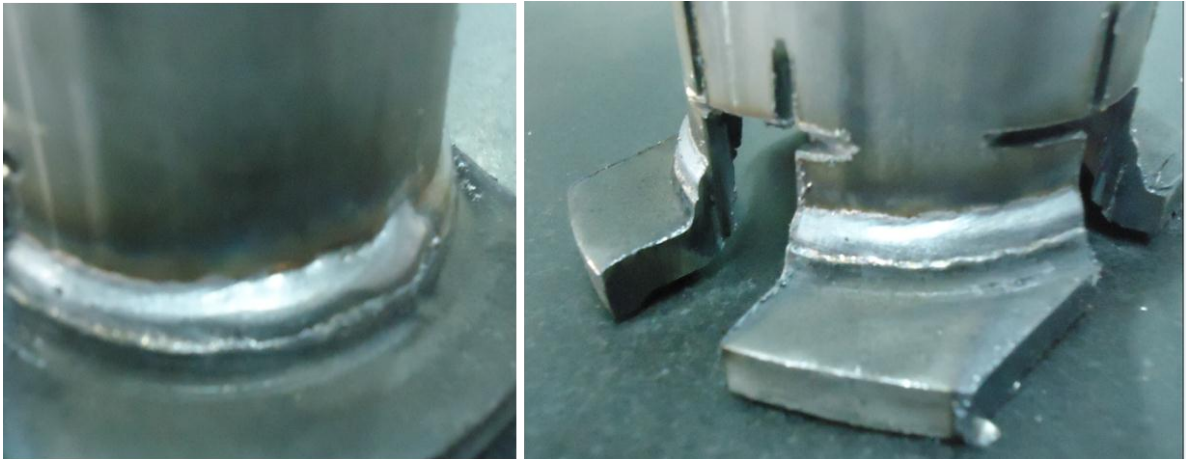


FIGURA 69: MODO DE CORTE DE PROBETA

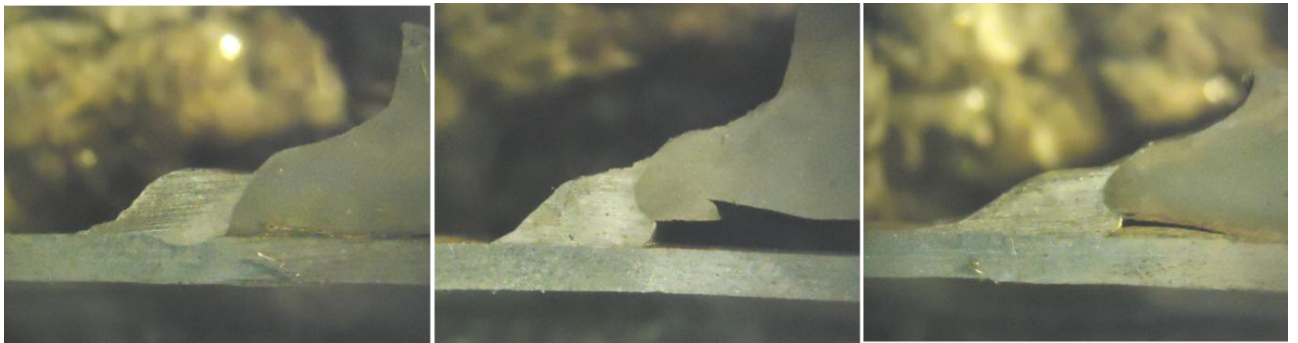


FIGURA 70: MACROGRAFÍA

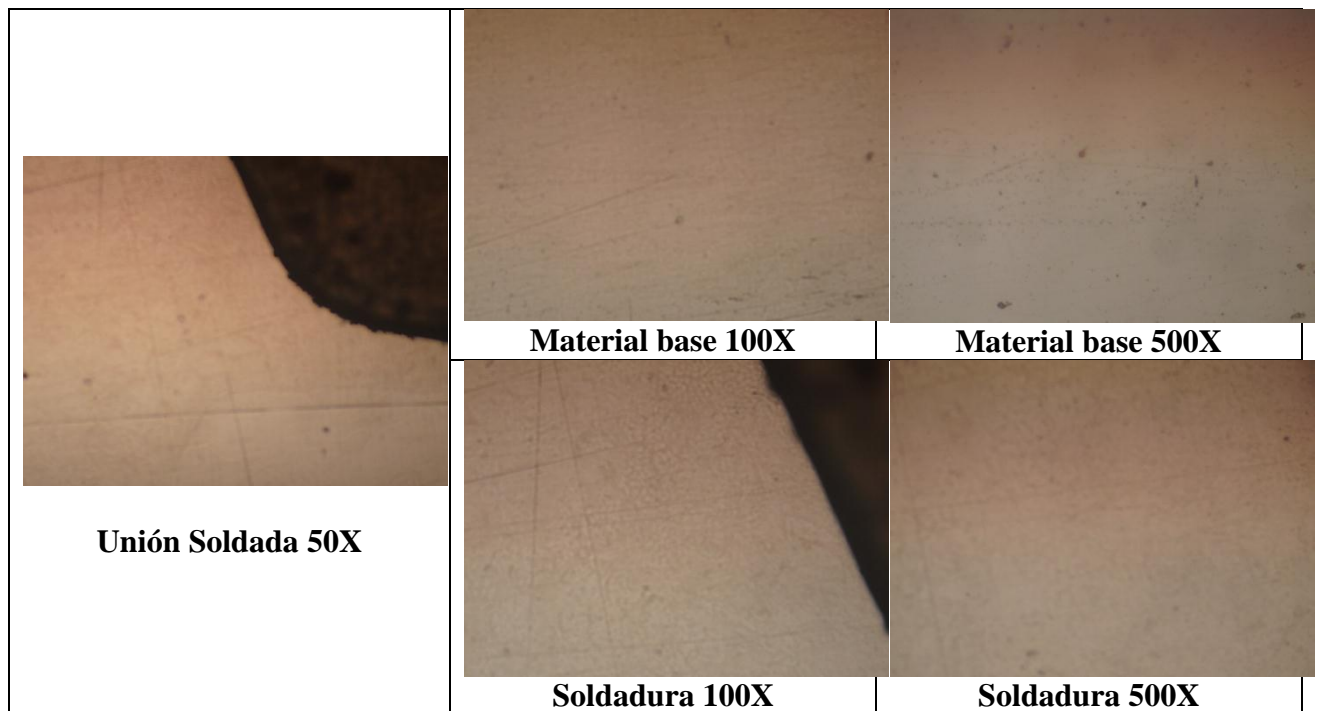


FIGURA 71: MICROGRAFÍA

Dado a que los ensayos son de tipo destructivo, la muestra se realiza únicamente en la unión donde se tuvo reclamos por parte del cliente.

