



FACULTAD DE INGENIERIA

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE
MECÁNICA Y ELÉCTRICA**

**“ESTUDIO DEL EFECTO SOLDADURA DE PASOS MÚLTIPLES
SOBRE RESITENCIA A TRACCION EN SOLDADURA DEL ACERO
ASTM A36 PROCESO SMAW”**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

AUTOR:

MONTOYA VARGAS, GINO ENRIQUE

ASESOR:

ING: DAVILA HURTADO FREDY


LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

MANUFACTURA – ESTÁNDARES DE APLICACIÓN DE SOLDADURA


CHICLAYO – PERÚ

2018


PÁGINA DEL JURADO



Mg. ING. SALAZAR MENDOZA, ANÍBAL
PRESIDENTE



Mg. ING. EDIBERTO VEGA CALDERON
SECRETARIO



Mg. ING. REYES TASSARA, PEDRO
VOCAL

DEDICATORIA

La presente tesis está dedicado a mi madre LILI VARGAS ODIGA que con su sacrificio, entrega desmedida de cariño y amor forjaron en mi una persona con valores y deseos de superación.

Mi admiración por siempre a ellos

Montoya Vargas Gino Enrique.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por iluminar mis pasos por el sendero del bien.

A mi asesor, el Ing. Luis Fernando Chapoñan Rimachi, quien con sus sabias orientaciones hicieron posible la culminación de la presente tesis.

A la plana docente de la Universidad Privada César Vallejo por impartirnos conocimientos que fueron de gran utilidad para la culminación del presente trabajo de investigación.

Montoya Vargas Gino Enrique.

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Yo Montoya Vargas Gino Enrique, con DNI N° 47464320, a efecto de cumplir con los criterios de evaluación de la experiencia curricular de Metodología de la Investigación Científica, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y auténtica.

Así mismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.

Chiclayo, Agosto de 2018

Montoya Vargas Gino Enrique

PRESENTACIÓN

En el presente trabajo de investigación titulado: **“ESTUDIO DEL EFECTO SOLDADURA DE PASES MÚLTIPLES SOBRE RESISTENCIA A TRACCIÓN EN SOLDADURA DEL ACERO ASTM A36 PROCESO SMAW”**, se desarrolla con el interés de estudiar el efecto que tiene los pases múltiples de soldadura sobre las propiedades mecánicas de la tracción y optimizar un proceso adecuado para tal multipase en el proceso de soldadura SMAW en el acero ASTM A 36 .

En el Capítulo I, se presenta la realidad problemática, antecedentes para la investigación, fundamento teórico. Así mismo, se formula el problema, la justificación de la presente investigación, la hipótesis y los objetivos

En el Capítulo II, presentamos el método de la investigación abarcando temáticas como definición operacional de las variables, diseño de la investigación, población de estudio, muestra y las técnicas, instrumentos y métodos de análisis de datos

En el Capítulo III, se presentan los resultados obtenidos para cada uno de los objetivos planteados

En el Capítulo IV, se presentan la discusión de los resultados los cuales fueron cotejados con los antecedentes considerados en la presente tesis

En el Capítulo V, se muestran las conclusiones a los que se llegó con los resultados obtenidos.

Capítulo VI, se expuso las recomendaciones a futuro para tomar en cuenta, la cual permitirá profundizar más en la investigación

En el capítulo VII, se presentaron las referencias bibliográficas según la normativa ISO 690 empleada por la presente Universidad Privada César Vallejo

El autor

ÍNDICE

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD	iv
PRESENTACIÓN	v
ÍNDICE	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
RESUMEN	xii
ABSTRACT	xiii
I. INTRODUCCIÓN.....	14
1.1. Realidad problemática	14
1.2. Trabajos previos	15
1.2.1. Internacional	15
1.2.2. Nacional	15
1.2.3. Local	16
1.3. Teorías relacionadas al tema.....	16
A. Esfuerzo	18
B. Deformación	19
C. Límite de fluencia	20
D. Esfuerzo máximo	10
E. Deformación máxima a la ruptura	21
F. Ductilidad	21
G. Tenacidad	22
1.4. Formulación del problema	34
1.5. Justificación del estudio	34
1.6. Hipótesis	34
1.7. Objetivos.....	35
1.7.1. Objetivo General	35

1.7.2. Objetivos específicos	35
II. MÉTODO	36
2.1. Diseño de investigación	36
2.2. Variables, Operacionalización.....	36
2.3. Población y muestra	38
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad	39
2.5. Métodos de análisis de datos.....	40
2.6. Aspectos éticos.....	41
III. RESULTADOS	42
3.1. Determinación del proceso adecuado de soldadura SMAW de múltiples	42
pases para obtener uniones de acero ASTM A36	42
3.2. Evaluación de la microestructura en la unión soldada con distintas	42
pasadas de soldadura del acero ASTM A36	42
3.3. Determinación del esfuerzo y deformación de las placas soldadas de acero	44
ASTM A36 ensayadas por tracción, construyendo gráficas	44
3.4. Validación de la hipótesis mediante la influencia significativa de las	46
variables mediante un análisis estadístico de varianza	46
IV. DISCUSIÓN	47
V. CONCLUSIONES	49
VI. RECOMENDACIONES	50
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	51
ANEXOS	54
C	56
ANEXOS	87
VALIDACION DE INSTRUMENTOS.....	88
REPORTE DE TURNITIN	93
ACTA DE ORIGINALIDAD DE TESIS.....	94
AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN.....	95

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Proceso SMAW	5
Figura 1.2. Equipo Completo de soldadura SMAW	6
Figura 1.3. Máquina universal de tracción.....	8
Figura 1.4. Gráfico esfuerzo-deformación	10
Figura 1.5. Gráfico representativo de Regresión de Datos	11
Figura 1.6. Prueba de tracción	12
Figura 1.7. Dimensiones de la probeta para el ensayo de Tracción.....	15
Figura 1.8. Diagrama esquemático que muestra el plan de muestreo de muestra de las placas soldadas a multipase.....	16
Figura 1.9. Diagrama de equilibrio metaestable hierro-carbono con presencia de la zona eutectoide	18
Figura 1.10. Zona donde debe realizarse la medición.....	33
Figura 3.1. Microestructura de la ZAC del Acero ASTM A36 con soldadura de tipo SMAW	42
Figura 3.2. Variación microestructural del acero ASTM con una pasada de soldadura	43
Figura 3.3. Variación microestructural del acero ASTM con dos pasada de soldadura.....	43
Figura 3.4. Variación microestructural del acero ASTM con tres pasadas de soldadura.....	43
Figura 3.5. Representación del comportamiento de las placas de acero ASTM A 36 después de ser sometido a ensayo de tracción	45
Figura A.2.1. Microestructura del material base del acero ASTM A36. 400 X atacado con Nital al 2%	57
Figura A.2.2. Diagrama de Bloques secuencia experimental.....	59
Figura A.2.3. Cebado del arco.....	60

Figura A.3.1. Microestructura de la ZAC del Acero ASTM A36 con soldadura de tipo SMAW	62
Figura A.3.2. Cambios microestructurales del acero ASTM A36 con una pasada de soldadura SMAW	63
Figura A.3.3. Cambios microestructurales del acero ASTM A36 con dos pasadas de soldadura SMAW	63
Figura A.3.4. Cambios microestructurales del acero ASTM A36 con tres pasadas de soldadura SMAW	64
Figura A.3.5. Dureza y macroestructura en el cordón de soldadura del acero ASTM A36. Los pases de soldadura fueron (a) 1 pasada (b) 2 pasadas. Y (c) 3 pasadas	65
Figura A.3.6. Cambios microestructurales a una pasada de soldadura en la que se muestra la ferrita cuya ubicación aparece en el borde de grano, así mismo se aprecia ferrita acicular, ferrita con agregados de carburo	66
Figura A.3.7. Cambios microestructurales con dos pasadas de soldadura en la que se muestra la ferrita cuya ubicación aparece en el borde de grano, así mismo se aprecia ferrita acicular, ferrita con agregados de carburo.....	67
Figura A.3.8. Cambios microestructurales con tres pasadas de soldadura en la que se muestra la ferrita cuya ubicación aparece en el borde de grano, así mismo se aprecia ferrita acicular, ferrita con agregados de carburo	68
Figura A.4.1. Dimensiones de la probeta para el ensayo de Tracción	70
Figura A.4.2. Probetas preparadas para ser sometidas a tracción.....	70
Figura A.4.3. Máquina de tracción.....	71
Figura A.4.4. Gráfico de esfuerzo – deformación generada por la máquina de tracción con ayuda del software DataHAWK Pro.	71
Figura A.4.5. Probetas después de ser sometidas a tracción.	72
Figura A.5.1. Figuras de verificación del empleo del software SPSS.....	86

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1.1. Composición porcentual de los elementos químicos por el cual está constituido el acero ASTM A36	13
Cuadro 1.2. Propiedades Mecánicas	14
Cuadro 2.1. Operacionalización de variables	37
Cuadro 2.2. Niveles de la variable independiente	38
Cuadro 2.2. Cuadro resumen del análisis de varianza para la resistencia a la tracción.....	40
Cuadro 3.1. Comportamiento de las placas de acero ASTM A 36 después de ser sometido a ensayo de tracción.....	44
Cuadro 3.2. Cuadro resumen del análisis de varianza de la resistencia a la tracción en uniones de acero ASTM A 36 arrojado con el software SPSS.	46
Cuadro A.1.1. Ficha de registro del ensayo de tracción.....	54
Cuadro A.1.2. Ficha de registro del ensayo de soldadura.....	55
Cuadro A.2.1. Composición química del acero ASTM A36.....	56
Cuadro A.2.2. Propiedades mecánicas del acero ASTM A36	56
Cuadro A.2.3. Composición química del metal de aporte	56
Cuadro A.2.4. Propiedades mecánicas de metal de aporte	57
Cuadro A.2.5. Ficha de registro del ensayo de soldadura.....	58
Cuadro A.3.1. Perfil de dureza para uniones soldadas a diferentes pasadas de soldadura.....	69
Cuadro A.4.1. Comportamiento de resistencia a la tracción de las placas de acero ASTM A 36 después de ser sometido a ensayo de tracción con una pasada de soldadura SMAW	73
Cuadro A.4.2. Comportamiento de resistencia a la tracción de las placas de acero ASTM A 36 después de ser sometido a ensayo de tracción con dos pasadas de soldadura SMAW	75

Cuadro A.4.3. Comportamiento de resistencia a la tracción de las placas de acero ASTM A 36 después de ser sometido a ensayo de tracción con tres pasadas de soldadura SMAW	77
Cuadro A.5.1. Comportamiento de las placas de acero ASTM A36 después de ser sometido a ensayo de tracción	80
Cuadro A.5.2. Cuadro resumen del análisis de varianza de la resistencia a la tracción en uniones de acero ASTM A 36 arrojado con el software SPSS	81
Cuadro A.5.3. Cuadro resumen de las pruebas Post Hoc de comparaciones múltiples empleando SPSS para resistencia a la tracción en uniones de acero ASTM 36	82
Cuadro A.5.4. Cuadro resumen de las pruebas empleando HSD Turkey con el software SPSS para resistencia a la tracción en uniones de acero ASTM A 36 ..	83
Cuadro A.5.5. Puntos porcentuales de la distribución $F_{0.05, v1, v2}$	85

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto de soldadura SMAW de pasos múltiples sobre la resistencia a la tracción en uniones soldadas en acero ASTM A36, para la cual estuvo enmarcada en realizar una investigación del tipo, según su propósito, aplicada, y según el diseño de investigación, experimental. Como población se tuvo a uniones de placas de acero ASTM A 36 y como muestra a cuatro placas soldadas tres de ellas con diferentes número de pasadas de soldadura y una sin soldar, con lo cual se determinaron, para cada valor de multipase, su respectiva resistencia que ofrecía a la tracción. Con los resultados obtenidos se puede concluir con la determinación de un buen proceso de soldadura SMAW de múltiples pases se logró obtener uniones de acero ASTM A36 con una óptima resistencia a la tracción, encontrándose valores desde 553.5 MPa hasta 652 MPa, dependiendo del número de pases de soldadura, Según el análisis del esfuerzo de deformación de las placas soldadas de acero ASTM A 36 ensayadas por tracción se encontraron múltiples datos mecánicos como son resistencia a la tracción, elasticidad, así como la carga de ruptura. Al realizar el análisis microestructural se encontró una serie de transformaciones producto del calor, apreciándose zonas como son la Zona Afectada por el Calor (ZAC). Cerca de la zona ZAC se aprecian otras zonas como son la Zona de Fusión Calentada la cual se encuentra adyacente a la ZAC. La zona distante a la ZAC proporciona diferentes tipos de grano pasando desde un grano fino, transformado y esferoidal. Finalmente se concluye afirmando que para los datos de resistencia a la tracción, el $F_0 = 1587.5$ es mayor a $F_{,V1,V2} = F_{0.05,2,6} = 5.14$, obteniendo de manera tabular, afirmando de este modo la hipótesis alterna. Esto significa que a medida que aumenta el número de pasadas de soldadura si producirá un aumento de la resistencia a la tracción en uniones de acero ASTM A 36

Palabras Claves: Soldadura, multipase SMAW, tracción, acero,

ABSTRACT

The objective of the present investigation was to evaluate the effect of multistage SMAW welding on the tensile strength in steel welded joints ASTM A36, for which it was framed in carrying out a research of the type, according to its purpose, applied, and according to the research design, experimental. As a population, steel plate joints ASTM A 36 were used and, as a sample, to four welded plates, three of them with different number of weld passes and one without welding, with which, for each multipass value, their respective resistance was determined. That offered to traction. With the results obtained it can be concluded with the determination of a good welding process SMAW of multiple passes it was possible to obtain unions of steel ASTM A36 with an optimum tensile strength, finding values from 553.5 MPa to 652 MPa, depending on the number of passes Welding, According to the analysis of the deformation stress of steel welded plates ASTM A 36 tested by traction were found multiple mechanical data such as tensile strength, elasticity, as well as breaking load. When carrying out the microstructural analysis, a series of transformations resulting from the heat was found, appreciating areas such as the Zone Affected by Heat (ZAC). Near the ZAC zone other zones are appreciated, such as the Warmed Fusion Zone which is adjacent to the ZAC. The zone distant from the ZAC provides different types of grain passing from a fine grain, transformed and spheroidal. Finally, it is concluded that for the tensile strength data, $F_0 = 1587.5$ is greater than $F_{,v1,v2} = F_{0.05,2,6} = 5.14$, obtaining in a tabular manner, thus affirming the alternative hypothesis. This means that as the number of weld passes increases if it will produce an increase in tensile strength in steel joints ASTM A 36

Keywords: Welding, multipass SMAW, traction, steel,

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

1.1.1. Internacional

La soldadura es una actividad que se lleva a cabo en muchos sectores, construcción, Obras públicas, navales, automoción. Todo trabajo con metales es susceptible de utilizar soldadura para la fusión de dos metales.

Es en este contexto que Russki (2013) manifiesta que en Rusia la metodología que se emplea con respecto a la soldadura es de alta tecnología, a tal punto, que como por ejemplo, actualmente la unión de las piezas de los submarinos nucleares son soldadas, no son construidas, es por ello que resulta primordial apoyarse en distintas técnicas de verificación de posibles fallas, entre ellas se tiene al uso de los rayos X u otras técnicas como el ultrasonido. Aun así existen precisiones de calidad con tal detalle que debemos de agenciarnos de tecnología de punta como es la robótica (pp. 17-20).

En México existe un estado denominado Nuevo León, al cual se le autoproclamado Capital de la industria metal metálica. Así mismo, en Monterrey existen múltiples empresa, dentro de las cuales el 50% son empresas destinadas al rubro metálico, es por ello que resulta indispensable conocer técnicas adecuadas que permitan optimizar procesos en temas relacionados a la soldadura de arco eléctrico en sus diversas modalidades: GMAW, GTAW, FCAW, SAW, SMAW y otras más (Jiménez, 2007, p. 18).

Según Absi (2010), manifiesta que a nivel mundial, uno de os tipos de soldadura que es muy empleada es la MIG/MAG, debido a sus múltiples usos y versatilidad así como su poder de penetración y posible soldadura en diversas posiciones. Actualmente es menester de los trabajadores dedicados a este rubro realizar soldaduras con buen acabado y que sea

resistente a los diversos usos que se les valla a dar a la pieza o estructura a ser soldada (p. 21).

1.1.2. Nacional

Según Lincoln (2012), manifiesta que como cualquier proyecto de estructuras metálicas, todas las uniones son mayormente soldadas. Así mismo se tiene que tener un peculiar cuidado del lugar donde se van a someter el soldeo, es en este sentido que en zonas de altura como sobre los 300 msnm la presencia de porosidades es bastante apreciable (p. 26).

Según Delgado (2016), manifiesta que en el Perú el uso de la soldadura es en muchas partes de esta nación trabajada de manera artesanal sin criterio técnico, con baja capacitación de las personas responsables de realizar dicha labor, a ello se incrementa el factor de contaminación medioambiental debido a los gases que genera este proceso (p. 135).