El registro emitido por el laboratorio de calidad, muestran los resultados obtenidos:

REGISTRO DE ENSAYO								
Nombre de la Pieza : Front side								
Nr. De la Pieza: 17401-0L120								
I T E M	Descripción	t	Especificación/ Resultado (mm)				Punto a	J u i c i o
			d1	s1	c1	$\theta_{1,2}$		
			>0.2 x t	>0.8 x t	>0.7 x t	>90°		
1	Brida Frontal	1,2						
2	Entrada Cata	1,2						
3	Salida Cata	1,2						
4	Bracket Central \varnothing 12 *	1,2						
5	Brida Posterior	1,2	0,25	1,20	0,55	OK	NOK	
			0,21	1,13	0,49	OK	NOK	X
			0,19	1,32	0,61	OK	NOK	X
Aceptado : O			Necesita mejorar: Δ			Rechazada: X		

FIGURA 72: RESULTADO DE LA MACROGRAFÍA MUESTRA N°1

Interpretación de los resultados

Aspecto: no se encuentran poros en el cordón, el resultado es aceptado.

Micrografía: las juntas se analizaron en cuanto a la susceptibilidad a la corrosión intergranular, utilizando como referencia la práctica W según ASTM 763-04 y los estándares del cliente. La muestra no presentó signos de sensitización.

Macrografía: Analizando los datos se obtienen las siguientes conclusiones:

- a) Penetración sobre el tubo: No se obtuvo valores de penetración aceptables en dos de las probetas obtenidas de la muestra.
- b) Altura del cordón: Los valores obtenidos se encuentran por encima de lo especificado, por lo que es aceptada.
- c) Porción de brida fundida: Los valores obtenidos no cumplen con lo especificado, por lo tanto no es aceptada.
- d) Vértice de la brida: No fundida

Conclusión: se rechaza la muestra ensayada debido a que no cumple con los requisitos.

3.16.2. Muestra N°2

A partir de estos resultados de la muestra n° 1, el equipo de trabajo propone nuevos parámetros de puesta a punto para mejorar los ítems en donde no se obtuvieron resultados aceptables:

- a) Ángulo de ataque: se disminuye a 45° con el objetivo de que el alambre no se encuentre dirigido solo al tubo y mejorar los valores de “C” y punto “a” los cuales no fueron aceptados.
- b) Ángulo de desplazamiento: se mantiene en 45° ya que en los puntos en los que influye se encuentran aceptados.
- c) Velocidad de alambre: se aumenta a 9 m/min para mejorar la penetración sobre el tubo, pero tratando de evitar encontrar síntomas de sensitización.
- d) Caudal de Gas: se disminuye a 10 lts/min con el objetivo de disminuirlo al mínimo teórico.

3.16.2.1. Resultado de la muestra n° 2

El registro emitido por el laboratorio de calidad, muestran los resultados obtenidos:

REGISTRO DE ENSAYO								
Nombre de la Pieza : Front side								
Nr. De la Pieza: 17401-0L120								
I T E M	Descripción	t	Especificación/ Resultado (mm)				Punto a	J u i c i o
			d1	s1	c1	$\theta_{1,2}$		
			>0.2 x t	>0.8 x t	>0.7 x t	>90°		
1	Brida Frontal	1,2						
2	Entrada Cata	1,2						
3	Salida Cata	1,2						
4	Bracket Central \varnothing 12 *	1,2						
5	Brida Posterior	1,2	0,26	1,20	0,55	OK	NOK	X
			0,24	1,13	0,49	OK	NOK	X
			0,30	1,32	0,61	OK	NOK	X
Aceptado : O		Necesita mejorar: Δ		Rechazada: X				

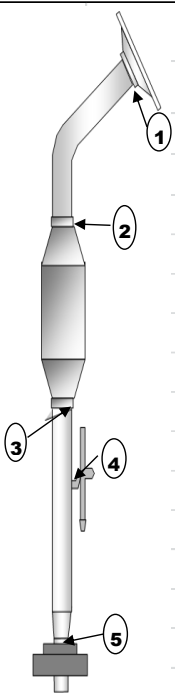


FIGURA 73: RESULTADO DE LA MACROGRAFÍA MUESTRA N°2

Interpretación de los resultados

Aspecto: no se encuentran poros en el cordón, el resultado es aceptado.

Micrografía: las juntas se analizaron en cuanto a la susceptibilidad a la corrosión intergranular, utilizando como referencia la práctica W según ASTM 763-04 y los estándares del cliente. La muestra no presentó signos de sensitización.

Macrografía: Analizando los datos se obtienen las siguientes conclusiones:

- Penetración sobre el tubo: si bien los valores obtenidos para este ítem son aceptables los mismos se encuentran al límite de la especificación por lo que se debe actuar para mejorarlos.
- Altura del cordón: Los valores obtenidos se encuentran por encima de lo especificado, por lo que es aceptada.
- Porción de brida fundida: Los valores obtenidos no cumplen con lo especificado, por lo tanto no es aceptada.
- Vértice de la brida: No fundida

Conclusión: se rechaza la muestra ensayada debido a que no cumple con los requisitos.

3.16.3. Muestra N°3

Con los resultados obtenidos en la última macrografía se concluyó en que se deben modificar los parámetros para mejorar en porción de brida fundida y punto “a”, para lo que se proponen los siguientes parámetros:

- Ángulo de ataque: se disminuye a 40° con el objetivo de mejorar y asegurar la penetración sobre el tubo, mejorar en la porción de la brida fundida y fundir el punto “a”.
- Ángulo de desplazamiento: se mantiene en 45° ya que en los puntos en los que influye se encuentran aceptables.
- Velocidad de alambre: se aumenta a 10 m/min con el fin de reforzar en penetración sobre el tubo y cumplir con la porción de la brida fundida y fundir el punto “a”.
- Caudal de Gas: Se mantiene a 10 lts/min ya que no se observó presencia de poros en el cordón.