1.1.3. Local

En Cajamarca existe una deficiencia de tecnología con respecto al uso y manejo adecuado de la soldadura SMAW, y a esto aunándose que el acero ASTM A36 tiene una baja capacidad a ser soldado. Es en este sentido que se debe de realizar un estudio orientado a encontrar procedimientos acordes a las normativas vigentes aplicando ensayos no destructivos y destructivos como es el caso de medir la resistencia a la tracción de las uniones soldadas y con ello predecir posibles falencias al momento de elegir el método adecuado de soldeo como son las multipasadas de cordones de soldadura (Díaz, 2014, p. 37).

1.2. Trabajos previos

1.2.1. Internacional

Velástegui (2014) en su investigación el cual tuvo como objetivo estudiar los procesos de soldadura SMAW y GMAW sobre acero ASTM A 36, A-500 y su incidencia en las propiedades mecánicas en las juntas soldadas de la estructura de buses: el presente investigador concluye afirmando que el Acero ASTM A-500 soldado con Electrodo E-6011 (proceso SMAW) presenta mejores propiedades mecánicas que al soldarlo con alambre ER70S-6 con gas de protección CO₂ (proceso GMAW). El Acero ASTM A 36 soldado mediante el proceso GMAW presenta una resistencia a la tracción y un porcentaje de elongación mayor que cuando soldamos este acero mediante el proceso SMAW. Además se comprobó que la resistencia a la tracción y el porcentaje de elongación del acero ASTM A-500 soldado mediante el proceso SMAW es mayor pero no de manera significativa frente al acero ASTM A-500 soldado mediante el proceso GMAW (p. 205).

1.2.2. Nacional

Según Pajuelo (2009), en su tesis que tuvo como objetivo evaluar los procesos de soldadura GTAW con y sin material de aporte en planchas de acero estructural, concluye manifestando que los ensayos de tracción indican que si bien es cierto que hay una pérdida de ductilidad, ésta no es significativa pues no presentan fisuras ni agrietamiento después del ensayo de doblado. El proceso de soldadura GTAW sin material de aporte alcanza y hasta supera las características de las uniones soldadas con material de aporte por los resultados de los ensayos en las probetas realizadas, por lo tanto el uso de este proceso sin material de aporte es beneficioso porque abarata costos al no utilizar material de aporte y aumenta la velocidad de producción.

1.2.3. Local

Según Díaz (2014), en su investigación que tuvo como objetivo medir la soldabilidad de dos tipos de acero corrugado, referente al acero corrugado ASTM A 615 Grado 60 y el ASTM A 706 grado 60", concluye afirmando que se estudió la soldabilidad de las piezas según la norma ASTM A615 (NTP. 341.031) en relación a la soldabilidad del acero corrugado de refuerzo de la normativa ASTM A706 (NTP. 339.186). Se ensayó empleando una máquina de tracción probetas con Ø 1/2" (# 4), Ø 5/8" (# 5) y Ø 3/4" (# 6). Las variables consideradas son: tipo de acero, tipos de electrodo, y los tipos de discontinuidades de la soldadura (se evaluara por la prueba de Líquidos Penetrantes). El sistema de soldadura se realizó teniendo en cuenta métodos convencionales, sin precalentamiento ni esmerilado de las piezas. Los resultados obtenidos fueron analizados según la gráfica de esfuerzo – deformación y todas las tendencias que en ellas se describen. Las deformaciones máximas alcanzadas en soldaduras realizadas con el electrodo E7018, tuvo mejores resultados para ambos tipos de acero. Sin embargo el acero de la norma ASTM A 706, llega a deformaciones máximas del 0.05 a 0.06, el cual presenta mayores valores que el acero ASTM A 615 que alcanza valores máximos de deformación del 0.03 a 0.04 (p. 106).

1.3. Teorías relacionadas al tema

1.3.1. Soldadura SMAW

La soldadura SMAW proviene de las siglas en ingles que significa soldadura por arco con electrodo metálico revestido o recubierto (Lázaro, 2010, 98).

Figura 1.1.



Soldadura SMAW

En la figura 1.1 se puede visualizar claramente el proceso, el cual consiste en generar calor a partir de un arco eléctrico haciendo interactuar al metal base con el metal de aporte que se encuentra en el electrodo el cual se encuentra cubierto de fundente (Pajuelo, 2009, p.236).

A continuación se considerará la función que cumplen cada uno de los elementos de la soldadura SMAW:

El arco: es el encargado de dar inicio al proceso de soldadura. Es el agente que proporciona la fuerza necesaria para realizar la penetración que se requiere (Lázaro, 2010, 100).

El metal de aporte: es el que se convierte de estado sólido a estado líquido y con ello quedar fundido en el metal base logrando llenar la cavidad de la junta de las piezas que se desea soldar(Lázaro, 2010, p. 101).

El fundente: proporciona un gas protector que evita la penetración de oxígeno y por ende la oxidación de las piezas a ser soldadas, así como proporcionar algunos elementos químicos de aleación a la soldadura (Lázaro, 2010, p.102).

Equipo de soldadura SMAW

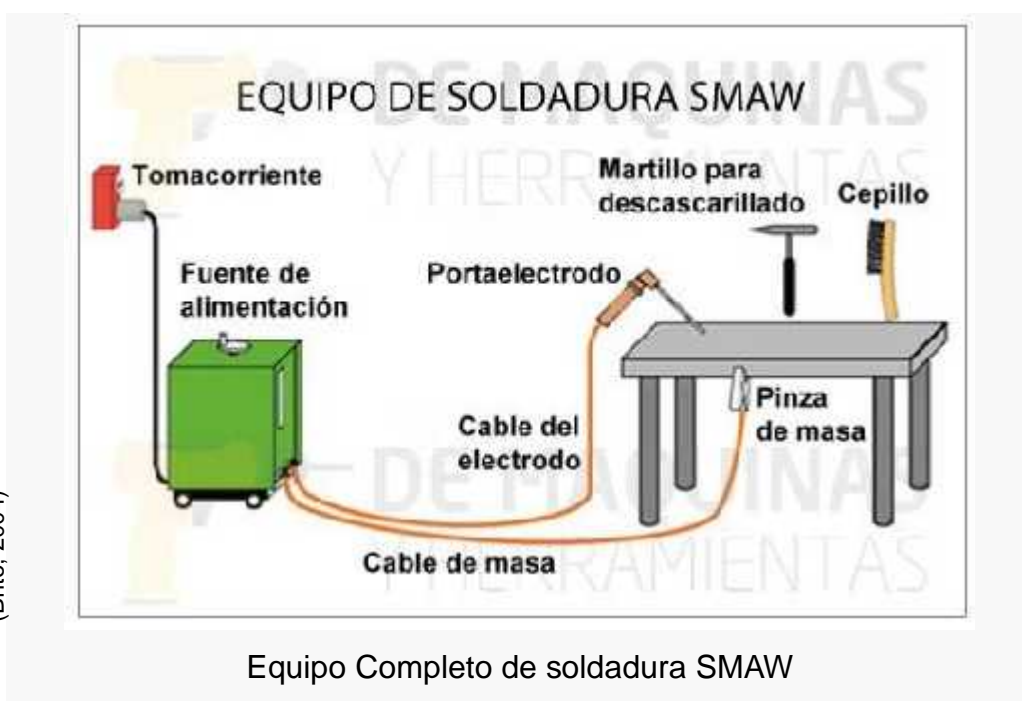
El equipo de soldadura SMAW consta de los siguientes elementos:

Fuente de alimentación: es la que proporciona la corriente necesaria al proceso de soldadura. Está compuesta por corriente alterna o corriente continua. A continuación se describirá los tipos de conexiones al terminal del electrodo a la fuente (Pajuelo, 2009, p.244):

Conexión al terminal negativo: se emplea para cuando se desee tener una alta deposición del metal de aporte pero al mismo tiempo una baja penetración (Pajuelo, 2009, p.245).

Conexión al terminal positivo: se emplea de manera inversa a la anterior, es decir, cuando se desee una alta penetración (Pajuelo, 2009, p.246).

Figura 1.2.



Porta electrodo: es el que permite la interconexión entre la corriente eléctrica y el electrodo. Al mismo tiempo consta de un mango, el cual se encuentra aislado y es el que proporciona la guía para un adecuado movimiento sobre la junta de soldadura (Lázaro, 2010, p.112).

Cable del electrodo y cable de masa: son elementos que deberán de estar con un aislamiento especial resistente al calor y perfectamente soldadas. Deberá de estar construido con un diámetro adecuado que evite la caída de voltaje y al mismo tiempo pueda reducir la resistencia (Lázaro, 2010, p.113).

Pinza de masa: es la encargada de servir de conector entre el cable de masa y la pieza que se desea soldar. Deberá tener una alta resistencia eléctrica (Lázaro, 2010, p.114).

1.3.2. Resistencia de tracción

Smith (2010) manifiesta que el punto en la cual se encuentra la mayor resistencia a la tracción es afectado por diferentes factores como son la temperatura del ambiente de la prueba, el método de soldeo, entre otros factores (p. 82).

Dentro de las unidades que se emplea tenemos las libras fuerza por pulgada cuadrada, también conocido por psi (lbf / in² o psi). Otras de las unidades a usar son Pascales, N/m², entre otras. En todas ellas se puede ver una relación directa entre la fuerza que se aplica en una determinada unidad de longitud (Askeland, 2016, p. 190).

1.3.3. Ensayo de tracción (estático)

Según Smith (2010), este ensayo es el más utilizado y adecuado para definir mejor las “propiedades mecánicas” de esfuerzos versus deformaciones, apreciándose diversas propiedades como el límite elástico, límite plástico, esfuerzo de fluencia, entre otras propiedades (P. 95).

Askeland (2016), menciona que los ensayos de esfuerzo - deformación de un metal consisten en aplicar una carga axial a la probeta la cual deberá contar con dimensiones normalizadas que permitan verificar una adecuada resistencia a la tracción hasta el límite que proporcione la carga máxima de resistencia a la rotura, pasando por valores de fluencia, la velocidad a la que sucede este suele ser de un orden muy pequeño (p. 74).

Figura 1.3



Fuente:
(Smith, 2010).

Máquina universal de tracción

Según Lázaro (2010), un ensayo de tracción se realiza en un equipo el cual se esquematiza en la figura 1.5, en donde se aprecia que es factible medir con esta máquina parámetros de mucha utilidad mecánica como resistencia a la tracción, el esfuerzo, la deformación, entre otras (p.97).

A. Esfuerzo

El esfuerzo es la relación que existe entre la fuerza aplicada y el área sobre la cual se aplica la fuerza, según la siguiente fórmula (Smith, 2010, 98).

$$\text{Esfuerzo} = \frac{\text{Fuerza aplicada}}{\text{Area sobre la cual se aplica la fuerza}}$$

B. Deformación

Existen dos formas de deformación denominadas deformación unitaria de ingeniería (1° ecuación) y deformación unitaria real (2° ecuación), la cual se describe a continuación.

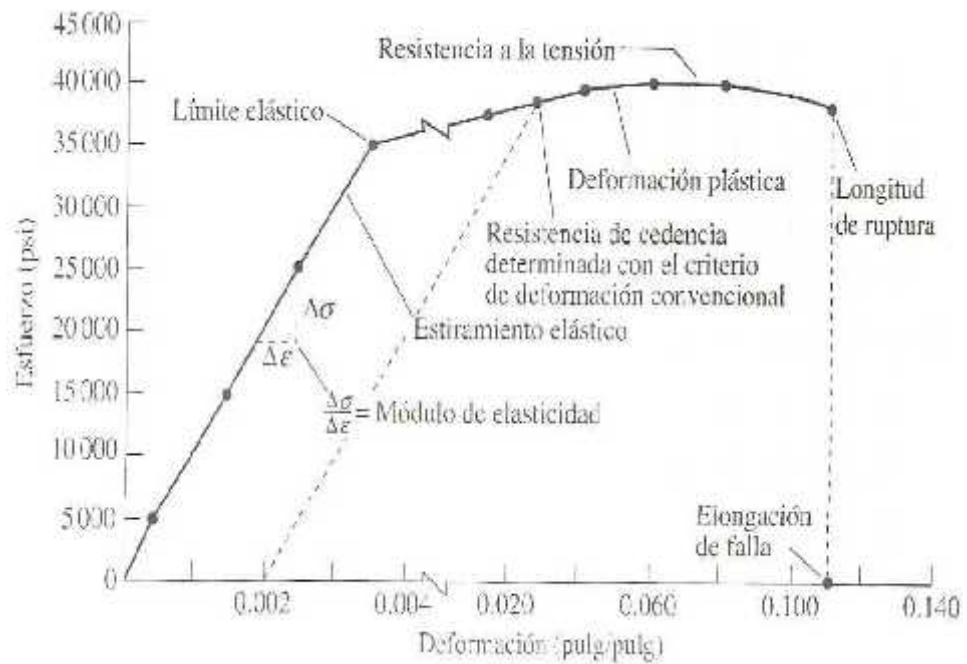
$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0}$$

$$\varepsilon_v = \ln\left(\frac{L_f}{L_0}\right)$$

En la figura 1.6 se puede apreciar la gráfica de esfuerzo deformación en donde dicha figura puede cambiar de forma y de valores dependiendo del material por el cual está constituido, pero para temas didácticos se puede usar este esquema en donde se puede apreciar ciertas zonas como son el límite elástico, donde se encuentra su deformación plástica, el módulo de elasticidad, entre otras características mecánicas del material a ser ensayada (Askeland, 2016 p. 98).

Es posible distinguir en la figura 1.6 dos zonas de comportamiento del ensayo: una zona elástica y otra plástica. En la primera, la deformación es no permanente, es decir, si se eliminan los esfuerzos externos el material vuelve a su forma original, además, el comportamiento en esta zona es lineal, obedeciendo a la ley de Hooke. Mientras que la zona plástica ocurre totalmente lo contrario, una vez alcanzada esta zona, el material no logra volver a su configuración inicial (Lázaro, 2010, p. 112).

Figura 1.4



Fuente: (Smith, 2010).

Gráfico esfuerzo-deformación

C. Límite de fluencia

Según Askeland (2016), menciona que existe una zona que se diferencia entre la zona plástica y la zona elástica denominada límite de fluencia. Este punto de límite de fluencia indica que está comenzando la zona plástica. Antes de llegar hasta esta zona el comportamiento de la pieza a ser analizada tiene un comportamiento elástico y en esta zona (zona plástica) donde la pieza tiende a tener un comportamiento que sigue la Ley de Hooke (p. 102):

$$\sigma = E\varepsilon, \text{ Ley de Hooke.}$$

D. Esfuerzo máximo

El esfuerzo máximo es el valor máximo que puede soportar la probeta en donde una vez pasado este esfuerzo la probeta sufrirá una estricción y finalmente una fractura (Smith, 2010, p. 103).

E. Deformación máxima a la ruptura

Corresponde al máximo estiramiento al que se puede someter cierto material antes de que falle. Para poder determinar esta propiedad de manera gráfica, se usa una regresión de datos, es decir, se calcula el módulo de Young, usando datos de la recta de comportamiento elástico y se genera una nueva recta para el caso de la máxima deformación, asumiendo que en ese punto, como el comportamiento es plástico, es permanente. Esto se muestra en la siguiente figura, dónde la recta que nace desde el punto c, representa la recta generada con la regresión, pues tiene igual pendiente que la recta en la zona elástica (Lázaro, 2010, p. 104).