3.16.3.1. Resultado de la muestra n° 3

El registro emitido por el laboratorio de calidad, muestran los resultados obtenidos:

REGISTRO DE ENSAYO								
Nombre de la Pieza : Front side								
Nr. De la Pieza: 17401-0L120								
I T E M	Descripción	t	Especificación/ Resultado (mm)				Punto a	J u i c i o
			d1	s1	c1	$\theta_{1,2}$		
			>0.2 x t	>0.8 x t	>0.7 x t	>90°	Fundido	
1	Brida Frontal	1,2						
2	Entrada Cata	1,2						
3	Salida Cata	1,2						
4	Bracket Central \varnothing 12 *	1,2						
5	Brida Posterior	1,2	0,32	2,32	1,31	OK	OK	o
			0,41	2,78	1,68	OK	OK	o
			0,37	2,74	2,10	OK	OK	o
Aceptado : O			Necesita mejorar: Δ			Rechazada: X		

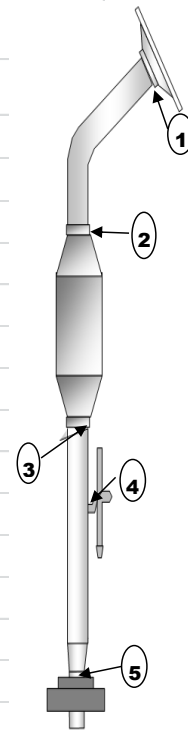


FIGURA 74: RESULTADO DE LA MACROGRAFÍA MUESTRA N°3

Interpretación de los resultados

Aspecto: no se encuentran poros en el cordón, el resultado es aceptado.

Micrografía: las juntas se analizaron en cuanto a la susceptibilidad a la corrosión intergranular, utilizando como referencia la práctica W según ASTM 763-04 y los estándares del cliente. La muestra no presentó signos de sensitización.

Macrografía: Analizando los datos se obtienen las siguientes conclusiones:

- a) Penetración sobre el tubo: los valores obtenidos se encuentran por encima de lo requerido por el cliente por lo tanto se encuentra aceptada.
- b) Altura del cordón: Los valores obtenidos se mantienen por encima de lo requerido, por lo que es aceptada.
- c) Porción de brida fundida: se obtuvieron valores por encima de lo requerido por el cliente por lo tanto es aceptada.
- d) Vértice de la brida: se logró fundir el mismo por lo tanto es aceptado.

Conclusión: la muestra ensayada es aceptada debido a que cumple con todos los requisitos.

3.17. Producción a mediana escala

Con el fin de corroborar que no nos encontramos en presencia de un caso aislado, se produce un lote de 10 subconjuntos a los cuales se les practicaron los ensayos correspondiente, obteniendo resultados aceptables en el 100% de las muestras del lote.

Con estas pruebas queda confirmado que los nuevos parámetros dan resultados aceptables, por lo tanto los mismos son validados por el área de Calidad.

P-D-C-A

**ACTUAR
(ACT)**

3.19. ¿Qué ocurre durante la fase “actuar”?

Paso 1: Asegurar la permanencia

La última etapa, Actuar implica tomar la decisión de adoptar el cambio, abandonarlo o repetir el ciclo de resolución de problemas. Si se adopta el cambio, entonces se deben realizar esfuerzos para asegurar que los nuevos métodos se han establecido de tal manera que se pueda mantener el nuevo nivel de desempeño de la calidad. Ahora que una investigación de seguimiento ha puesto de manifiesto que el problema se ha solucionado, es importante que continúe el desempeño mejorado. En la figura 10.1 se puede apreciar que “asegurar permanencia” es parte de la etapa actuar. Esta etapa del proceso de mejora de la calidad tiene como propósito asegurar que los nuevos controles y procedimientos se mantengan vigentes. Es fácil creer que el método “nuevo y mejorado” debe utilizarse sin fallas; sin embargo, en cualquier situación en que tiene lugar un cambio, existe la tendencia de regresar a los viejos métodos, controles y procedimientos cuando se incrementa el estrés. Es un poco lo que ocurre al manejar un automóvil automático después de haber conducido uno estándar durante varios años.

Paso 2: Mantener la mejora continua

Es fácil identificar los proyectos de mejora. Una revisión de operaciones pondrá al descubierto muchas oportunidades de mejora. Cualquier fuente de desperdicio, como las reclamaciones de garantía, horas extra, recortes, repetición de procesos, retrasos de la producción o áreas que necesiten más capacidad, son proyectos potenciales. Incluso las mejoras pequeñas pueden dar como resultado un impacto significativo en las utilidades de la organización.

3.20. Pronóstico de implementación

Una vez definidos los parámetros por el área de Ingeniería y validados por el área de Calidad, se lleva a cabo una producción de 10 subconjuntos en las máquinas Torcha Giratoria y Mesa Giratoria de las células Center y Tail con el fin de extender las acciones realizadas en este proyecto.

A modo de resumen, se muestra en la tabla a continuación los resultados que se obtuvieron en cada una de dichas células:

Celula	Maquina	Nº Muestra	Resultado Ensayo
Front	Torch Giratoria	1	O
		2	O
		3	O
		4	O
		5	O
		6	O
		7	O
		8	O
		9	O
		10	O
Center	Torch Giratoria	1	O
		2	O
		3	O
		4	O
		5	O
		6	O
		7	O
		8	O
		9	O
		10	O
	Mesa Giratoria	1	O
		2	O
		3	O
		4	O
		5	O
		6	O
		7	O
		8	O
		9	O
		10	O
Tail	Torch Giratoria	1	O
		2	O
		3	O
		4	O
		5	O
		6	O
		7	O
		8	O
		9	O
		10	O

Acceptado: O – Necesita mejorar: Δ - Rechazado: X

TABLA 18: RESULTADO DE PRUEBAS EN MÁQUINAS RESTANTES

Debido a que los resultados de los ensayos fueron aceptados en las demás células, para su implementación se debería actualizar de las hojas de Puesta a Punto de las operaciones. En dicha actualización también se definió con el área de Calidad que se aumentaría la frecuencia de inspección de los ítems en los que se tuvo reclamos. (Ver anexo)

Los nuevos valores de los parámetros quedan definidos como:

Parámetro	Valor Actual	Valor Propuesto
Angulo de ataque	60	40 +5/-0
Angulo de desplazamiento	45	45
Velocidad de alambre [m/min]	13,5	10 ± 0,5
Caudal de gas [lts/min]	25 ± 5	10 +5/-0
Corriente [A]	231 (Ref)	175 (Ref)
Tensión [V]	27,2 (Ref)	22,3 (Ref)

TABLA 19: COMPARACIÓN ENTRE PARÁMETROS A MODIFICAR

En cuanto a la frecuencia de los Ítems de autocontrol, se definen los siguientes valores:

Característica a Controlar	Frecuencia actual	Frecuencia Propuesta
Sobre penetración 1mm MAX	1 / Lote	100%
Soldadura continua, sin poros ni fisuras	1 / Lote	100%
NO Spatter: Sup. inferior y Asiento Tornillo	1 / 10 Piezas	100%
Ensayo Penetración	1 / Semana	1 / Lote

TABLA 20: MODIFICACIÓN DE LA FRECUENCIA DE CARACTERÍSTICA A CONTROLAR

Junto con las acciones realizadas y con el objetivo de mantener el desempeño del proceso, evitar futuras desviaciones y en búsqueda de la mejora continua, también se debe actualizar el Plan de Control.

Un Plan de Control es un documento que muestra todas las características del producto y requerimientos del proceso. En este deben especificarse las tolerancias aceptadas, el método de inspección, la frecuencia de control de las mismas y los responsables de controlarlas para cada operación.

En este caso lo que se modificó fueron los requerimientos del proceso actualizando la puesta a punto de la operación de soldadura de tubo con brida plana con los nuevos parámetros definidos y se establecieron nuevas frecuencias de control para los mismos.

Se estableció como frecuencia de control 1 vez por puesta a punto de modo de asegurar que no hayan existido variaciones y si las hubiese comenzar la producción con los parámetros especificados.

A continuación se muestra el mismo para la operación de soldadura.

Operación	Maquina	Proceso	Variable	Especificación / Tolerancia	Método	Frecuencia	Responsable
Soldar tubo $\varnothing 60,5$ con Brida 8 mm.	Torch Giratoria/ Mesa Giratoria	Orientación de torcha	Angulo de ataque	Angulo= $40 +5/-0^\circ$	Goniómetro	1 / PP	Operario
			Angulo de desplazamiento	Angulo= 45°	Goniómetro	1 / PP	Operario
			Distancia pico-pieza	Distancia= $12 +2/-0$ [mm]	Calibre pie coliza	1 / PP	Operario
			Dirección de alambre	Debe apuntar a la mitad del espesor de la brida	Visual	1 / PP	Operario
		Soldadura	Alambre de Soldar	ER-308 LSi $\varnothing 1$ [mm]	Certificado	1/ Semana	Depto. Calidad
			Tipo de proceso de soldadura	MIG PULSADO SINERGICO	Visual	1 / PP	Operario
			Gas de Protección	MIX 12: 98% Ar; 2% O	Certificado	1/ Semana	Calidad-Mantenimiento
			Caudal de Gas	Q= $10 +5/-0$ [lts/min]	Caudalímetro	1 / PP	Operario
			Velocidad de alambre	v= $10 \pm 0,5$ [m/min]	Visual	1 / PP	Operario
			Intensidad de corriente	I= 175 [A] (Ref.)	Visual	1 / PP	Operario
Tensión	V= 22,3 [V] (Ref.)	Visual	1 / PP	Operario			

FIGURA 75: PLAN DE CONTROL ACTUALIZADO

CAPÍTULO 4: ESTIMACIÓN DEL AHORRO

4.1. Introducción Estimación Del Ahorro

Al inicio del proyecto se plantearon los objetivos de reducir el valor de PPM del cliente y lograr una reducción en los costos de producción de la empresa. Hasta el momento las acciones que se propusieron estaban orientadas al cumplimiento de ambos objetivos, donde primeramente se evidenció las mejoras en la calidad del proceso quedando como eje final, comprobar que también genera un ahorro en los costos.

Para corroborar que se logra el segundo objetivo, en esta sección del proyecto se realizará una estimación del ahorro en los costos de producción comparando los parámetros actuales con los nuevos parámetros definidos.

Es importante aclarar que los valores del ahorro se expresan en porcentajes debido a que no se cuenta con los valores monetarios de los insumos.

La estimación se realiza sobre los parámetros que se modificaron, los cuales son:

- Gas de Protección
- Material de aporte (alambre)
- Energía eléctrica

Recordemos que el proyecto está enfocado en las soldaduras circulares de la brida plana y el tubo de Ø 60,5 mm y cada producto de la familia Front y Tail contiene una soldadura de este tipo, mientras que los productos de la familia Center tienen dos soldaduras de este tipo por pieza.

El ahorro que se produciría en los insumos está directamente asociado a la reducción en los parámetros.

Las expresiones con las que calculamos el consumo de los insumos son:

Gas de Protección

$$\text{Gas de Protección} = Q * t \left[\frac{\text{lbs}}{\text{cordón}} \right]$$

Dónde:

Q= Caudal de Gas [lbs/min]

t= Tiempo por cordón [seg/cordón]

Material de Aporte

$$\text{Material de aporte} = v * t \left[\frac{\text{m}}{\text{cordón}} \right]$$

Dónde:

v= velocidad de aporte de alambre de soldar [m/min].

t= tiempo por cordón [min/cordón].

Energía eléctrica

$$E = \frac{V * I * t}{60} [Wh/cordón]$$

Dónde:

V= Tensión de trabajo [V].

I= Intensidad de corriente [A].

t= tiempo por cordón [min/cordón].

Cabe destacar que el consumo de energía eléctrica son valores aproximados, ya que al tratarse de un proceso MIG SINERGICO, la intensidad de corriente y tensión dependen de la velocidad del aporte del alambre de soldar.

Reemplazando los valores de los parámetros actuales y estimados en las fórmulas, obtenemos:

Insumo	Consumo actual	Consumo estimado	Ahorro %
Gas de protección [lts/cordón]	6,3	2,5	60%
Material de aporte [m/cordón]	3,4	2,5	26%
Energía eléctrica [Wh/cordón]	26,2	16,3	38%

TABLA 21: PORCENTAJE DE AHORRO EN INSUMOS

Observando los valores obtenidos se llega a la conclusión que el mayor ahorro se alcanzaría en el consumo de gas de protección seguido de la energía eléctrica y por último en material de aporte.

4.2. Costos del proyecto

Si bien se acaba de detallar el ahorro en los costos debido a la implementación de las mejoras propuestas, es importante recordar que, para llegar a los parámetros definidos como óptimos, los autores de este proyecto realizaron la producción de las muestras durante los cambios de turno en la empresa, por lo que no se tuvieron costos debido a parada de línea.

De acuerdo con lo aclarado anteriormente, los costos incurridos para la producción de las muestras y ensayos están compuestos de la siguiente manera:

- Hs de mano de obra indirecta: \$70
- Hs de laboratorio incluyendo la mano de obra: \$120
- Bidas: 1 unidad.
- Tubos: 1 unidad.
- Gas de protección.
- Alambre de soldar.

Nota: Los componentes se colocan en cantidades debido a que no se cuenta con la información del precio de los mismos.