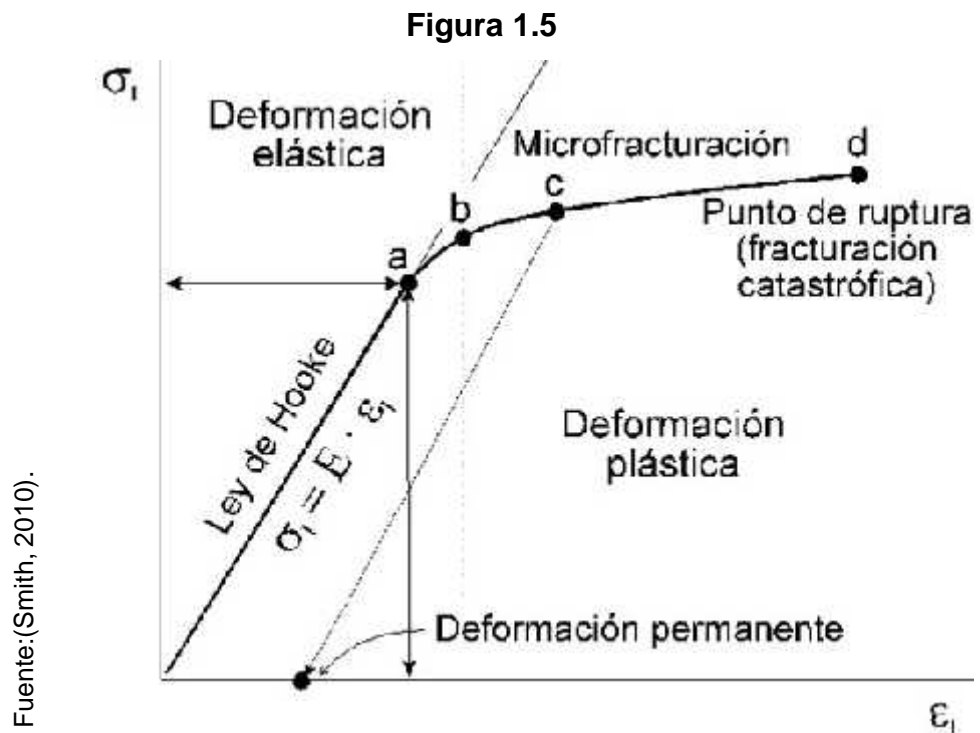


Gráfico representativo de Regresión de Datos

F. Ductilidad

Según Smith (2010), menciona que es la cantidad de deformación plástica que la pieza pueda soportar. Puede ser medida como función de la elongación o del área (p. 105).

$$\% \text{ de elongación} = (\%EL) = \frac{L_f - L_0}{L_0} \times 100$$

Ductilidad como variación de la elongación

$$\% \text{ de reducción de área} (\%AR) = \frac{A_0 - A_f}{A_0} \times 100$$

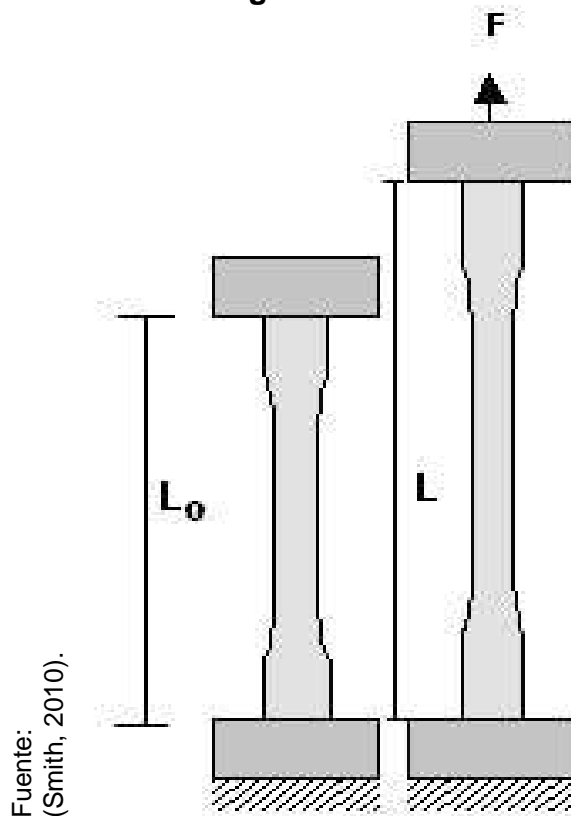
Ductilidad como variación del área

G. Tenacidad

Es la acumulación de dislocaciones la cual genera en la pieza una energía, denominándose tenacidad (Askeland, 2016, p. 106).

En la figura 1.8 se puede apreciar el antes y después de ser sometida una probeta a tracción (Smith, 2010, p. 108)

Figura 1.6



Prueba de tracción

1.3.4. Acero ASTM A36

El acero ASTM A36 es un acero muy empleado en construcciones metálicas de diversos usos como son edificaciones, puentes, señalizaciones, entre otras. (ASTM, 2015, p.86).

Cuadro 1.1.

Composición porcentual de los elementos químicos por el cual esta constituido el acero ASTM A36

Carbono (C)	0.26 % máx.
Silicio (Si)	0.40 %
Fósforo (P)	0.04 %
Cobre (Cu)	0.20 %
Azufre (S)	0.05 %
Manganeso (Mn)	No hay requisito

Fuente: Elaboración propia

Propiedades

Dentro de las propiedades mecánicas del acero ASTM A 36 tenemos su densidad la cual está en el rango de 7.8 g/cm^3 , Un límite de fluencia de 250 MPA como mínimo, así como un límite a la rotura que se encuentra entre los rangos de 410 MPa, pero este dato es variables en comparación al espesor de las piezas a ser sometidas a ensayo (ASTM, 2015, p.87).

Cuadro 1.2.
Propiedades Mecánicas

Límite de fluencia mínimo		Resistencia a la tracción			
MPa	Psi	Psi		Mpa	
		Mín.	Max	Min	Max
250	36000	58000	80000	400	550

Fuente: Elaboración propia

Formas

El acero A36 se produce en una amplia variedad de formas, que incluyen: Planchas, Perfiles estructurales, Tubos, Láminas (ASTM, 2015, p.88).

Métodos de unión

Uno de los aceros más versátiles es exactamente el acero en estudio, refiriéndose al acero ASTM A36, el cual puede soldarse con la gran mayoría de métodos de soldadura, dentro de ellas la SMAW, la cual es de gran valor utilidad por su bajo costo y rapidez (ASTM, 2015, p.90).

1.3.5. Normativas técnicas para ensayos de probetas soldadas con proceso SMAW

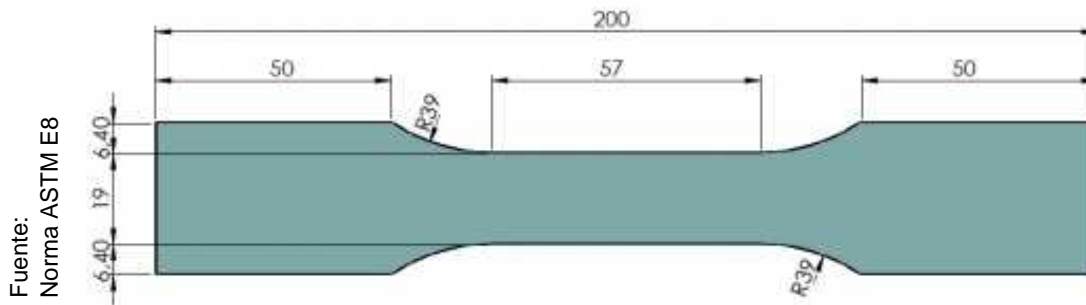
A. Norma AWS D1.1 para soldadura SMAW

Según AWS (2000) En esta norma se abordan temas relacionados a: ensayos destructivos y no destructivos para la comprobación de la calidad en juntas de filete y plancha, partes de una junta a tope soldada en plancha (Nomenclatura), tipo de bisel de acuerdo al espesor del material a soldar y proceso, depósito de soldadura en posición (3G) vertical ascendente, vertical inclinada hacia la derecha e izquierda de acuerdo a las normas establecidas, tipos de materiales utilizados en el proceso SMAW y técnicas de operación de corte, entre otras (pp. 02 – 10).

B. Norma de ensayo de tracción ASTM E8

Según ASTM (2015) manifiesta que según la norma las probetas para ensayo de tracción planas deberán de tener las características presentadas en la siguiente figura (p. 57),

Figura 1.7.



Dimensiones de la probeta para el ensayo de Tracción

Una vez preparada las probetas proceder al ensayo de tracción siguiendo los siguientes pasos: Encender y graduar la máquina de tracción, habilitar el software adecuado que permita registrar los datos obtenidos, tipear los datos en el software como son las dimensiones de la probeta, los parámetros de operación restantes y finalmente activar la prueba. La curva del material en prueba comenzara a formarse en la pantalla, al concluir la prueba, registre los resultados obtenidos (p. 58).

Figura 1.8

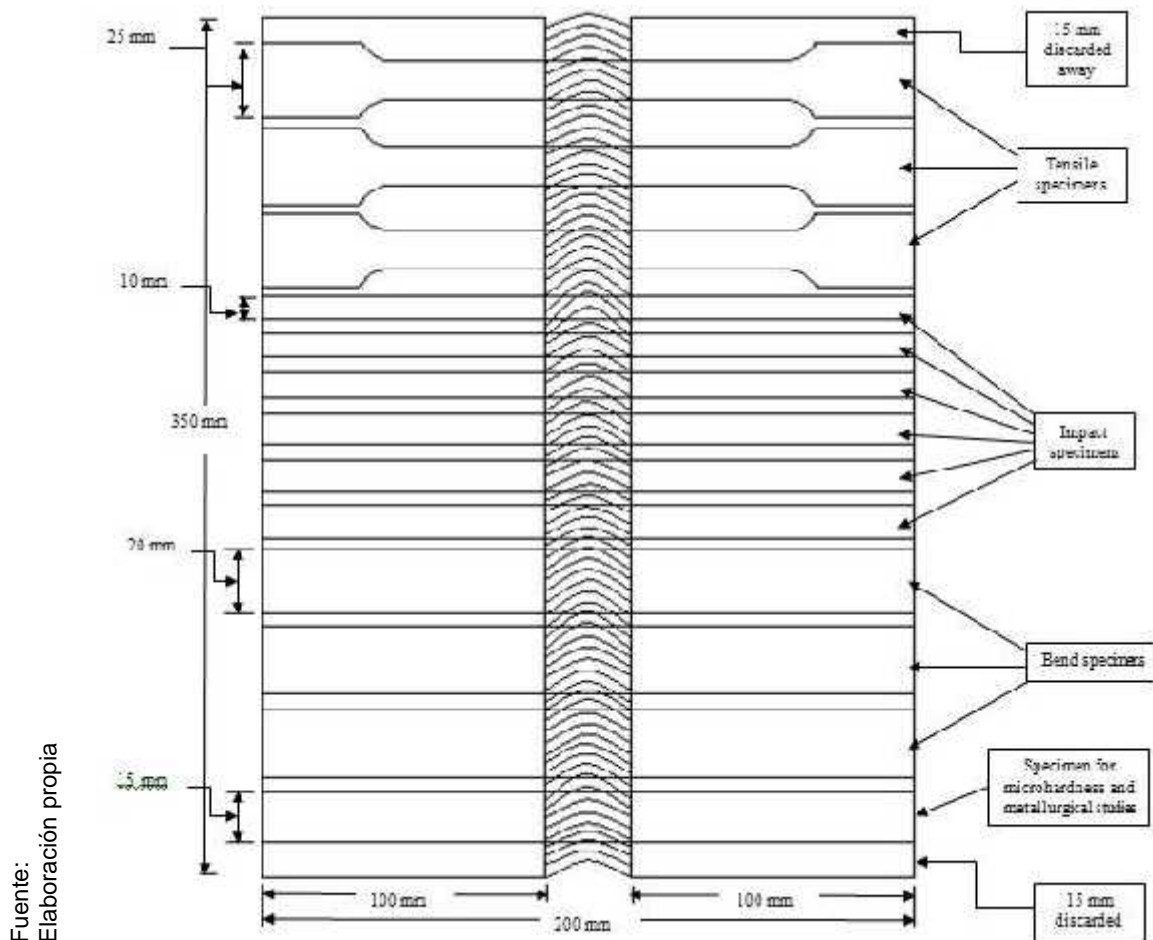


Diagrama esquemático que muestra el plan de muestreo de muestra de las placas soldadas a multipase.

C. Aplicaciones y utilidades de la soldadura SMAW

La soldadura SMAW ha sido reemplazada por otras de diferente tipo como son MIG, MAG, TIG, entre otras pero por su bajo costo, su facilidad de trabajo en zonas de difícil acceso lo hace aún una forma de trabajo muy atractiva para los entendidos en el tema (Pajuelo, 2009, p.160).

La construcción pesada, tal como en la industria naval, y la soldadura “en campo” se basan en gran medida en el proceso SMAW. Y aunque dicho proceso encuentra una amplia aplicación para soldar prácticamente todos los aceros y muchas de las aleaciones no

ferrosas, se utiliza principalmente para unir aceros, tales como aceros suaves de bajo carbono, aceros de baja aleación, aceros de alta resistencia, aceros templados y revenidos, aceros de alta aleación, aceros inoxidable y diversas fundiciones. El proceso SMAW también se utiliza para unir el níquel y sus aleaciones y, en menor grado, el cobre y sus aleaciones, aunque rara vez se utiliza para soldar aluminio (Pajuelo, 2009, p.166).

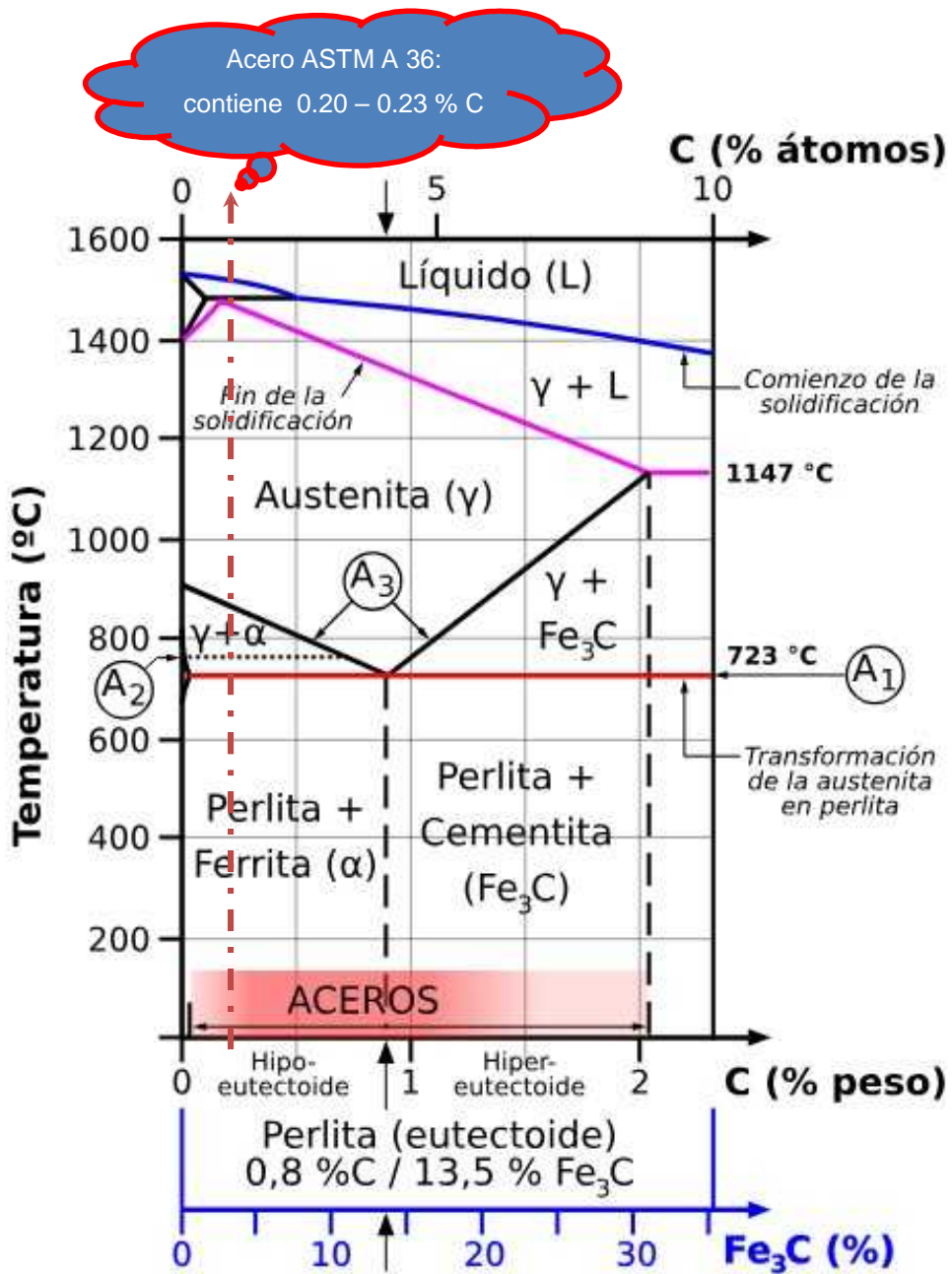
Ventajas: Es económica, es versátil y se puede usar en diferentes zonas y posiciones, entre otras (Pajuelo, 2009, p.171).

Desventajas: es de corto trabajo, debido a que el los electros se acaban rápidamente, los gases que generan son muy perjudiciales para la salud, así mismo dificultan la visibilidad para un adecuado control, entre otras (Pajuelo, 2009, p.172)

1.3.6. Evolución microestructural (micrografía) durante el proceso de soldadura de acero

La micrografía típica de una soldadura de acero muestra con un aumento de 10X inclusiones no metálicas, multipases, estructura granular, extensión de la ZAC (Zona Afectada por Calor), discontinuidades macroscópicas. Pero a ello lo beneficioso es que con una microestructura se podría obtener mayor información, de acuerdo a la terminología propuesta por Savage (2012) en la unión de piezas soldadas se puede ver claramente la presencia de ZAC, Zona totalmente fundida (ZTF), ZFM (Zona Fundida Mezclada), zona parcialmente fundida (ZPF) y la ZFNM (Zona Fundida No Mezclada)(p.10).

Figura 1.9



Fuente:
(Ramini, y otros, 2003)

Diagrama de equilibrio metaestable hierro-carbono con presencia de la zona eutectoide.

Algunos estudios en temas de soldadura existen diversas restricciones entre ZTF sin distinguir entre la ZFM y ZNFM y excluye a la ZPF que forma parte de la ZAC y que corresponde a aquella parte de metal base que no ha sido fundida, pero cuyas propiedades mecánicas y microestructurales han sido alteradas por el calor durante la soldadura. Podemos considerar que la ZAC está comprendida entre el borde de la ZTF y un punto donde no hay cambios detectables como producto de los ciclos térmicos asociados con la soldadura. De este modo la ZPF puede ser considerada como parte de la ZAC (Savage, 2012, p. 15).