La realización de cada muestra fue en un tiempo de 30 minutos dentro de los cuales el proceso automático de soldadura demora 15 segundos (útil para el cálculo del consumo de gas y alambre de soldar) y sus respectivos ensayos en laboratorio demoraron aproximadamente 1 hora, además recordamos que hasta encontrar los parámetros considerados como óptimos se realizaron 3 muestras. A continuación se expresa en resumen los costos para estos ensayos:

Ítem	Cantidad	Costo Unitario [\$]	Costo Total [\$]
MOI	1,5 [Hs]	70	105
Laboratorio	3 [Hs]	120	360
Brida	3 [unid]	-	-
Tubos	3 [unid]	-	-
Gas de protección	11,25 [Its]	-	-
Alambre de Soldar	6,9 [m]	-	-

TABLA 22: COSTOS INCURRIDOS PARA MUESTRAS

Una vez especificados los parámetros, se realizó la producción a mediana escala para la cual se elaboraron 10 piezas. En esta instancia el tiempo de producción se reduce al tiempo de ciclo ya que la puesta a punto se mantiene, siendo este de 50 segundos por subconjunto. Para esto, se tuvieron los siguientes costos:

Ítem	Cantidad	Costo [\$]
MOI	0,14 [Hs]	9,8
Laboratorio	10 [Hs]	1200
Brida	10 [unid]	-
Tubos	10 [unid]	-
Gas de protección	112,5 [lts]	-
Alambre de Soldar	69 [m]	-

TABLA 23: COSTOS INCURRIDOS PARA PRODUCCIÓN A MEDIANA ESCALA

Y para el pronóstico de implementación horizontal, se realizaron 10 piezas por cada célula para lo que se incurrieron con los siguientes costos:

Ítem	Cantidad	Costo [\$]
MOI	0,55 [Hs]	39
Laboratorio	40 [Hs]	4800
Brida	40 [unid]	-
Tubos	40 [unid]	-
Gas de protección	450 [lts]	-
Alambre de Soldar	276 [m]	-

TABLA 24: COSTOS INCURRIDOS PARA IMPLEMENTACIÓN HORIZONTAL

Como resumen se puede decir que la totalidad de los costos llevados a cabo fueron:

- Hs de mano de obra indirecta: \$153,8.
- Hs de laboratorio incluyendo la mano de obra: \$ 6360.
- Bridas: 53 unidades.
- Tubos: 53 unidades
- Gas de protección: 573,75 lts.
- Alambre de soldar: 351,9 m.

CAPÍTULO 5: CONCLUSIÓN

5.1. Conclusión Proyecto Integrador

Los autores del Proyecto Integrador dan cierre al mismo dejándolo a disposición del Responsable del Área de Producción para su implementación.

Para responder a los objetivos del proyecto, se plantearon una serie de pasos a los cuales se tuvo que responder para ir avanzando en el mismo:

1. Identificar el área de mejora
2. Identificar y jerarquizar los problemas
3. Describir el proceso de producción
4. Definir las causas de los problemas
5. Propuesta de intervención para solución
6. Implementación a pequeña escala y medición
7. Pronóstico de implementación
8. Estimación del ahorro en costos.

Se comenzó identificando el área de mejora, esto es detectar en que área de la empresa se están originando los problemas a mejorar que dan vida a este proyecto. Esto es fundamental para encontrar la causa de los problemas.

Luego se identificaron y jerarquizaron los problemas según su ocurrencia, con esto se buscó determinar en cuáles enfocar los esfuerzos para darle una pronta solución. Para lograr esto hubo que entender bien el proceso de producción, cuáles son sus entradas, las transformaciones que sufre la materia prima y en qué condiciones debe salir el producto.

Una vez entendido, se buscó encontrar la causa de los problemas para lo cual se formó un equipo de trabajo con un integrante de las distintas áreas y liderado por los autores del proyecto y utilizando como herramienta el Diagrama de Causa y Efecto (Ishikawa) se analizaron las posibles variables que podían afectar al proceso o ser la causa de los problemas.

Las causas de los problemas fueron identificadas, por lo que se continuó con actividades de reingeniería con el apoyo del área de calidad para solucionar los mismos respondiendo a los objetivos planteados.

Para esto se usó la metodología de mejora continua Círculo PDCA (planificar, hacer, controlar y actuar). Se plantearon posibles soluciones y se realizaron los respectivos ensayos; a través de los resultados que arrojan estos, se determinó si las acciones realizadas respondían al objetivo planteado y se analizó si se debía corregir algo o la posibilidad de seguir mejorando.

Con este procedimiento se logró encontrar los parámetros que mejoran el desempeño en el proceso de soldadura y evitan que se generen los defectos por los cuales se tuvo reclamos por parte del cliente.

5.2. Conclusiones Personales

Se eligió este proyecto para ser considerado como proyecto integrador de la carrera Ingeniería Industrial ya que para el desarrollo del mismo se combinó el uso de muchas herramientas, de las cuales se adquirió el conocimiento durante el transcurso de la carrera.

Para la identificación del área de mejora y la jerarquización de los problemas se utilizó el diagrama de Pareto, una herramienta con la cual se ordenan y analizan los datos. Sus conocimientos fueron adquiridos en las asignaturas "Estadística", "Costos Industriales" y "Calidad".

Para encontrar la causa de estos problemas se utilizó el diagrama de Causa y Efecto (Ishikawa) herramienta adquirida en la asignatura "Calidad", para lo cual se formó un equipo de trabajo conformado por un integrante de las distintas áreas de la empresa con el objetivo de que cada uno aporte su punto de vista y experiencia sobre el proceso. Para formar el equipo de trabajo y la coordinación del mismo se usaron habilidades como planificación, organización de las tareas, establecer objetivos claros, complementación y compromiso, adquiridas en la asignatura "Relaciones Industriales" lo cual fue muy beneficioso ya que con esta forma de trabajar obtuvimos grandes ventajas, entre ellas que los integrantes tuvieron mayor disposición al trabajo y pusieron voluntad para lograr los objetivos buscados y todos trabajamos para lograr una meta común. La coordinación de esta actividad fue llevada a cabo por los autores del proyecto integrador, actividad que nos resultó amena ya que durante el transcurso de la carrera se fomentó mucho y puso en práctica el trabajo en equipo.

Luego para hallar la solución a los problemas y en busca de la mejora continua se usó como metodología el círculo PDCA, herramienta que se adquirieron sus conocimientos en la asignatura "Calidad", y luego de realizar varias acciones y analizarlas se pudo encontrar una solución a los mismos.

Estas acciones siempre fueron enfocadas al proceso de soldadura tema abordado en "Procesos de Manufactura I" y se lo relaciono con los ensayos metalográficos que se le realizaron a las muestras, conceptos vistos en la curricula "Materiales".

Por último, para cerrar el proyecto y cumplir con los objetivos planteados, se realizó una estimación en el ahorro de los costos integrando conceptos obtenidos en "Costos Industriales", la cual resultó positiva ya que se logra un ahorro en los principales insumos del proceso de soldadura.

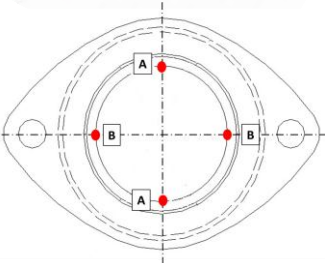


Como autores de este proyecto nos sentimos muy satisfechos ya que a través del mismo llevamos a la práctica muchos conceptos que incorporamos durante el transcurso de la carrera, como lo fue la "Capacidad de Gestión", es decir, organizar los recursos, la información, el tiempo disponible y en base a eso planificar las actividades y así lograr los objetivos con resultados tanto cualitativos como cuantitativos.

BIBLIOGRAFÍA



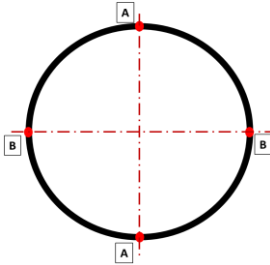

- Elementos claves para los clientes. Administración de la calidad - Donna C. S. Summers - PEARSON Educación – Primera Edición.
- Qué son los procesos. Administración de la calidad - Donna C. S. Summers - PEARSON Educación – Primera Edición.
- Ciclo PDCA. Administración de la calidad - Donna C. S. Summers - PEARSON Educación – Primera Edición.
- Fundamentos de la soldadura por arco eléctrico- ESAB CONARCO.
- Manual Técnico Fuente Kemppi Pro MIG 501.
- Soldadura Semi Automática con Gas de Protección (MIG-MAG)- Departamento de Formación Lincoln-KD. S.A.
- Manual técnico de soldadura - AMERICAN WELDING SOCIETY- Prentice Hall.- 1994.
- Fundamentos de la práctica metalográfica - George L. Kehl - Editorial: Ed. Aguilar, Madrid, 1954.
- Soldadura: principios y aplicaciones- Larry Jeffus.
- Los Procesos de Soldadura por Arco Semi-Automáticos (MAG, MIG y FCAW) por J.A.Alonso & Asoc., 2008.
- <https://www.carrlane.com>
- <http://ingemecanica.com>
- <http://www.rapidwelding.com>
- <http://www.syhrep.com>

ANEXOS

A.1. Instructivo para medir diámetro interior de bridas

Operac. Nr.:	Descripción:	Op. anterior: NA		Op. posterior: NA		
Máquina: NA		Característica a controlar	Frec.	Medio de Control	C.C.	Registro
Htal: Calibre pie de coliza		Diámetro interior: 61 +0,5 /-0 mm	50 bridas	Calibre pie coliza	-	-
Insumos: Brida Plana						
PUESTA A PUNTO		DESCRIPCION DE LA OPERACIÓN				
<p>1- Encender calibre presionando el boton con la leyenda "ON", verificar que el calibre este encendido observando pantalla.</p> <p>2-Llevar el vernier a cero, y presionar el boton con la leyenda "ZERO" para acerar.</p>		<p>1-Tomar la brida con la mano izquierda y el calibre con la mano derecha y tomar medición en los puntos "A" (Ver imagen).</p> <p>2-Registrar valor medido en planilla.</p> <p>3- Girar la brida 90º y volver a medir el diámetro en los puntos "B" (Ver imagen).</p> <p>4- Registrar el segundo valor en planilla.</p> <p>5- Colocar la brida en facilidad y tomar otra para realizar la siguiente medición.</p>				
		  				
<p>PLAN DE REACCION: ANTE EL PRIMER DEFECTO, DETENGA EL PROCESO Y REVISE LA PUESTA A PUNTO, SI EL PROBLEMA CONTINUA, DETENER EL PROCESO Y LLAMAR AL LIDER (VER S.O.P. 13.1)</p>						


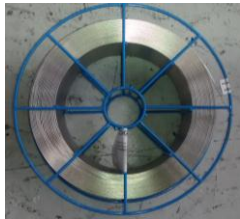

A.2. Instructivo para medir diámetro interior de tubos

Pieza Nr.: NA		Emisión: 20/09/2015	Preparó: M. Marianetti	Aprobó:	Revisión:	L/C:	
Designación: NA		Modelo: NA		Cliente: NA	Plano Nr. : NA		L/C: -
Operac. Nr.:	Descripción:	Op. anterior: NA			Op. posterior: NA		
Máquina: NA		Característica a controlar	Frec.	Medio de Control	C.C.	Registro	
Htal: Calibre pie de coliza		Diámetro exterior: 60,5 ± 0,3 mm	50 tubos	Calibre pie coliza	-	-	
Insumos: Tubo Ø 60,5 mm							
PUESTA A PUNTO		DESCRIPCION DE LA OPERACIÓN					
<p>1- Encender calibre presionando el boton con la leyenda "ON", verificar que el calibre este encendido observando pantalla.</p> <p>2-Llevar el vernier a cero, y presionar el boton con la leyenda "ZERO" para acerar.</p>		<p>1-Tomar el tubo con la mano izquierda y el calibre en la mano derecha y tomar medición en los puntos "A" (Ver imagen). Asegurarse que no se este midiendo sobre la costura del tubo.</p> <p>2-Registrar valor medido en planilla.</p> <p>3- Girar el tubo 90° y volver a medir el diámetro en los puntos "B" (Ver imagen).</p> <p>4- Registrar el segundo valor en planilla.</p> <p>5- Colocar la brida en facilidad y tomar otra para realizar la siguiente medición.</p>					
							
				<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;">Costura de tubo</div>			
<p>PLAN DE REACCION: ANTE EL PRIMER DEFECTO, DETENGA EL PROCESO Y REVISE LA PUESTA A PUNTO, SI EL PROBLEMA CONTINUA, DETENER EL PROCESO Y LLAMAR AL LIDER (VER S.O.P. 13.1)</p>							