La zona parcialmente fundida es posible se puede apreciar una licuación constitucional que considera condiciones fuera del equilibrio. Se sustenta que por los cortos tiempos asociados durante la soldadura y durante el calentamiento y enfriamiento, no permiten que operen los mecanismos difusivos. Por ello es posible que parte del grano sólido estén rodeados por ciertas zonas calientes generadas por líneas líquidas (Savage, 2012, p. 17).

Según Basu y otros (2014), el inicio de la solidificación u origen de las Estructuras Primarias requiere de núcleos sólidos en el seno del líquido, posteriormente han de crecer si las condiciones termodinámicas así lo permiten. El metal base sólido actúa como un sustrato sobre el cual puede ocurrir el crecimiento por una continua adición de átomos provenientes del líquido, este caso puede ser descrito como un caso externo de nucleación heterogénea, usualmente denominado nucleación epitaxial (p. 156).

El crecimiento del sólido se realiza por medio de un crecimiento epitaxial en donde los granos crecen con la misma orientación cristalina del metal base. El mecanismo de crecimiento epitaxial es común en todos los procesos de soldadura por fusión posibilitando la continuidad metálica entre el metal de soldadura y el metal base, en el crecimiento epitaxial tanto la orientación cristalina como el espaciado interatómico son continuos a través de la línea de fusión. En un metal base policristalino

el crecimiento epitaxial origina la perpetuación de los granos de metal base en el metal de soldadura logrando una perfecta coalescencia (Basú y otros, 2014, p. 187).

Este crecimiento competitivo tiene su origen en que cada cristal posee direcciones preferenciales de crecimiento. En soldadura multipasadas la característica epitaxial de la solidificación, está presente entre cada pasada. En este caso el metal de soldadura previamente solidificado provee de los granos parcialmente fundidos capaces de crecer epitaxialmente. En una nueva pasada el crecimiento puede realizarse en direcciones preferenciales alternativas de las pasadas previas. El efecto de las transformaciones de fase en el estado sólido puede enmascarar este mecanismo de crecimiento epitaxial al aparecer nuevos granos que eliminan la continuidad anteriormente mencionada. Una nueva pasada de soldadura posee una zona afectada por el calor que elimina la estructura primaria formada por la solidificación del primer cordón. Sin duda el resultado desde el punto de vista estructural es complicado toda vez que existen superposiciones de zonas solidificadas con zonas afectadas por el calor a lo largo del proceso (Basú y otros, 2014, p. 195).

Entre los factores que gobiernan la solidificación de un cordón soldado se destacan la velocidad de solidificación y el gradiente térmico delante de la interfaz sólido – líquido. La forma de la pileta líquida queda fijada por el cordón de soldadura y la velocidad con que ella se aplica. Estas condiciones establecen un equilibrio dinámico entre la capacidad de extraer calor del sistema en las direcciones perpendicular y paralela a la de avance del cordón. Si la velocidad de soldadura es lenta la forma de la pileta tiende a ser elíptica, mientras que para altas velocidades tiende a alargarse en forma de gota (Ramini, y otros, 2003, p. 56)

La velocidad de solidificación es la proyección de la velocidad de avance sobre la dirección perpendicular al frente líquido – sólido. Cuando comienza la solidificación parte de cero en la línea de fusión, debido a que una fuente de calor que se aleja se transforma de un frente de fusión

en uno de solidificación. La transición entre uno y otro frente corresponde a una velocidad de solidificación nula en la línea de fusión. Existe un límite para la velocidad de solidificación condicionado por la extracción de calor del sistema. Si la velocidad de solidificación máxima es mayor o igual a la velocidad de avance los granos se curvan en dirección paralela al eje del cordón y la pileta adquiere forma elíptica, en caso sea lo contrario la morfología tiende a cambiar adoptando la clásica forma de gotas (Ramini, y otros, 2003, p. 94)

Cuando solidifica una aleación multicomponente real puede ocurrir que los diferentes aleantes o impurezas que segregan en los canales inter dendríticos reaccionen químicamente entre sí, formando inclusiones no metálicas o micro porosidades, de esta forma los cristales que se originan durante la transformación líquido - sólido son heterogéneos químicamente y poseen inclusiones no metálicas y micro porosidades.

La micro segregación dentro de los cristales queda distribuida con una cierta periodicidad que es función del espaciado entre las ramas dendríticas existentes durante el crecimiento. Experimentalmente se ha comprobado que el espaciado dendrítico “ λ ” es:

$$\lambda = a \cdot t^n \dots\dots\dots (1)$$

Donde “ t ” es el intervalo de tiempo para que un pequeño volumen de metal pase entre las temperaturas de líquidos y sólidos de no equilibrio. “ a ” es una constante que depende de la aleación y “ n ” es función del tipo de espaciado considerando primario o secundario.

El espaciado dendrítico “ λ ” puede ser expresado también como una función de la velocidad local de enfriamiento, esta puede ser calculada en primera aproximación como el producto del gradiente térmico en el líquido delante de la interfaz líquido – sólido “ G_L ” por la velocidad de solidificación “ R ” resultando:

$$\lambda = b \cdot (G_L \cdot R)^n \dots\dots\dots (2)$$

Dicho de otra manera al aumentar la velocidad de enfriamiento “ $G_L \cdot R$ ” disminuyen las distancias ínter dendríticas, esto se verifica en soldadura de aceros comerciales. Muchas de las propiedades de las estructuras de solidificación de los aceros son dependientes del espaciado dendrítico. Generalmente los espaciados finos están asociados con las mejores propiedades mecánicas y adicionalmente requieren menores tiempos para lograr la homogenización de los cristales por medio de tratamientos térmicos. El espaciado final que se observa y mide en una probeta totalmente solidificada generalmente es mayor que el que se formó inicialmente. Este engrosamiento afecta la micro segregación resultante.

Dentro del metal de soldadura el espaciado dendrítico puede cambiar punto a punto dado que la velocidad local de enfriamiento “ $G_L \cdot R$ ” no es constante, por otro lado, el calor de aporte durante la soldadura condiciona el espaciado, resultando estructuras dendríticas gruesas cuando los valores de calor aportado específico son altos, tal como se observa en la siguiente ecuación:

$$= H / (K \cdot t \cdot v) \dots \dots \dots (3)$$

Directamente proporcional con el calor de aporte “ H ”, e inversamente con la conductividad térmica del material soldado “ K ”, espesor de material base “ t ” y velocidad de soldadura “ v ”. (6)

En el medio de soldabilidad y posterior solidificación existe una interacción con el ambiente incorporando gases. Las reacciones químicas que se producen entre estos elementos y los originalmente presentes en el baño originan desperfectos denominadas inclusiones primarias o Exógenos por producirse en forma independiente de la solidificación entre ellos tenemos los productos de la desoxidación como SiO_2 y Al_2O_3 también son comunes las combinaciones de múltiples compuestos que están en el acero como son $MnSiO_3$. La termodinámica de la desoxidación producida por reacción metal –escoria y metal- gas han sido intensamente estudiados

Por otra parte también se forman nuevas fases en el espaciado inter dendrítico a partir del líquido enriquecido en soluto, cuando se dan las opciones cinéticas - termodinámicas para promover la reacción de algunos elementos presentes al encontrarse segregados durante la solidificación pudiendo exceder los valores de equilibrio permitiendo la formación de nuevas fases, óxido o sulfuros. Estas inclusiones formadas durante la solidificación son llamadas endógenas o secundarias, como ejemplo Oxígeno y Azufre en solución son elementos que pueden reaccionar con otros cuando las concentraciones son altas en el espaciado inter dendrítico.

El enfriamiento rápido de una aleación mejora sustancialmente las propiedades mecánicas, toda vez que disminuye el espaciado dendrítico y por consiguiente el tamaño promedio de las inclusiones. Cabe señalar que la fractura dúctil está controlada por la presencia de inclusiones no metálicas

Las porosidades son cavidades que quedan atrapadas en la soldadura causadas por la evolución de gases disueltos durante la solidificación. Los principales gases disueltos que originan este fenómeno son el oxígeno, hidrógeno y nitrógeno, los tres son solubles en el acero fundido en cantidades relativamente grandes, mucho mayor que en el acero sólido. Por efecto de la agitación del baño líquido escapan a la atmósfera una gran cantidad de gases en forma de burbujas, de toda forma, quedan poros causados tanto por la presencia directa de gases diatómicos H_2 , O_2 , N_2 , como por el producto de reacciones químicas que pueden ocurrir dentro del baño: CO , H_2O , SO_2 , la causa de algunos tipos de porosidades también están relacionadas con la falta de llenado de los rechupes.

Las porosidades pueden estar localizadas en unidades microscópicas o estar dispersas entre ramas dendríticas y en borde de grano primario como micro porosidades. Es importante las diferentes formas, tamaños y distribución que caracteriza a estas cavidades. Algunos autores

denominan micro porosidades a aquellas cavidades menores de 0.25 mm y macro porosidades a las que superan dicho tamaño. Las macro porosidades pueden ser tanto esféricas como alargadas o elongadas, estas últimas orientadas según la forma de la pileta líquida. Las esféricas pueden estar agrupadas en distintas regiones asociadas con la línea central.

Las variables operativas que afectan la presencia de poros son: composición y flujo de los gases protectores, impurezas y contenido de humedad, limpieza de metal base y de aporte (eliminación de grasas y pinturas) velocidad de soldadura, corriente y amperaje. Una porosidad fina y dispersa no reduce generalmente la resistencia estática o a la fatiga pero una porosidad densa o poros grandes pueden reducir considerablemente la resistencia actuando como concentradores de tensión. La porosidad excesiva debe removerse y la junta debe ser soldada nuevamente. En general la porosidad reduce más la ductilidad y la fatiga que la fluencia y bajo cargas estáticas al aumentar el número de porosidades disminuye la resistencia mecánica

Los productos resultantes de la transformación en estado sólido son básicamente ferrita, cementita, martensita, austenita retenida y precipitados (carburos, nitruros). Como resultado de la acción de los diferentes mecanismos de transformación estas fases adoptan una serie de morfologías que pueden clasificarse como: Ferrita en borde de grano, Placas laterales de ferrita, Ferrita con M-A-C alineados, Ferrita poligonal, Ferrita acicular, Perlita, Martensita y Precipitados.

Se analizarán a continuación los mecanismos que originan cada uno de estos elementos estructurales.

A. Ferrita en borde de grano

Estos cristales de ferrita nuclean y crecen preferencialmente a lo largo de los bordes de grano austenítico. Estos son los primeros cristales de ferrita formados. Crecen generalmente desde los bordes

de grano hacia ambos granos de austenita con interfaz ligeramente curvada. El crecimiento requiere de la difusión de carbono hacia la austenita sobre distancias grandes. Dentro de los granos Ferríticos formados pueden existir bordes de subgranos formados por dislocaciones, debido a cambios de volumen durante la transformación, esta subestructura de los granos ferríticos pueden favorecer la precipitación localizada.

La ferrita tiene un tamaño de grano grande en el borde de grano, en términos relativos, teniendo poca resistencia al clivaje, También pueden observarse entre estos granos perlita e impurezas segregadas que reducen la resistencia a la fractura. Este elemento estructural no es conveniente en el metal de soldadura de aceros por sus pobres propiedades mecánicas.

B. Placas laterales de ferrita

La morfología de la ferrita del tipo de placas o agujas, que crecen tanto a partir de los bordes de grano como desde la ferrita en borde de grano, puede ser explicada en algunos aspectos del mismo modo que el crecimiento dendrítico durante la solidificación. Durante el crecimiento, las puntas de las placas de ferrita avanzan a una velocidad determinada por la difusión de carbono hacia la austenita. Esta velocidad es bastante rápida debido a que el carbono puede difundir desde la punta de la placa en muchas direcciones. La baja movilidad lateral de las interfaces ferrita - austenita indica que el crecimiento lateral de las placas no está controlado por difusión. Por lo tanto una posible perturbación en las caras laterales no genera placas transversales. El mecanismo de crecimiento involucra transformaciones de corte y difusión de largo alcance. El componente de corte lleva a mantener una correspondencia entre las redes de ambas fases y la difusión provoca la diferencia de

composición. Al tener forma de placas, la energía de deformación producida por el cambio de volumen es mínima.

Las placas laterales de ferrita suelen denominarse ferrita Widmanstätten. Como existe cierta confusión respecto de la utilización de esta terminología, es conveniente aclarar el sentido que se le da a esta denominación. Se reserva el término Widmanstätten para caracterizar a todo evento de precipitación en que las estructuras cristalinas tanto del producto como de la fase original mantienen una relación de orientación definida. Basándose en esta definición es posible observar que algunas estructuras la cumplen, tales como las placas laterales de ferrita y la bainita superior. En estas estructuras la precipitación de ferrita involucra una reacción de corte acompañada por la difusión de carbono hacia la austenita. Ambas estructuras se diferencian en que en el caso de las placas laterales de ferrita la austenita enriquecida en carbono se transforma en perlita, mientras que las placas de ferrita de la bainita superior están separadas por carburos. Por otra parte en aleaciones envejecibles se suele denominar Widmanstätten a muchos de los precipitados presentes, así como en algunos casos de martensita revenida donde la cementita aparece precipitada según el clásico modo Widmanstätten. En ese contexto resulta confuso denominar ferrita Widmanstätten exclusivamente a las placas laterales de ferrita utilizando simultáneamente el término para definir una estructura y caracterizar un modo de precipitación.

Los espacios de austenita entre las placas de ferrita se enriquecen de carbono durante el crecimiento y dan origen a zonas de perlita. Esta estructura es más pronunciada con grandes granos de austenita y altas velocidades de enfriamiento. Con granos finos de austenita y bajas velocidades de enfriamiento solo se forman agujas aisladas de ferrita en medio de una estructura poligonal de ferrita – perlita. Un incremento de la velocidad de enfriamiento aumenta la

proporción de placas. Si la transformación no se completa en el campo perlítico continúa en el bainítico, la austenita remanente puede originar martensita.

Las placas laterales de ferrita forman monocristales con una densidad baja de dislocaciones que están distribuidas al azar. Esta es una diferencia notable con la ferrita que aparece en las fases intermedias. Además hay evidencias de que las interfaces son de baja energía. Estas características y su tamaño de grano relativamente grande hacen que las propiedades mecánicas no sean las deseables en el metal de soldadura.

C. Ferrita con M-A-C (martensita, austenita retenida y carburos) alineados

Numerosos aceros exhiben estructuras intermedias diferentes de las clásicas formadas por ferrita más carburos - bainitas. Estas consisten en ferrita con una alta densidad de dislocaciones y partículas de austenita - martensita (M-A) que puede estar parcialmente descompuesta en ferrita y carburos. Estas estructuras están mejor definidas en materiales enfriados en forma continua como en soldadura, que en los productos de una transformación isotérmica.

Pueden identificarse tres tipos de estructuras intermedias que se producen en el rango comprendido entre las transformaciones ferrítico – perlítica y las martensíticas:

C.1. Estructuras formadas por ferrita más carburos

Estas estructuras se denominan bainíticas. La bainita es un constituyente de los aceros que se forma por descomposición de

austenita dentro de un rango de temperaturas localizado entre el campo de la formación de ferrita y perlita y el de formación de martensita. Este constituyente consiste en un agregado de ferrita acicular y carburos. Su morfología cambia progresivamente con la temperatura de transformación de manera que el tamaño de partículas disminuye y la acicularidad de la estructura aumenta cuando disminuye la temperatura. El campo de cambio bainítico generalmente se divide en dos partes de acuerdo con los aspectos estructurales del producto. En muchos aceros la transición entre los dos tipos de estructura está alrededor de los 350 °C. Como primera aproximación esta temperatura no depende fuertemente de la composición.

La estructura que se forma por encima de los 350 °C se denomina bainita superior, está compuesta de grandes placas de ferrita bordeadas por precipitados de carburos (Fe_3C) formados directamente desde la austenita

La bainita inferior que se obtiene por debajo de los 350 °C está formada por carburos precipitados a partir de la ferrita sobresaturada en carbono. En general las puntas de las placas ferríticas aparecen libres de carburos. Los bordes laterales de las placas, generalmente planos, están en contacto con los carburos.

C.2. Estructuras aciculares libres de carburos

Dentro del campo de las transformaciones intermedias de aceros de bajo carbono así como en el de los aceros estructurales de baja aleación con 0,2 %C Pueden identificarse estructuras diferentes de la discutidas. En materiales enfriados en forma continua se revela una microestructura en placas que generalmente crecen lado a lado desde el borde de grano

austenítico. Puede destacarse ocasionalmente partículas casi no atacadas, como bandas o nódulos alineados, que separan las placas de ferrita.

C.3. Estructuras intermedias granulares o masivas

Están formadas por un agregado de ferrita y partículas las de austenita-martensita. El tamaño y forma de la ferrita sugiere un origen debido a una transformación masiva. Los términos masivos y granular se utilizan para caracterizar a estas estructuras que consisten en placas gruesas o tienen un aspecto casi regular. Habraken designa a estas estructuras intermedias con el nombre de bainitas globulares, puntualizando que la estructura masiva es similar a la martensita definida por Owen y Wilson.

En estas estructuras intermedias los bordes de grano austeníticos están casi siempre visibles y delineados por partículas elongadas de forma irregular ligeramente atacados. En un grano austenítico primario las partículas dan la impresión de estar orientadas a lo largo de los planos principales (111) de la austenita. También puede aparecer en el interior de granos de ferrita bainítica.

La naturaleza bifásica de las partículas ha sido confirmada por rayos x, destacándose que la martensita – austenita aparecen en distintas proporciones, también se ha determinado que corresponden a una red fcc. Las agujas de martensita pueden tener precipitados de Fe_3C o maclas. Algunas aparecen como martensita autorevenida. La ferrita contiene una alta densidad de dislocaciones alrededor de las partículas de martensita – austenita, M –A.

Aunque numerosos autores han reportado la presencia de M – A en las estructuras intermedias, Habraken y economopoulos establecieron la importancia de la velocidad de enfriamiento continuo sobre la formación de estas partículas. Existen contradicciones respecto del efecto de dicha velocidad sobre la aparición de M-A, determinándose que un aumento de calor aportado tiende a reemplazar las partículas de M-A por carburos.

D. Ferrita Poligonal

Si el diámetro de los granos austeníticos es suficientemente grande respecto de los cristales de ferrita que crecen desde el borde de grano, el carbono reyectado no podrá alcanzar por difusión el centro de los granos. Aun cuando la velocidad de nucleación sea menor en el interior de los granos, debido al suficiente tiempo disponible pueden formarse algunos núcleos. Estos pueden ser de dos tipos: ferrita poligonal o acicular, Los primeros, también denominados ferrita en bloques o idiomórfica son los menos frecuentes debido a que las bajas temperaturas favorecen el crecimiento de placas o agujas, ya que la gran energía libre disponible para crear la interfaz austenita - ferrita y las cortas distancias requeridas bajo estas condiciones corresponden a esta última morfología de crecimiento.

E. Ferrita Acicular

Esta denominación corresponde al tipo más frecuente de ferrita precipitada en el centro del grano. Una alta velocidad de nucleación significa que se generan muchas partículas de ferrita por unidad de volumen. El mecanismo de crecimiento puede ser similar al que originan las placas laterales. La ferrita acicular se caracteriza por su fino tamaño de grano, alta densidad de dislocaciones y bordes de

grano de alto ángulo. El comportamiento mecánico de esta estructura resulta el más conveniente por el excelente balance entre la resistencia a la tracción y al impacto.

F. Perlita

Durante el crecimiento de la ferrita en borde de grano se reyecta carbono que enriquece la austenita. Después que la temperatura ha descendido por debajo de la temperatura eutectoide del diagrama Fe-Fe₃C, el carbono contenido en la austenita delante de la ferrita es tan alto que nuclea carburos. Los carburos y la ferrita crecen juntos en la austenita remanente como perlita. Las fases producto de la reacción eutectoide forman colonias caracterizadas por la dirección de las láminas de cementita y la orientación de la matriz ferrítica. Esta transformación es controlada por difusión. Por tratamientos subcríticos pueden globulizar los carburos para disminuir la energía superficial. Se la considera una estructura perjudicial para las propiedades de impacto. El tamaño de las colonias es importante para el impacto en el mismo sentido que el tamaño de grano ferrítico.

G. Martensita

Martensita es un término genérico utilizado para denominar a las estructuras formadas por una transformación de fases sin difusión. La fase original y la fase producto tienen una relación cristalográfica definida. El movimiento de átomos es cooperativo y causa un cambio en la forma de la región transformada. La definición de transformación martensítica cubre un amplio rango de formas resultantes, subestructuras y estructuras cristalinas. En aceros está asociada al templeado de la austenita. Un rápido enfriamiento es necesario para impedir que se descomponga la austenita por difusión. La temperatura a la cual comienza la transformación se denomina M_s y

M_f a la temperatura en que concluye. En aceros de baja aleación esta temperatura está en el rango de los 500 a los 200 °C, disminuyendo a medida que el carbono o contenido de aleantes aumenta. Es posible determinar estas temperaturas en función de la composición química.

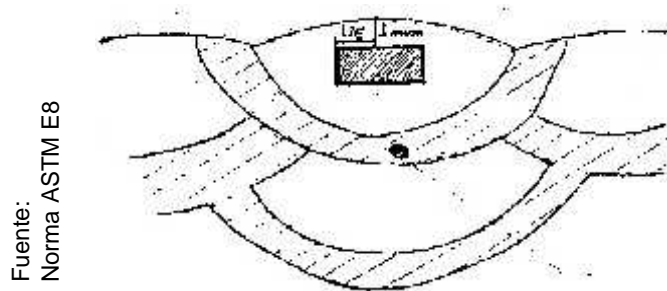
H. Precipitados

Los precipitados se originan por un tipo de transformación en la cual una solución sólida, al resultar inestable por sobresaturación, se descompone parcialmente, pero no completamente en otra lográndose el equilibrio. La microestructura consiste en la fase matriz generalmente con composición parámetro de red similar a los de la matriz original, más una nueva fase pueden formarse preferencialmente en imperfecciones tales como inclusiones, bordes de grano, bordes de célula, planos de deslizamiento y dislocaciones. Las deformaciones provenientes de la interacción mecánica entre la matriz y el precipitado pueden causar micro deformaciones plásticas en ambas fases la forma de los precipitados está influenciada por tres factores: la energía superficial que favorece la formación de esferas, la energía de deformación que favorece las placas y la difusión que promueve la forma dendrítica. Los cambios más importantes de las propiedades mecánicas de las aleaciones endurecibles por precipitación generalmente ocurren antes de que los efectos micro estructurales sean visibles al microscopio óptico.

La Estructura del Metal de Soldadura por el Instituto Internacional de soldadura (IIW) ha realizado un trabajo sistemático para cuantificar las microestructuras del metal soldadura. Por una parte, ha tratado de colaborar en la comprensión de las diferentes descripciones dadas por diversos autores y por otro lado en ayudar a medir aquellos factores microestructurales que

tienen una importante influencia en el metal y en sus propiedades mecánicas. El Doc. IIW 389-76 brinda una serie de instrucciones utilizadas en el Welding Institute con el objeto de caracterizar el metal de la soldadura. Esta técnica involucra la determinación del tipo de microestructura presente en cada punto de un arreglo sobre la superficie pulida y atacada de una sección de un cordón de soldadura. Se define la zona donde debe realizarse la medición, Fig. 1.10 recomendándose la utilización de un contador automático de puntos. También se recomienda la medición del tamaño de grano en la zona recristalizada de una soldadura multipasada y la medición de los porcentajes relativos de zona columnar y zona recristalizada.

Figura 1.10.



Zona donde debe realizarse la medición.

La cuantificación de la estructura de los elementos estructurales descritos a través de parámetros estructurales tales como: Tamaño de grano austenítico (técnicas de intercepción lineal. 500X), Porcentajes de oxígeno, Forma, tamaño y distribución de inclusiones y precipitados, Porcentajes relativos de fases presentes dentro de la zona columnar (% ferrita en borde de grano, % ferrita con M-A-C, % ferrita acicular, etc.), Porcentajes relativos de zona columnar versus zona afectada por el calor producida entre pasadas sucesivas.

1.4. Formulación del problema

¿Es posible determinar mediante un estudio experimental el efecto que tiene los pases múltiples de soldadura sobre la resistencia a la tracción en en soldadura del acero ASTM A36 mediante el proceso SMAW?

1.5. Justificación del estudio

Técnica: La presente investigación generará datos técnicos de pases múltiples de soldadura SMAW sobre resistencia a tracción para el acero ASTM A36 los cuales pueden ser usados por otros investigadores.

Económica: Con un adecuado trabajo y control de piezas soldadas con multipases conllevará a poder realizar un método que realmente sea eficiente, optimizando tiempos de trabajo, reúsos de soldadura y es más empleando una de las soldaduras más económicas como es la SMAW, en comparación a otras que son mas costosas

Social: Propiciar en la sociedad la cultura de trabajo seguro, eficiente y de fácil empleo de la soldadura SMAW de acero ASTM A36, el cual les pueda servir de guía para un adecuado manejo y control.

Legal: La adecuada soldadura del acero ASTM A36 hará que el material no falle, generando un aspecto técnico – económico apropiado, lo cual permitirá a los empresarios poder incursionar en otros temas de mejora en su empresa como el tema medioambiental, mejora continua, entre otras que les permita recibir beneficios legales por adecuados cumplimientos de trabajo..

1.6. Hipótesis

El incremento de los pases de soldadura SMAW incrementará la resistencia a la tracción de uniones soldadas en acero ASTM A36.

1.7. Objetivos

1.7.1. Objetivo General

Evaluar el efecto de soldadura SMAW de pasos múltiples sobre la resistencia a la tracción en uniones soldadas en acero ASTM A36.

1.7.2. Objetivos específicos

- 1.7.2.1. Determinar un buen proceso de soldadura de múltiples pases adecuados a la soldadura SMAW para obtener uniones de acero ASTM A36 con una óptima resistencia a la tracción.
- 1.7.2.2. Evaluar la microestructura en la unión soldada con distintas pasadas de soldadura para el proceso de soldadura SMAW, en la unión del acero ASTM A36
- 1.7.2.3. Determinar esfuerzo de deformación de las placas soldadas de acero ASTM A36 ensayadas por tracción, construyendo gráficas.
- 1.7.2.4. Realizar un análisis de varianza para verificación de la significancia de los datos obtenidos de manera experimental ayudados por el software SPSS

II. MÉTODO

2.1. Diseño de investigación

2.1.1. Según el propósito: Aplicada

Por qué se aplicó los conocimientos adquiridos para dar solución a una problemática como es realizar una adecuada soldadura a un acero ASTM A36 muy utilizado en diversos equipos metalmecánicos (Hernández, 2006, p. 152)

2.1.2. Según el diseño de investigación: Experimental

Porque se manipuló la variable independiente de trabajo (Pasos múltiples de soldadura SMAW) para analizar las consecuencias sobre la variable dependiente que fue la resistencia a la tracción (Hernández, Fernández y Baptista, 2006, p. 152).

2.2. Variables, Operacionalización

2.2.1. Variable independiente

Pases múltiples de soldadura SMAW

2.2.2. Variable dependiente

Resistencia a la tracción de uniones

2.2.3. Operacionalización de variables

Cuadro 2.1.

Operacionalización de variables

Variab les	Definición Conceptual	Definición Operacional	Indicadores	Escala de Medición
Independiente: Pases múltiples de soldadura SMAW	Cantidad de líneas o cordones de soldadura aplicadas a una determinada pieza metálica (Smith, 2010, p. 36).	Cantidad de pasadas de soldadura SMAW necesaria para realizar y fundir de manera adecuada el material de aporte sin causar deterioro de la pieza.	Número de pasadas	Razón
Dependiente: Resistencia a la tracción de uniones	Carga de rotura por tracción, el cual es el esfuerzo máximo que una pieza puede soportar hasta que la misma falle viéndose reflejado la falla en forma de rotura (Askeland, 2016, p. 79).	Resistencia que opone la probeta de Acero ASTM A 36 hasta su rotura. Consiste en someter a una probeta a un esfuerzo axial de tracción hasta que se produzca la rotura de la misma	<ul style="list-style-type: none"> ↗ Fuerza ↗ Área ↗ Deformación ↗ Límite de fluencia. ↗ Carga de rotura 	Razón

Fuente: Elaboración propia

2.3. Población y muestra

2.3.1. Población

Según Hernández, Fernández & Baptista (2006), población es un conjunto de elementos que concuerdan con tener las mismas características (p. 238).

Para el presente proyecto de investigación, la población comprendió a las uniones en placas de acero ASTM A36.

2.3.2. Muestra

Según Hernández, Fernández & Baptista (2006), muestra es una parte de la población que deberá tener ciertas características como representatividad (p. 236).

La muestra estuvo conformada por tres uniones soldadas de acero ASTM A36, con tres uniones para cada número de pasadas de soldadura, realizando pruebas de resistencia a la tracción.

Según Ñaupas, Mejía, Novoa & Villagómez (2011), en este estudio el tipo de muestreo que se empleará será No Probabilístico en la cual no intervendrá el azar ni la aleatoriedad. (p. 238).

Cuadro 2.2

Niveles de la variable independiente

	Pases múltiples (número de pasadas)		
	1	2	3
Resistencia a la tracción (MPa)	A11	A21	A31
	A12	A22	A32
	A13	A23	A33

Fuente: elaboración propia

Ensayo de resistencia a la tracción:

Nº total de pruebas = (Nº de matriz) x (Nº de réplicas) + 1 control

Nº total de pruebas = (3) x (3) + 1 = 10 pruebas.

2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

2.4.1. Técnica

Según Hernández et. al. (2006) “Una técnica de recolección de datos es el conjunto de procedimientos, mecanismos que nos llevan a reunir datos con un fin específico” (p. 226).

Las técnicas de recolección de datos empleados en el presente estudio fueron la observación y las encuestas.

Observación: se examinó de forma directa el fenómeno de estudio tal como se presenta, recopilando datos de forma consecuente. Se hizo una visita de campo a las diversas empresas dedicadas al rubro de la soldadura para observar la problemática existente, a través de fotos y videos. Utilizando como instrumento la tecnología (cámara fotográfica y de video)

Encuestas: En su modalidad de encuesta dirigida a los trabajadores de las empresas dedicadas al rubro de la soldadura, donde se utilizó como instrumento un formato diseñado e impreso,

2.4.2. Instrumento

Se emplearan los siguientes instrumentos: Hoja de encuesta y ficha de observación

↗ **Validez:** Lo proporcionará un especialista en el área de soldadura SMAW.

↗ **Confiabilidad:** Lo proporcionarán la bibliografía debidamente referenciada, así como el juicio de expertos.

2.5. Métodos de análisis de datos

Para analizar los datos cuantitativos, se realizó un análisis de varianza tal cual se puede visualizar en el siguiente cuadro:

Cuadro 2.3.

Cuadro resumen del análisis de varianza para la resistencia a la tracción

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Media de Cuadrados	F _o	F _{α, v1, v2}
Tratamiento A (Resistencia a la tracción, MPa)	K – 1	SS _A	MS _A	$\frac{MS_A}{MS_B}$	De tabla
Error	N – K	SS _E	MS _E		
Total	N – 1	SS _T			

Fuente: Elaboración propia

Donde:

$$SS_T = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^n y_{ij}^2 - \frac{(\sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^n y_{ij})^2}{N}$$

$$SS_A = \sum_{i=1}^k \frac{y_i^2}{n} - \frac{(\sum_{i=1}^k y_i)^2}{N}$$

$$SS_T = SS_A + SS_E$$

$$= 0.05$$

$$V_1 = k-1$$

$$V_2 = N-k$$

2.6. Aspectos éticos

Dentro de los aspectos éticos se tuvo en cuenta lo siguiente:

Confidencialidad: Los datos proporcionados en la presente investigación fueron tomados en laboratorios y/o lugares en donde las personas encargadas fueron, algunas de ellas un poco celosas con su información de sus equipos y métodos de trabajo. En la presente investigación se mantuvo la confidencialidad de ello a pedido de los encargados de ciertos laboratorios.

Derechos de autor: Toda la información proporcionada en la presente investigación se reserva al derecho de autoría, es decir no se podrá reproducir sin la debida autorización del ejecutor de la presente tesis.

Citaciones: Cada una de las partes de la presente tesis fue realizada teniendo en cuenta la normativa que emplea la Universidad Privada César Vallejo, la cual fue la norma ISO 690.

Respeto: Se mantuvo el respeto y la tolerancia al momento de realizar los estudios técnicos con las personas encargadas de brindarnos algunos servicios.

3.RESULTADOS

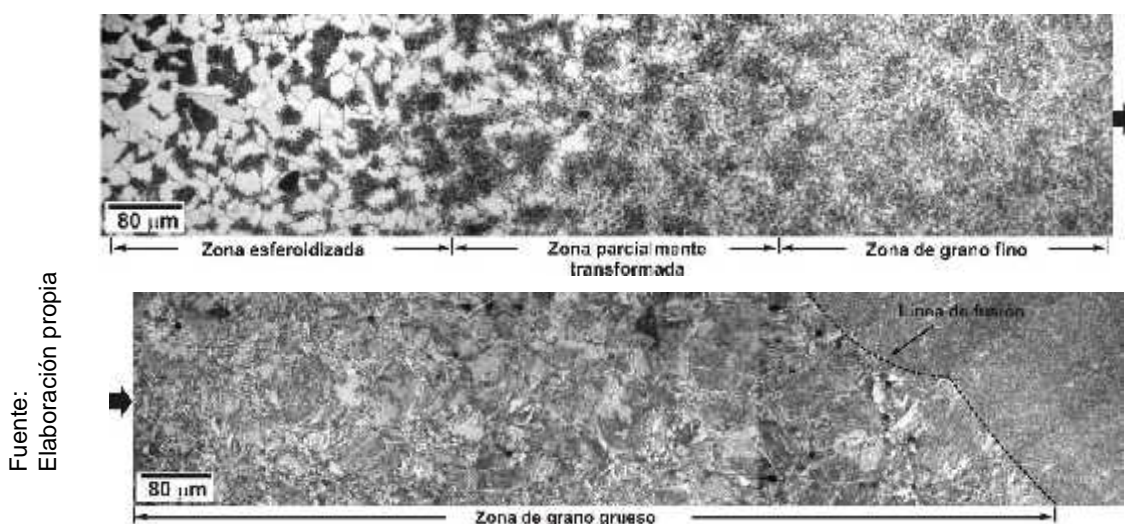
3.1. Determinación del proceso adecuado de soldadura SMAW de múltiples pases para obtener uniones de acero ASTM A36

Los pasos a emplear fueron las siguientes: cebado del arco, trazado del cordón de soldadura, determinar adecuadamente la longitud del arco, realizar las multipases retirando la escoria y depositando la nueva pasada. Realizar el avance del electrodo en forma uniforme. Así mismo, Se tomaron medidas de seguridad y protección personal para un correcto proceso de soldadura. Para mejor entendimiento ver anexos.