A.3. Tabla de mediciones de tubos y bridas

Nº Medición	Tubos		Brida Plana		Mayor Diferencia	Separación de Juntas
	A	B	A	B		
1	60,47	60,63	61,37	61,28	0,74	OK
2	60,54	60,48	61,43	61,27	0,95	OK
3	60,53	60,6	61,39	61,23	0,86	OK
4	60,59	60,73	61,31	61,28	0,72	OK
5	60,58	60,54	61,43	61,36	0,89	OK
6	60,52	60,6	61,48	61,25	0,96	OK
7	60,49	60,6	61,47	61,24	0,98	OK
8	60,62	60,59	61,38	61,28	0,79	OK
9	60,6	60,6	61,41	61,31	0,81	OK
10	60,48	60,75	61,39	61,34	0,91	OK
11	60,59	60,58	61,36	61,32	0,78	OK
12	60,6	60,67	61,38	61,29	0,78	OK
13	60,45	60,64	61,43	61,35	0,98	OK
14	60,49	60,65	61,47	61,28	0,98	OK
15	60,49	60,57	61,42	61,25	0,93	OK
16	60,53	60,59	61,44	61,33	0,91	OK
17	60,5	60,63	61,46	61,35	0,96	OK
18	60,52	60,71	61,42	61,31	0,9	OK
19	60,49	60,68	61,38	61,27	0,89	OK
20	60,56	60,54	61,34	61,29	0,8	OK
21	60,61	60,49	61,38	61,32	0,89	OK
22	60,6	60,55	61,36	61,36	0,81	OK
23	60,57	60,59	61,37	61,34	0,8	OK
24	60,61	60,52	61,4	61,3	0,88	OK
25	60,63	60,56	61,39	61,29	0,83	OK
26	60,66	60,69	61,45	61,35	0,79	OK
27	60,58	60,67	61,45	61,32	0,87	OK
28	60,54	60,66	61,47	61,28	0,93	OK
29	60,57	60,59	61,43	61,33	0,86	OK
30	60,53	60,49	61,39	61,26	0,9	OK

A.4. Instructivo para medir alambre de soldar

Pieza Nr.: NA		Emisión: 21/09/2015	Preparó: L. Escudero	Aprobó:	Revisión:	L/C:	
Designación: NA		Modelo: NA		Cliente: NA	Plano Nr. : NA		L/C: -
Operac. Nr.:	Descripción:	Op. anterior: NA			Op. posterior: NA		
<u>Máquina:</u> NA		Característica a controlar	Frec.	Medio de Control	C.C.	Registro	
<u>Htal:</u> Calibre pie de coliza		Diámetro: 1,0 + 0,1 /-0,4 mm	10 Rollos	Micrometro	-	-	
<u>Insumos:</u> Alambre de soldar							
PUESTA A PUNTO		DESCRIPCION DE LA OPERACIÓN					
<p>1- Girar el tambor del micrometro hasta coincida la espiga con el tope, y verificar que se encuentre en cero.</p>		<p>1-Tomar el rollo de alambre y descubrir el extremo libre del alambre. 2-Tomar micrometro con la mano izquierda y con la mano derecha girar el tambor hasta obtener la medición (Ver imagen). Asegurarse que el alambre se encuentre en centro de la cara de medición. 3- Registrar valor medido en planilla. 4- Cubrir el extremo libre del alambre para evitar posibles accidentes, colocar en facilidad y tomar otro rollo para realizar la siguiente medición.</p>					
		<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> <p>1</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>2</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>3</p>  </div> </div>					
<p>PLAN DE REACCION: ANTE EL PRIMER DEFECTO, DETENGA EL PROCESO Y REVISE LA PUESTA A PUNTO, SI EL PROBLEMA CONTINUA, DETENER EL PROCESO Y LLAMAR AL LIDER (VER S.O.P. 13.1)</p>							

A.5. Certificado de Calidad de Alambre ER 308LSi

voestalpine Böhler Welding Soldas do Brasil Ltda
 Rua Arnaldo Magniccano nº 371
 04691-060 - São Paulo - SP
 Tel: (11) 5694-8377 - Fax: (11) 5631-4682
 E-mail: info.welding@voestalpine.com
 Site: www.voestalpine.com/welding

voestalpine Böhler Welding

ACEROS BOEHLER UDDEHOLM S.A. **CERTIFICADO DA QUALIDADE**

MOZART 40-CENTRO INDUSTRIAL GARIN
 1619 GARIN - BUENOS AIRES
 Argentina

No. : No. : 2014-000084438
 Rev. 0 Pagina / Page : 1 / 1

Produto	Product	GMAW wire electrode
Designação da Marca	Trade name	EAS 2-IG(Si)S
Classificação	Standard designation	AWS A5.9-06 ER 308LSi
Dimensão	Dimension	1,00 mm
Corrida	Heat no.	101.163
Quantidade	Quantity	1440 KG

Análise Química % do produto Chemical composition in % of the product

C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	Cu	Nb*	N				
0,0200	0,7100	1,9200	0,0220	0,0090	19,7500	9,7000	0,0400	0,1100	0,0100	0,0650				

*Nb= Nb+Ta
 Wrc%= 8,4000

DE ADJUNTA FACTURA

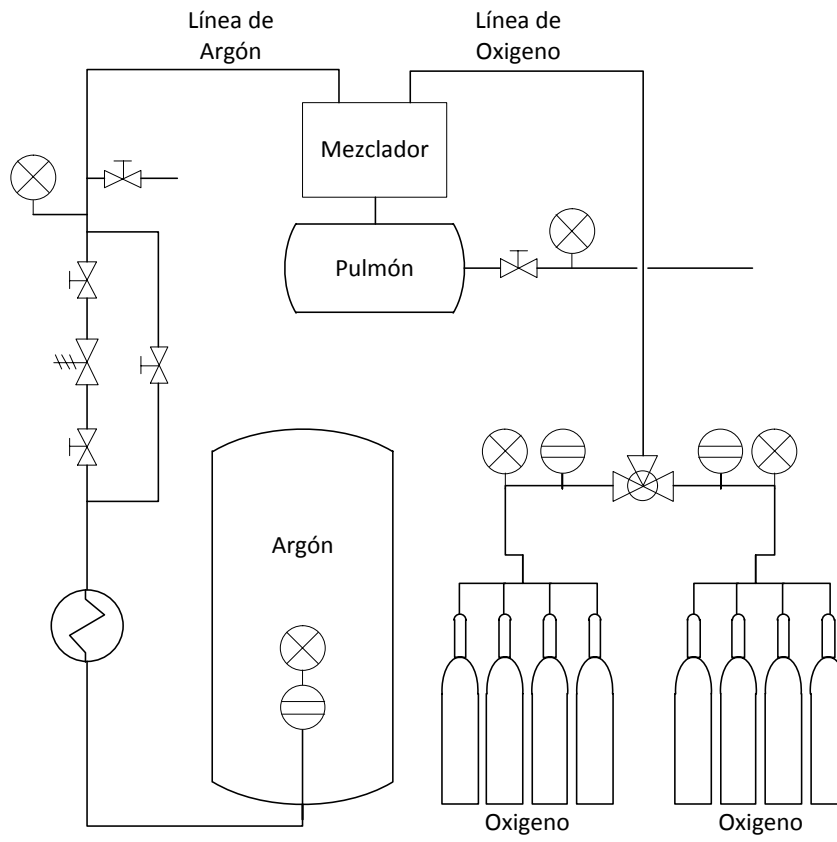
DE ADJUNTA CERTIFICADOS DE
 1 PALLET 200x1200 1 PALLET 1000x1200