3.2. Evaluación de la microestructura en la unión soldada con distintas pasadas de soldadura del acero ASTM A36

En el proceso de soldadura de multipases experimenta una serie de transformaciones de calor en donde en la pieza ensayada se puede apreciar múltiples zonas como son la ZAC (Zona Afectada por el Calor). Cerca de la zona ZAC se aprecian otras zonas como son la ZFC (Zona de Fusión Calentada) la cual se encuentra adyacente a la ZAC. La zona distante a la ZAC proporciona diferentes tipos de grano pasando desde un grano fino, transformado y esferoidal, tal como se muestra en la siguiente figura 3.1.

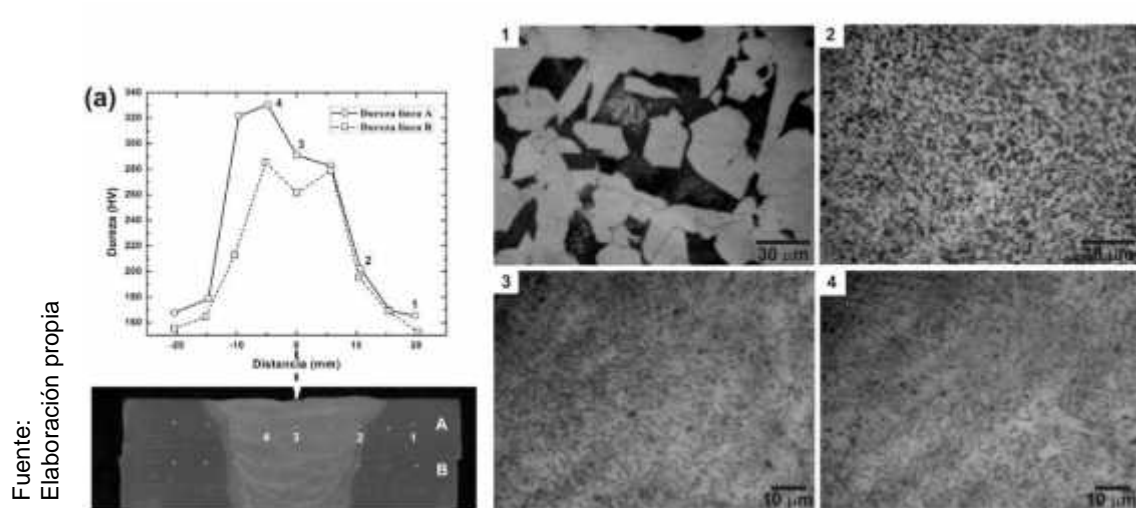
Figura 3.1.



Microestructura de la ZAC del Acero ASTM A36 con soldadura de tipo SMAW

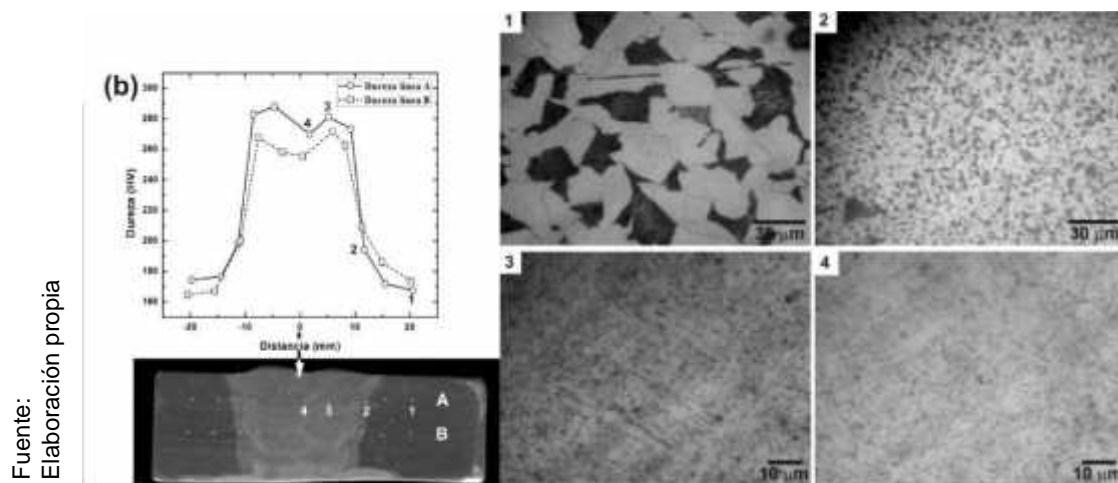
En la figura 3.2, 3.3 y 3.4 se pueden apreciar las microestructuras de las diferentes juntas soldadas del acero ASTM A 36.

Figura 3.2.



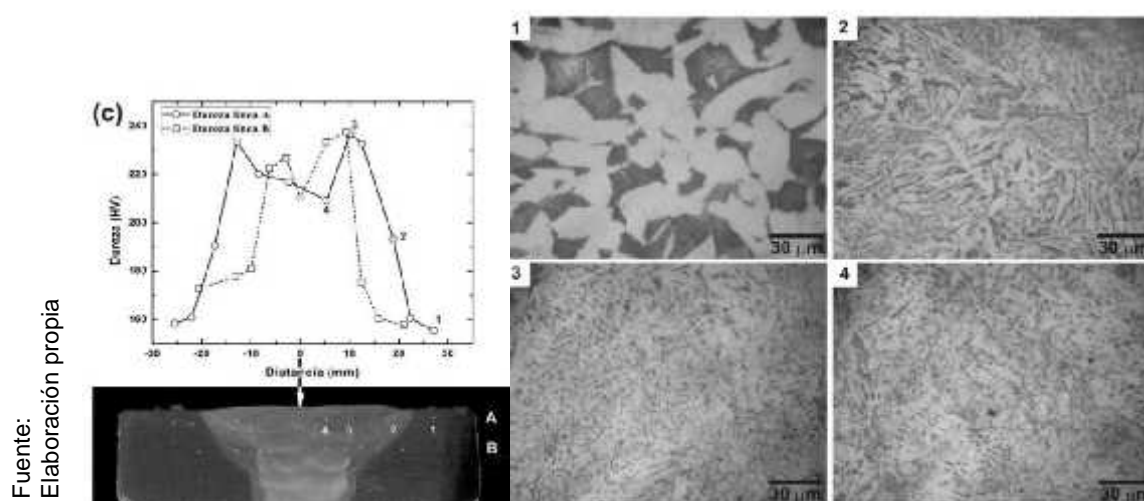
Variación microestructural del acero ASTM con una pasada de soldadura

Figura 3.3.



Variación microestructural del acero ASTM con dos pasada de soldadura.

Figura 3.4.



Variación microestructural del acero ASTM con tres pasadas de soldadura

3.3. Determinación del esfuerzo y deformación de las placas soldadas de acero ASTM A36 ensayadas por tracción, construyendo gráficas

Los datos obtenidos se aprecian en el siguiente cuadro.

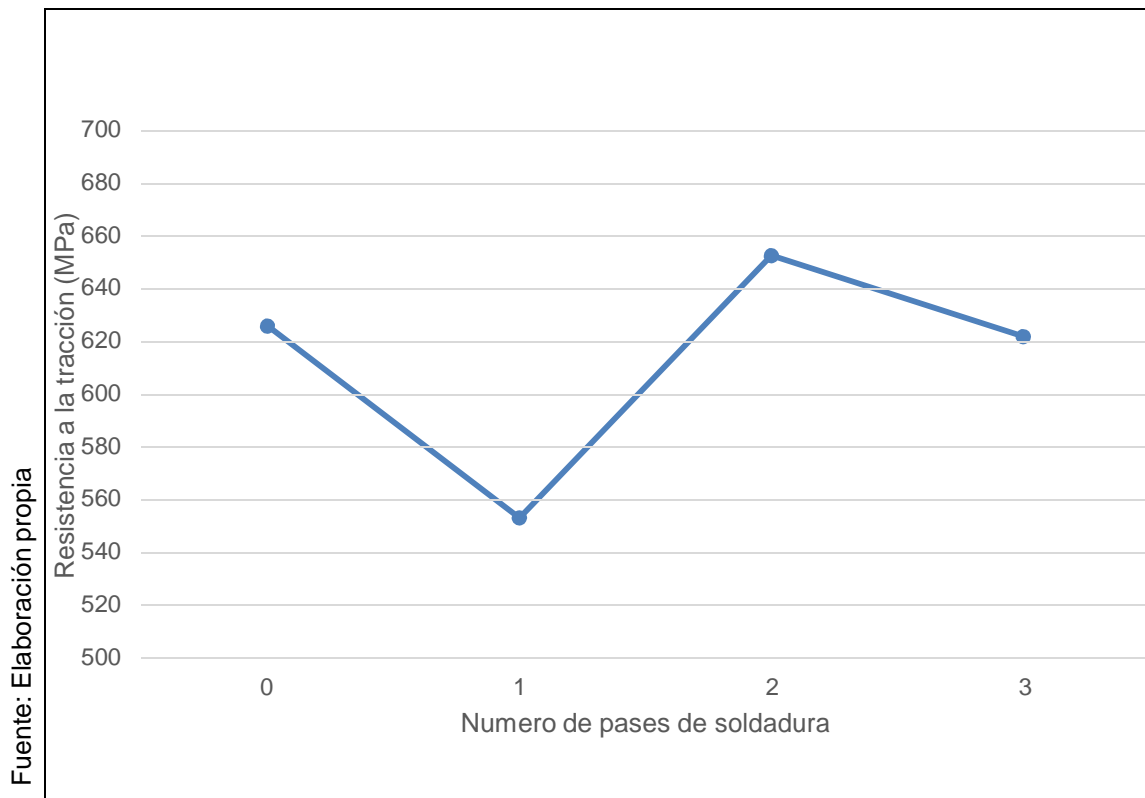
Cuadro 3.1.

Comportamiento de las placas de acero ASTM A 36 después de ser sometido a ensayo de tracción.

	Metal base	Multipase (número de pasadas)		
		1	2	3
Resistencia a la tracción (MPa)	626	556	651	622
		551	655	620
		553	652	624
Promedio		553.3	652.7	622.0

Fuente: elaboración propia

Figura 3.5.



Representación del comportamiento de las placas de acero ASTM A 36 después de ser sometido a ensayo de tracción

Interpretación:

A medida que aumenta el número de pasadas de soldadura, la resistencia a la tracción también aumenta, esto hasta 2 pasadas, ya que a 3 pasadas el comportamiento es opuesto, es decir la probeta se fractura más rápidamente, es decir baja su resistencia a la tracción. El número de pasadas que generó mayor resistencia fue de 2 pasadas con 622 MPa de resistencia a la tracción

Para mejor entendimiento ver anexo

3.4. Validación de la hipótesis mediante la influencia significativa de las variables mediante un análisis estadístico de varianza

Cuadro 3.2.

Cuadro resumen del análisis de varianza de la resistencia a la tracción en uniones de acero ASTM A 36 arrojado con el software SPSS

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Media de Cuadrados	Fo	Sig	F _{0.05,2,6}
Entre grupos	2	15522.667	7761.333	1587.545	0.000	5.14
Dentro de grupos	6	29.333	4.889			
Total	8	15552.000				

Fuente: Elaboración propia

Para un $\alpha = 95\%$ (nivel de significancia), se observa que experimentalmente para los datos afectado por la soldadura de pasos múltiples, el $F_0 = 1587.545$ es mayor a $F_{\alpha, v_1, v_2} = F_{0.05, 2, 6} = 5.14$, obteniendo de manera tabular, afirmando de este modo la hipótesis alterna. Esto significa que a medida que aumenta el número de pasadas de soldadura si producirá un aumento de la resistencia al tracción en uniones de acero ASTM A36. Esto lo corrobora también el P-valor o valor de la significancia = sig. = $0.000 < 0.05$, aceptándose la hipótesis alterna (H_1). Así mismo, se aprecia que existe diferencia significativa entre las medias de cada uno de los tratamientos. Para mejor entendimiento de ello se realiza una prueba Post Hoc, ayudados para ello con el software SPSS, donde hay diferencias significativa entre 1, 2 y 3 pasadas porque todos los valores del subconjunto para $\alpha = 0.05$ se encuentran en diferentes columnas demostrándose también la diferencia significativa ente ellos. Para mejor entendimiento ver anexo V

IV. DISCUSIÓN

- 4.1. Con la determinación de un buen proceso de soldadura SMAW de múltiples pases se logra obtener uniones de acero ASTM A36 con una óptima resistencia a la tracción, encontrándose valores desde 553.5 MPa hasta 652 MPa, dependiendo del número de pases de soldadura. Ello es corroborado por Pajuelo (2018), el cual en su investigación manifiesta que con el empleo de métodos apropiados de trabajo en la soldadura permite que se acorten tiempos de trabajo y sea más beneficioso los trabajos de soldabilidad.

- 4.2. Se concluye manifestando que se evaluaron la microestructura de las uniones soldadas con distintas pasadas de soldadura para el proceso SMAW en las uniones del acero ASTM A 36, encontrándose una serie de transformaciones de calor en donde en la pieza ensayada se puede apreciar múltiples zonas como son la ZAC (Zona Afectada por el Calor). Cerca de la zona ZAC se aprecian otras zonas como son la ZFC (Zona de Fusión Calentada) la cual se encuentra adyacente a la ZAC. La zona distante a la ZAC proporciona diferentes tipos de grano pasando desde un grano fino, transformado y esferoidal. Ello lo corrobora Velástegui (2014) en el cual en su investigación el cual tuvo como objetivo estudiar los procesos de soldadura SMAW y GMAW sobre acero ASTM A 36, A-500 y su incidencia en las propiedades mecánicas en las juntas soldadas de la estructura de buses: el presente investigador concluye afirmando que el Acero ASTM A-500 soldado con Electrodo E-6011 (proceso SMAW) presenta mejores propiedades mecánicas que al soldarlo con alambre ER70S-6 con gas de protección CO₂ (proceso GMAW). El Acero ASTM A 36 soldado mediante el proceso GMAW presenta una resistencia a la tracción y un porcentaje de elongación mayor que cuando soldamos este acero mediante el proceso SMAW. Además se comprobó que la resistencia a la tracción y el porcentaje de elongación del acero ASTM A-500 soldado mediante el proceso SMAW es mayor pero no de manera significativa frente al acero ASTM A-500 soldado mediante el proceso GMAW, encontrándose diversas microestructuras producto de

las formas de soldeo y métodos de enfriamiento afectados, obteniéndose diversos tamaños de grano y formaciones de microestructuras con diferentes tipos de grano pasando desde un grano fino, transformado y esferoidal.

- 4.3.** Se llegó a la determinar el esfuerzo de deformación de las placas soldadas de acero ASTM A 36 ensayadas por tracción encontrándose múltiples datos mecánicos como son resistencia a la tracción, elasticidad, así como la carga de ruptura. Es así que Días (2014) menciona que aplicando variables como el tipo de acero, tipos de electrodo, y los tipos de discontinuidades de la soldadura (se evaluara por la prueba de Líquidos Penetrantes). El sistema de soldadura se realizó teniendo en cuenta métodos convencionales, sin precalentamiento ni esmerilado de las piezas. Los resultados obtenidos fueron analizados según la gráfica de esfuerzo – deformación y todas las tendencias que en ellas se describen Las deformaciones máximas alcanzadas en soldaduras realizadas con el electrodo E7018, tuvo mejores resultados para ambos tipos de acero. Sin embargo el acero de la norma ASTM A 706, llega a deformaciones máximas del 0.05 a 0.06, el cual presenta mayores valores que el acero ASTM A 615 que alcanza valores máximos de deformación del 0.03 a 0.04
- 4.4.** Se concluye afirmando que con el análisis de varianza se pudo obtener un valor de $F_0 = 1587.5$ es mayor a $F_{,v1,v2} = F_{0.05,2,6} = 5.14$, obteniendo de manera tabular, esto quiere decir que se afirma la hipótesis alterna, ello fue corroborado con el software SPSS, en donde también el P-valor o valor de la significancia = sig. = $0.000 < 0.05$, aceptándose la hipótesis alterna (H_1). Es así que Pajuelo (2009), menciona que sus variables empleadas en su investigación como fueron el tipo de material de aporte en acero estructural influyen significativamente en el proceso de soldadura

V. CONCLUSIONES

- 5.1. Se concluye afirmando que con la determinación de un buen proceso de soldadura SMAW de múltiples pases se logró obtener uniones de acero ASTM A36 con una óptima resistencia a la tracción, encontrándose valores desde 553.5 MPa hasta 652 MPa, dependiendo del número de pases de soldadura
- 5.2. Se concluye manifestando que se evaluaron la microestructura de las uniones soldadas con distintas pasadas de soldadura para el proceso SMAW en las uniones del acero ASTM A 36, encontrándose una serie de transformaciones de calor en donde en la pieza ensayada se puede apreciar múltiples zonas como son la ZAC (Zona Afectada por el Calor). Cerca de la zona ZAC se aprecian otras zonas como son la ZFC (Zona de Fusión Calentada) la cual se encuentra adyacente a la ZAC. La zona distante a la ZAC proporciona diferentes tipos de grano pasando desde un grano fino, transformado y esferoidal
- 5.3. Se llegó a la determinar el esfuerzo de deformación de las placas soldadas de acero ASTM A 36 ensayadas por tracción encontrándose múltiples datos mecánicos como son resistencia a la tracción, elasticidad, así como la carga de ruptura
- 5.4. Se concluye afirmando que con el análisis de varianza se pudo obtener un valor de $F_0 = 1587.5$ es mayor a $F_{\alpha, v_1, v_2} = F_{0.05, 2, 6} = 5.14$, obteniendo de manera tabular, esto quiere decir que se afirma la hipótesis alterna, ello fue corroborado con el software SPSS, en donde también el P-valor o valor de la significancia = sig. = $0.000 < 0.05$, aceptándose la hipótesis alterna (H_1).

VI. RECOMENDACIONES

- 6.1.** Se recomienda que se realicen otros tipos de ensayos aplicando otro tipo de análisis de posibles desperfectos en las piezas soldadas para poder ser identificados con anterioridad y poder dar solución. Un método es el ultrasonido, líquidos penetrantes, entre otros.

- 6.2.** Se recomienda que cuando se realicen los trabajos de soldadura siempre tener en cuenta las medidas de seguridad personal y cuidado del medio ambiente

- 6.3.** Se recomienda realizar el presente trabajo empleando otros espesores de trabajo para poder corroborar otras posibles tendencias o afirmaciones de las mismas

- 6.4.** Se recomienda realizar a las probetas tratamientos térmicos que permitan aliviar tensiones u otros desperfectos que pudieran presentarse.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABSI, Sadek. Weld Interferences Detection Based in Airborne Acoustical Monitoring of MIG / MAG Process [en línea] Brasilia. Diciembre de 2010 [fecha de consulta: 05 de octubre de 2017].

Disponible en

<http://www.scielo.br/pdf/si/v14n2/v14n2a10.pdf>

ASKELAND, Donald. Ciencia e ingeniería de los materiales. 7° ed. Santa Fé: Learning Editores S.A. 2016.

ISBN: 978-607-526-062-4

ASME. Norma ASME - Sección IX. [en línea] 25 de octubre de 2012. [Fecha de consulta: 07 de abril de 2017].

Disponible en:

<http://www.youblisher.com/p/422300-NORMA-ASME-SECCION-IX/>

ASTM. American Society for Testing and Materials. [en línea] 10 de agosto de 2015. [Fecha de consulta: 07 de abril de 2017].

Disponible en:

<http://www.astm.org>

AWS. American Welding Society. Welding Handbook. [en línea] 10 de agosto de 2008. [Fecha de consulta: 25 de abril de 2017].

Disponible en:

<http://www.aws.org>

AWS. Código para soldadura estructural. [en línea] 2000. [Fecha de consulta: 25 de agosto de 2017].

Disponible en:

<http://www.soldaceros.com.pe/wp-content/uploads/2015/09/ANSI-AWS-D1.1.-2000.pdf>

BRITO, Carlos. Caracterización de defectos inducidos en patrones de Acero AISI 304. 1° ed. Madrid: Sartenejas. 2004.

DELGADO, Marco. Diseño de un sistema de extracción y tratamiento de gases en un ambiente de forja y soldadura. Tesis (ingeniero Mecánico). Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, 2016.

DIAZ, Carlos. Soldabilidad del acero ASTM A 615 Grado 60 en relación al acero corrugado ASTM A 706 Grado 60. Tesis (ingeniero Civil). Cajamarca: Universidad Nacional de Cajamarca, 2014.

JIMÉNEZ, José. La Soldadura: un área de oportunidad en las universidades de Nuevo León, [en línea]. Diciembre de 2007 [fecha de consulta: 05 de octubre de 2017].

Disponible en

<http://www.monografias.com/trabajos55/la-soldadura/la-soldadura2.shtml>

LAZARO, Lucero. 2010. Soldadura con proceso SMAW. 1° Edición. Lima: Editorial: Palestra Editores, 2010.

LINCOLN, Electric. Soldadura extrema en los Andes [en línea]. Lima, 28 de octubre de 2012 [fecha de consulta: 02 de octubre de 2017].

Disponible en

<http://www.lincolnelectric.com/es-es/support/application-stories/Pages/extreme-welding-andes.aspx>

PAJUELO, Jorge. Evaluación de los procesos de soldadura GTAW con y sin material de aporte en planchas de acero estructural. Lima: pontificia Universidad Católica del Perú, 2009.

RUSSKI, Daniil. Cómo se fabrican submarinos nucleares en Rusia [en línea]. Izhevsk, 22 de octubre de 2013 [fecha de consulta: 01 de octubre de 2017].

Disponible en

https://es.rbth.com/cultura/tecnologias/2013/10/22/como_se_fabrican_submarinos_nucleares_en_rusia_33545

SMITH, R. Soldadura de materiales. [en línea] 10 de abril de 2010. [Fecha de consulta: 22 de marzo de 2017].

Disponible en:

http://ocw.uc3m.es/ciencia-e-oin/tecnologia-de-materiales-industriales/bloque-iii/Tema-7-Ensayos_mecanicos.pdf.

VELASTEGUI, Estudio de los procesos de soldadura SMAW y GMAW sobre acero ASTM A 36, A 500 y su incidencia en las propiedades mecánicas en las juntas soldadas de la estructura de los buses. Tesis (ingeniero Civil y mecánica). Ambato: Universidad Técnica de Ambato, 2014.

ANEXOS

ANEXO 1

INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Cuadro A.1.1.

Ficha de registro del ensayo de tracción

PARÁMETROS PROMEDIOS DEL ENSAYO 01-A			
Realizado bajo la norma:			
Instrumento:			
Método:			
RESULTADOS DE LA PRUEBA			
Resistencia (MPa):		Carga de ruptura (N):	
IMÁGENES			
Gráfico esfuerzo vs. Porcentaje de alargamiento		Probeta ensayada	
Observaciones			
Cálculos			
Resistencia a la tensión:			
$S_{ut} = \frac{F_u}{A_0}$			
Deformación unitaria:			
$= \frac{l - l_0}{l_0} * 100$			
Módulo de elasticidad o módulo de Young:			
$E = \frac{F}{A_0 \epsilon}$			

Fuente: Elaboración propia

Cuadro A.1.2.

Ficha de registro del ensayo de soldadura

Nombre del responsable:	
Solicitado por:	Gino Enrique Montoya Vargas
Procedimiento N°	001
Tipo de proceso de soldadura	SMAW
Fecha:	
Diseño de junta: _____ Respaldo: _____ Material de respaldo: _____	 1. _____ 2. _____ 3. _____ 4. _____ 5. _____ 6. _____ 7. _____
METAL BASE  Material de base:  Espesor (mm):	_____ _____
METAL DE APORTE  Especificaciones N° (SFA):  AWS N°:  Ø material de aporte  Nombre comercial	_____ _____ _____ _____
DATOS TÉCNICOS  Amperaje:  Posición de la soldadura	_____ _____

Fuente: Elaboración propia.

ANEXO 2

Determinación del proceso adecuado de soldadura SMAW de múltiples pases para obtener uniones de acero ASTM A36 con una óptima resistencia a la tracción.

D. Caracterización de la muestra

El acero utilizado en el presente estudio como material base fue el acero estructural de estructura ferrítica perlítica con designación ASTM A36 suministrado por SIDERPERU en planchas de ¼ pulgadas de espesor y como material de aporte de acuerdo a la designación AWS E11018-G de 3/32 pulgadas de diámetro y fabricada por la empresa SOLDEXSA.

La composición química nominal, características microestructurales del material base a 400 aumentos atacada con Nital y propiedades mecánicas del material base y aporte se muestran a continuación

Cuadro A.2.1.

Composición química del acero ASTM A36

ELEMENTOS QUÍMICOS (%)					
C	Mn	P	S	Si	otros
0.20-0.23	1.20-1.35	0.04 Max	0.05 Max	0.30	0.20

Fuente: Catálogos SIDERPERU

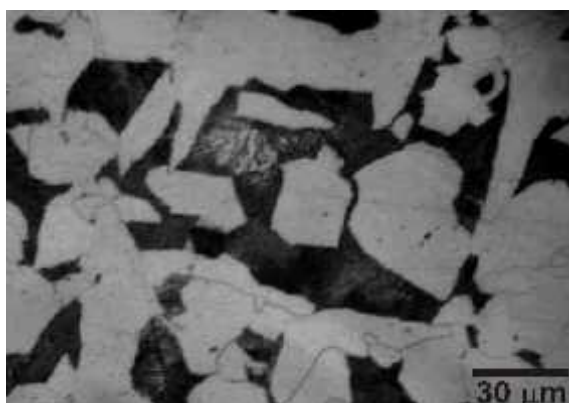
Cuadro A.2.2.

Propiedades mecánicas del acero ASTM A36

TENSIÓN FLUENCIA (N/mm ²)	RESISTENCIA A TRACCIÓN (N/mm ²)	ELONGACION (%)	IMPACTO MINIMO (J)
490	637	18	27 A 18 °C

Fuente: Catálogos SOLDEXA

Figura A.2.1.



Microestructura del material base del acero ASTM A36. 400 X atacado con Nital al 2%

Cuadro A.2.3.

Composición química del metal de aporte

ELEMENTOS QUÍMICOS (%)				
C	Mn	Si	Mo	Ni
0.06	1.5	0.25-0.50	0.20	1.00

Fuente: Catálogos SOLDEXA

Cuadro A.2.4.

Propiedades mecánicas de metal de aporte

TENSIÓN FLUENCIA (N/mm²)	RESISTENCIA A TRACCIÓN (N/mm²)	ELONGACION (%)	IMPACTO MINIMO (J)
765-805	820-822	15-18	110

Fuente: Catálogos SOLDEXA

E. Proceso de soldadura

Las probetas fueron soldadas teniendo en cuenta ciertos parámetros de trabajo como fueron el número de pasadas (1, 2, 3), se trabajó a temperatura ambiente, la polaridad fue directa, la velocidad con la cual avanzó el electrodo fue de 10 a 13 cm/minuto, en posición 1 G para la forma de soldeo, con 130 A y con un voltaje de 24 v.

Cuadro A.2.5

Ficha de registro del ensayo de soldadura

Nombre del responsable:	
Solicitado por:	Montoya Vargas, Gino Enrique
Procedimiento N°	001
Tipo de proceso de soldadura	SMAW
Fecha:	
Diseño de junta: _____ Respaldo: _____ Material de respaldo: _____ Esquema: Dibujo de fabricación, Símbolos de soldadura o descripción escrita. Debe mostrar el arreglo general de las paredes a ser soldadas. Donde sea aplicable la apertura de raíz y los detalles de la soldadura debe ser especificada.	
METAL BASE ↗ Material de base: ↗ Espesor (mm):	Acero ASTM A 36 6.35 mm (1/4 ")
ELECTRODO ↗ AWS N°: ↗ Ø material de aporte ↗ Nombre comercial	AWS E11018-G: 3/32 " Tenacito 110
DATOS TÉCNICOS ↗ Temperatura de precalentamiento ↗ Polaridad ↗ Velocidad de avance ↗ Posición de la soldadura: ↗ Voltaje	25° C Directa (Electrodo negativo) 10 cm/min 1G 24 V

Fuente: Elaboración propia.

Figura A.2.2.

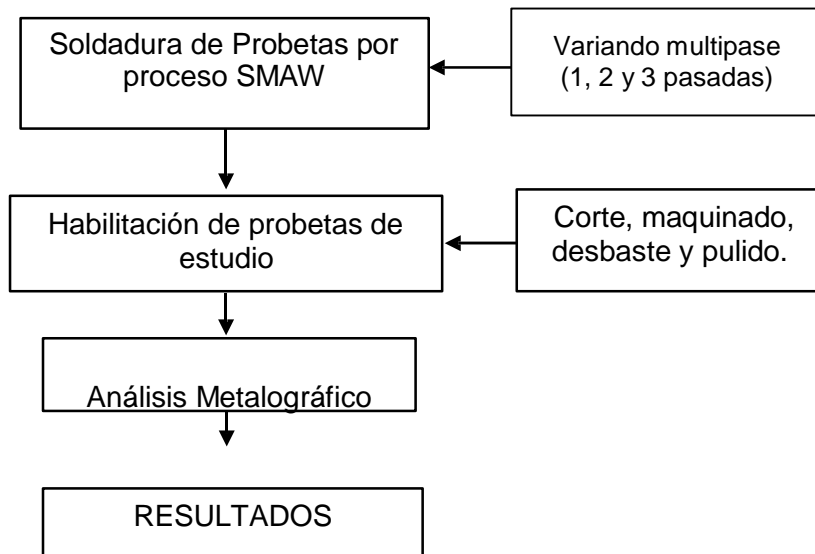


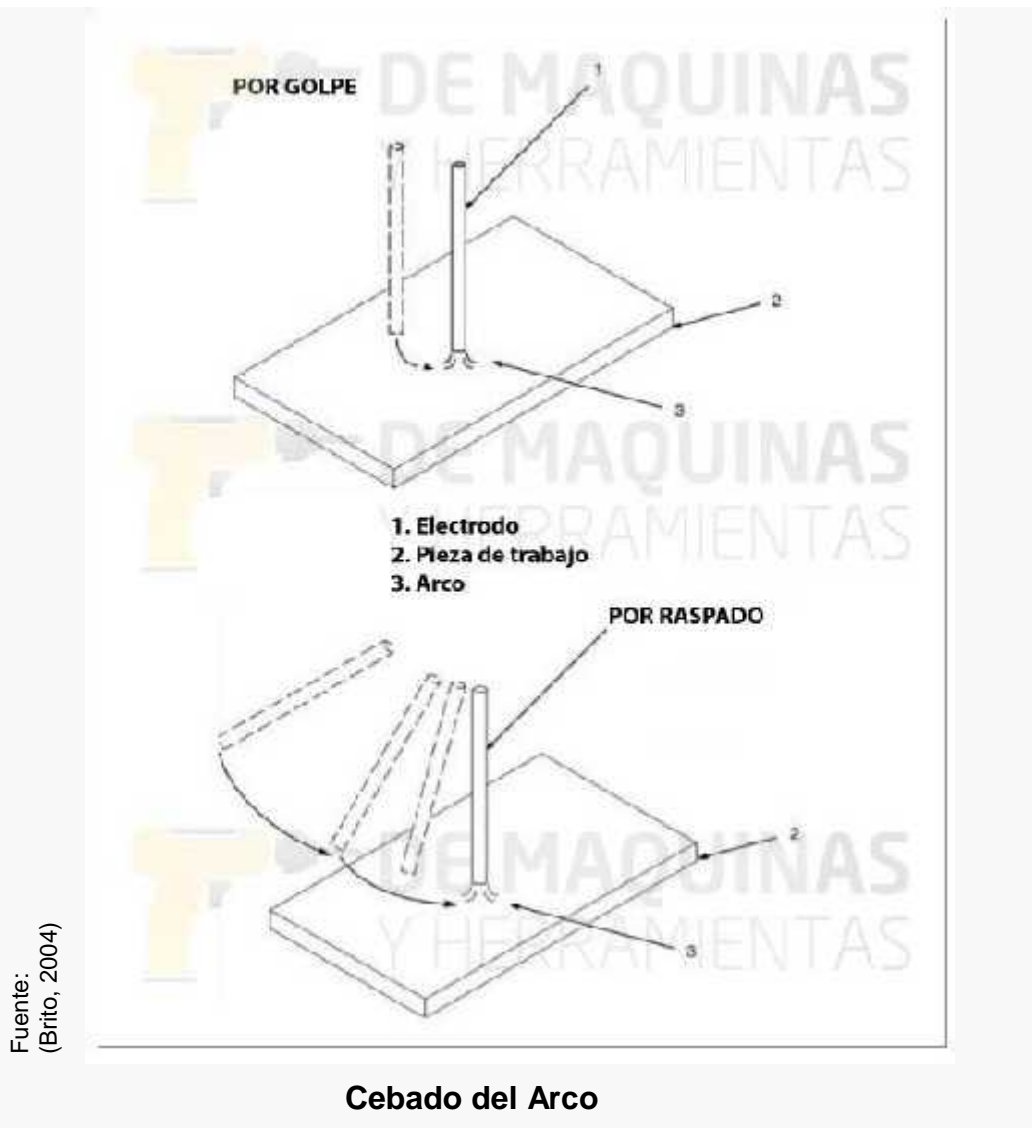
Diagrama de Bloques secuencia experimental

F. Procedimiento eficiente a tener en cuenta para una adecuada soldadura multipase SMAW

Se debió de elegir el tipo de electrodo adecuado, el tipo de posición de soldeo, el espesor de la pieza. Luego de ello se limpió de posibles compuestos grasos u otros. Posteriormente se realizaron los siguientes pasos:

En el primer paso se procedió a realizar el cebado del arco el cual se realizó por golpe y por raspado. Una vez generado el arco se procedieron con los siguientes pasos. Este primer paso de cebado se puede apreciar en la figura A.2.3.