Lugar / Town: Sao Paulo Data / Date: 03.11.2014 Representante da Qualidade Autorizado / Authorized representative

Impresso por computador, válido sem assinatura
 This certificate was issued by DP-equipment and does not require signature.

voestalpine
 ONE STEP AHEAD

A.7. Diagrama de Instalación de Gas de Protección



A.8. Recomendaciones de Parámetros

ELECTRODOS CONTINUOS PARA ACEROS INOXIDABLES

INDURA 308L	<i>Clasificación AWS: ER-308L</i>
<ul style="list-style-type: none"> • <i>Alambre sólido de acero inoxidable</i> • <i>Corriente continua, electrodo positivo</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Toda posición</i> • <i>Revestimiento: No tiene</i>

Descripción

El alambre 308L está diseñado para cumplir con los requisitos de los aceros inoxidable que utilizan procesos de soldadura con gas inerte (MIG y TIG).

Este electrodo brinda un análisis químico bien equilibrado, que da por resultado propiedades uniformes del metal depositado y propiedades mecánicas bien balanceadas.

Este electrodo continuo se caracteriza por producir un arco estable de transferencia spray, en el caso de usar como protección gaseosa indurmig inox. o argón.

Usos

El alambre 308L es un electrodo continuo similar al 308, excepto por su contenido extrabajo de carbono (menor a 0,03%).


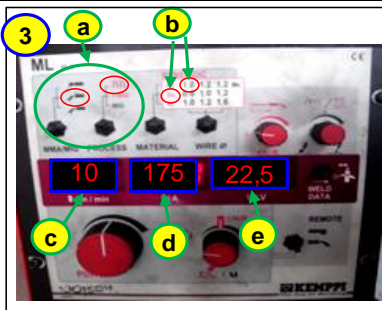

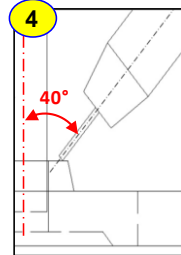
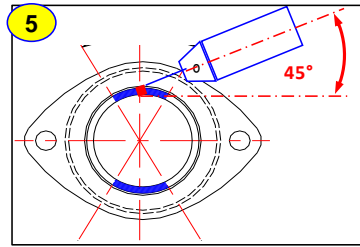
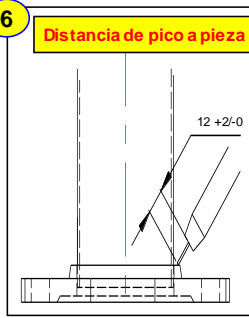
Es utilizado para soldar aceros inoxidable AISI tipos 304L y 308L que pueden ser utilizados en un amplio rango de condiciones corrosivas, sin necesidad de hacer tratamientos térmicos posteriores a la soldadura. Esto es posible porque el contenido extrabajo de carbono minimiza la precipitación de carburos.

Aplicaciones típicas

- Aceros inoxidable tipos 308L, 304L, 308, 321 y 347
- Equipos de proceso y almacenamiento de productos alimenticios y químicos
- Estantes que contengan productos químicos corrosivos
- Bombas, intercambiadores de calor, etc.

Composición química (típica) del alambre:			
C 0,02%; Mn 1,90%; Si 0,38%; P 0,02%; S 0,01%; Cr 19,8%; Ni 9,8%; Mo 0,19%			
Características típicas del metal depositado (según norma AWS: A5.9-93):			
Resultados de pruebas de tracción con probetas de metal de aporte		Energía Absorbida Ch-v	
Resistencia a la tracción : 570 MPa		90J a 0°C	
Alargamiento en 50 mm : 44%			
Amperajes recomendados:			
Diámetro mm	mín.	Amperaje máx.	Voltaje, volts
0,9	125	300	18-32
1,2	155	450	20-34

A.9. Hoja de Proceso

	Emisión: 22/04/2011	Preparó: M. Marianetti	Aprobó:	Revisión:	L/C:	
Pieza Nr.: 17401-OL110 / OL120 / OL140	Designación: Tubo de salida	Modelo: IMV	Cliente: Toyota	Plano Nr. : 17401-OL110/120/140	L/C: -	
Operac. Nr.: 20	Descripción: Sold. Brida Salida	Op. anterior: Sold. Brida Entrada	Op. posterior: Sold. Catalizador			
Máquina: Torcha giratoria Nº 1398 Sold. Kemppi Nº 1964		Característica a controlar	Frec.	Medio de Control	C.C.	Registro
Htal: Disp. 17401-OL110-WF-020		1) Angulo de Flanco $\theta 1, \theta 2 \geq 90^\circ$	100%	Visual	My	10.3-2
Plato Nº 17442-74040		2) Sobre penetración 1mm MAX	100%	Visual	My	10.3-2
Insumos: Alambre ER 430 Ø 1 mm		3) Soldadura continua, sin poros ni fisuras	100%	Visual	S	10.3-2
17442-74040 Brida de Salida		4) NO Spatter ; Sup.inferior y Asiento Tornil	100%	Visual	D	10.3-2
17412-OL020 Tubo Salida		5) Ensayo Penetración	1/LOTE	Macrografía	D	10.3-4
		Responsable Departamento de Calidad				
PUESTA A PUNTO	DESCRIPCION DE LA OPERACIÓN					
<p>1- Encendido de Máquina.</p> <p>2- Apertura paso de Gas: Caudal de Gas 10 +5/-0 lts/min</p> <p>3- Parametros fuente de soldadura:</p> <p>a) Proceso de soldadura: MIG2T Pulsado Sinergico</p> <p>b) Material/ Ø de alambre: Ss- 1,0</p> <p>c) Velocidad de alambre: 10 ± 0,5 m/min.</p> <p>d) Amperaje: 175 A (REFERENCIA)</p> <p>e) Voltaje: 22,5 V (REFERENCIA)</p> <p>4- Angulo de ataque: 40° +5/-0.</p> <p>5- Angulo de desplazamiento: 45°.</p> <p>6- Distancia de pico a pieza: 12 +2-0 mm.</p>	 <p>1) DESBLOQUEAR MÁQUINA 2) ABRIR LLAVE DE FUENTE.</p>					
<p>PLAN DE REACCION: ANTE EL PRIMER DEFECTO, DETENGA EL PROCESO Y REVISE LA PUESTA A PUNTO, SI EL PROBLEMA CONTINUA, DETENER EL PROCESO Y LLAMAR AL LIDER (VER S.O.P. 13.1)</p>						