Figura A.2.3.



Una vez realizado el cebado se procederá a trazar el cordón de soldadura el cual deberá de tenerse en cuenta que la altura entre el electrodo y la pieza sean constantes. Si el espesor lo amerita se deberá de realizar movimientos oscilantes que permitan tener un mejor llenado de la abertura a ser soldada. (Lázaro, 2010, p.121).

En el tercer paso se deberá considerar una distancia apropiada entre el electrodo y la pieza la cual debe estar entre 2 y 4 mm e ir acercando el electrodo a la pieza conforme ello se va consumiendo.

Si se van a realizar varios cordones se deberá de retirar la escoria entre pasada y pasada evitando generar imperfecciones.

En el quinto paso debemos de tener en cuenta la velocidad con la cual se va realizar la soldadura evitando en todo momento discontinuidades. Así mismo el amperaje debe ser el adecuado el cual permita que no se generen cráteres (Por alta intensidad) y posibles perforaciones en las piezas y de ser muy baja la intensidad de corriente se podría generar una ineficiencia en el calentamiento de la pieza a soldar

Nunca interrumpir el electrodo de manera brusca. Si se desea reemplazar se deberá acortar el arco de manera rápida y luego desplazar el electrodo fuera del cráter y proceder a reemplazar el electrodo por otro. Retroceder unos 10 a 12 mm y proceder a llenar el cráter y continuar con el proceso de soldadura.

En el paso siete debemos de tener en cuenta de hacer de manera consecutiva interrupción del arco, limpieza y descascarillado, reemplazar el electrodo, cebado y así sucesivamente

En el paso ocho debemos de tener siempre en cuenta las medidas de seguridad y de protección personal.

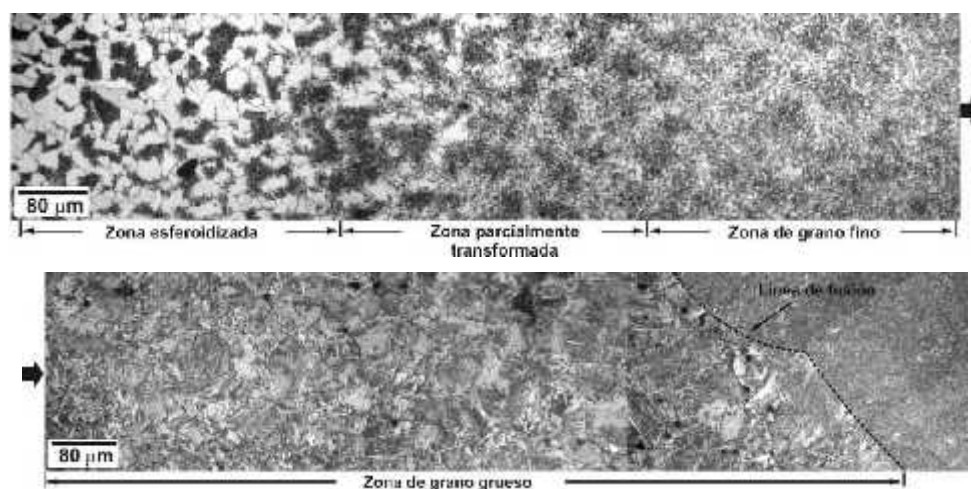
ANEXO 3

Evaluación de la microestructura en la unión soldada con distintas pasadas de soldadura para el proceso de soldadura SMAW, en la unión del acero ASTM A36

Para la cuantificación microestructural se realizaron ensayos metalográficos con el fin de determinar la microestructura en la zona de unión. Las pautas son: las soldaduras son seccionadas transversal a la dirección de soldadura. Los especímenes son desbastados con lijas al agua (Nº 100, 250, 400, 600, 800, 100 y 1500) y un pulido final con Alúmina de 3.0 μm y 1.0 μm . El análisis metalográfico se llevó a cabo en la última pasada atacando con Nítal al 2%, para su observación en un microscopio óptico NEOPHOT-21. La determinación microestructural de las fases fue en base al documento IIW Documento Nº IX-1323-84 Mayo 1984.

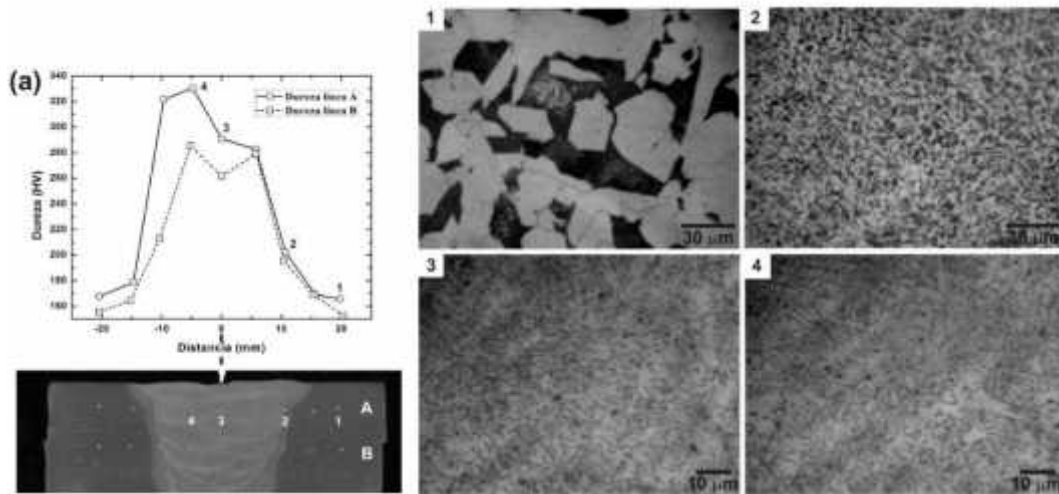
En el proceso de soldadura de multipases experimenta una serie de transformaciones de calor en donde en la pieza ensayada se puede apreciar múltiples zonas como son la ZAC (Zona Afectada por el Calor). Cerca de la zona ZAC se aprecian otras zonas como son la ZFC (Zona de Fusión Calentada) la cual se encuentra adyacente a la ZAC. La zona distante a la ZAC proporciona diferentes tipos de grano pasando desde un grano fino, transformado y esferoidal, tal como se muestra en la siguiente figura A.3.1.

.Figura A.3.1.



Microestructura de la ZAC del Acero ASTM A36 con soldadura de tipo SMAW

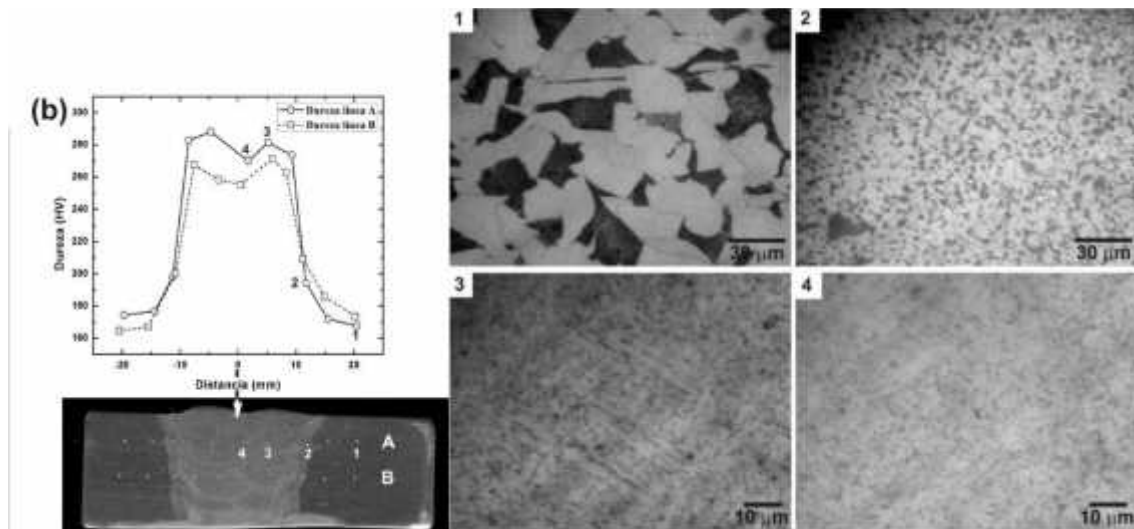
Figura A.3.2.



Cambios microestructurales del acero ASTM A36 con una pasada de soldadura SMAW

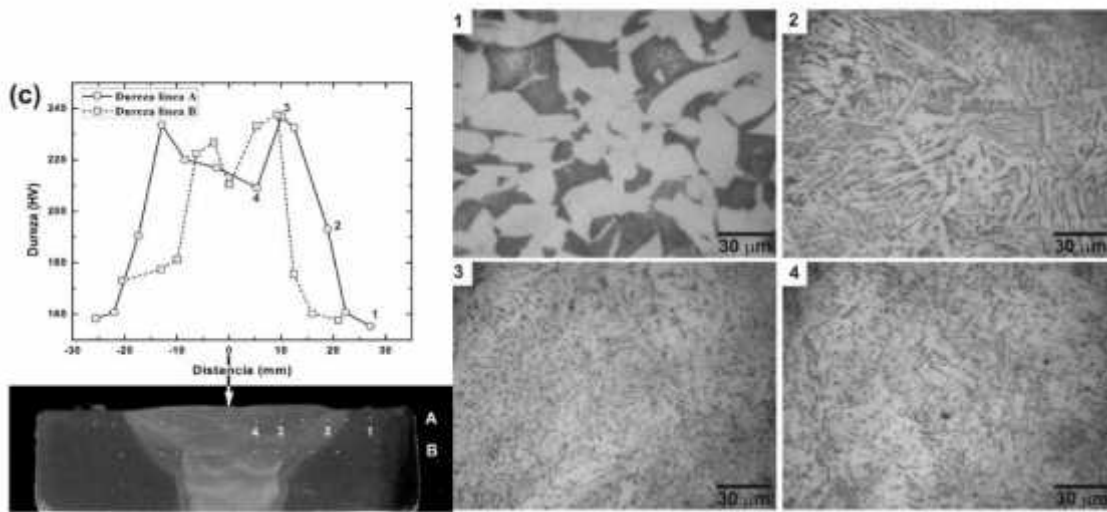
En la figura A.3.2 se pudo apreciar la microestructura acompañada de las respectivas durezas de las regiones donde fueron evaluadas

Figura A.3.3.



Cambios microestructurales del acero ASTM A36 con dos pasadas de soldadura SMAW

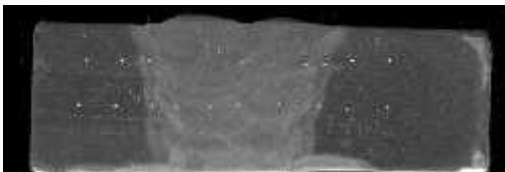
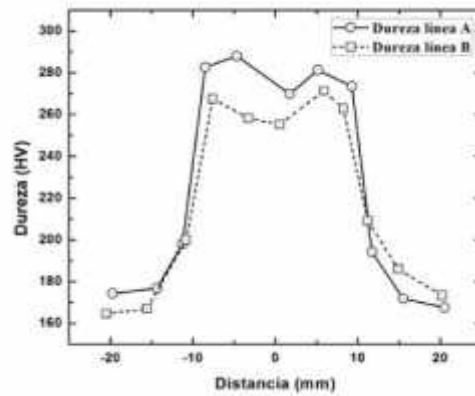
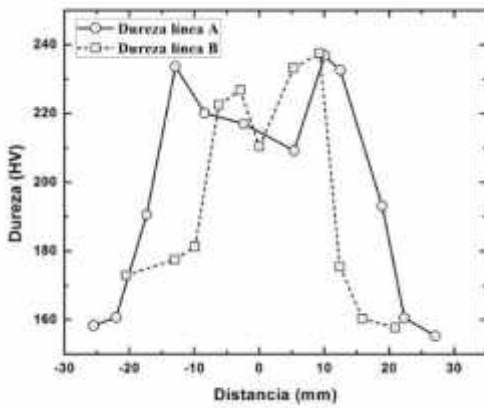
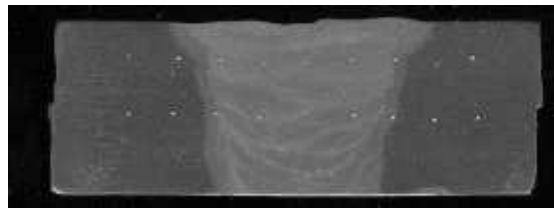
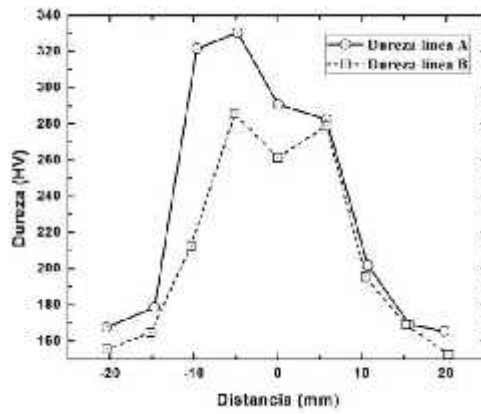
Figura A.3.4.



Cambios microestructurales del acero ASTM A36 con tres pasadas de soldadura SMAW

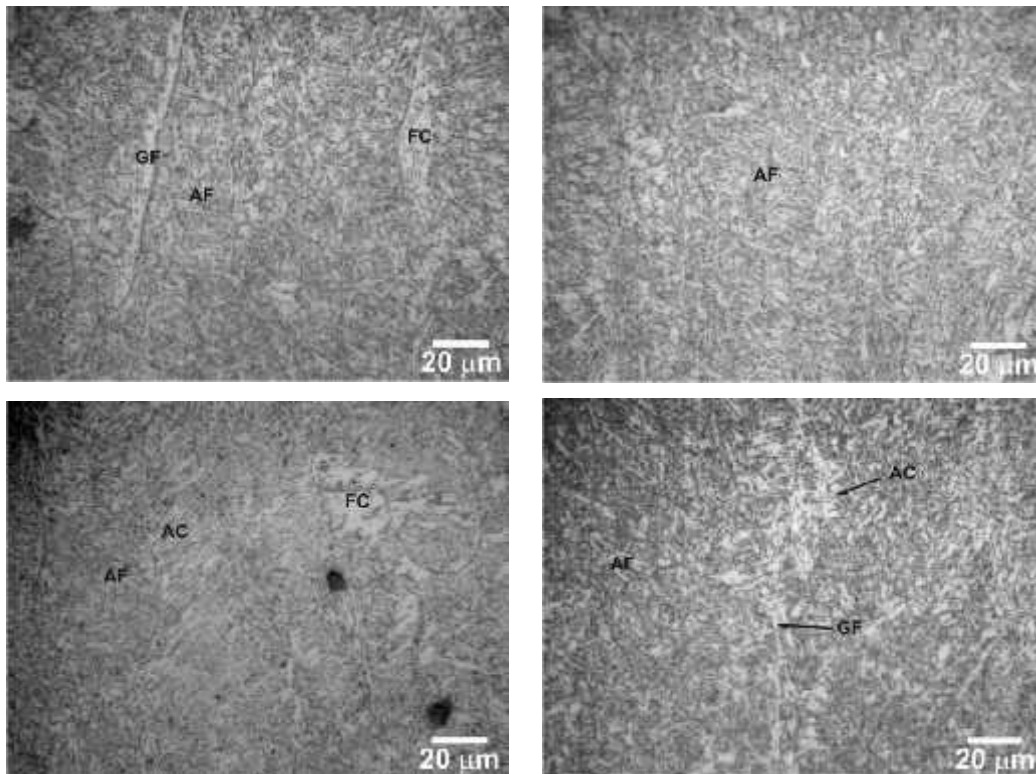
En la Figura 3.5. Se observa la dureza, así como su macroestructura a través del cordón de soldadura del acero ASTM A36, El multipase fue de 1, 2 y 3 pasadas, el multipase produce un aumento en el calor de aporte, este hecho tiene un efecto directo en las medidas de dureza a través de la sección transversal de la zona de soldadura, se han hecho medidas en la parte superior y parte media del cordón de soldadura, las tendencias en ambos caso son las mismas, es decir a disminuir tanto en el Cordón de soldadura como en la zona afectada térmicamente al aumentar la cantidad de pasadas.

Figura A.3.5.



Dureza y macroestructura a en el cordón de soldadura del acero ASTM A36. Los pases de soldadura fueron (a) 1 pasada (b) 2 pasadas. Y (c) 3 pasadas

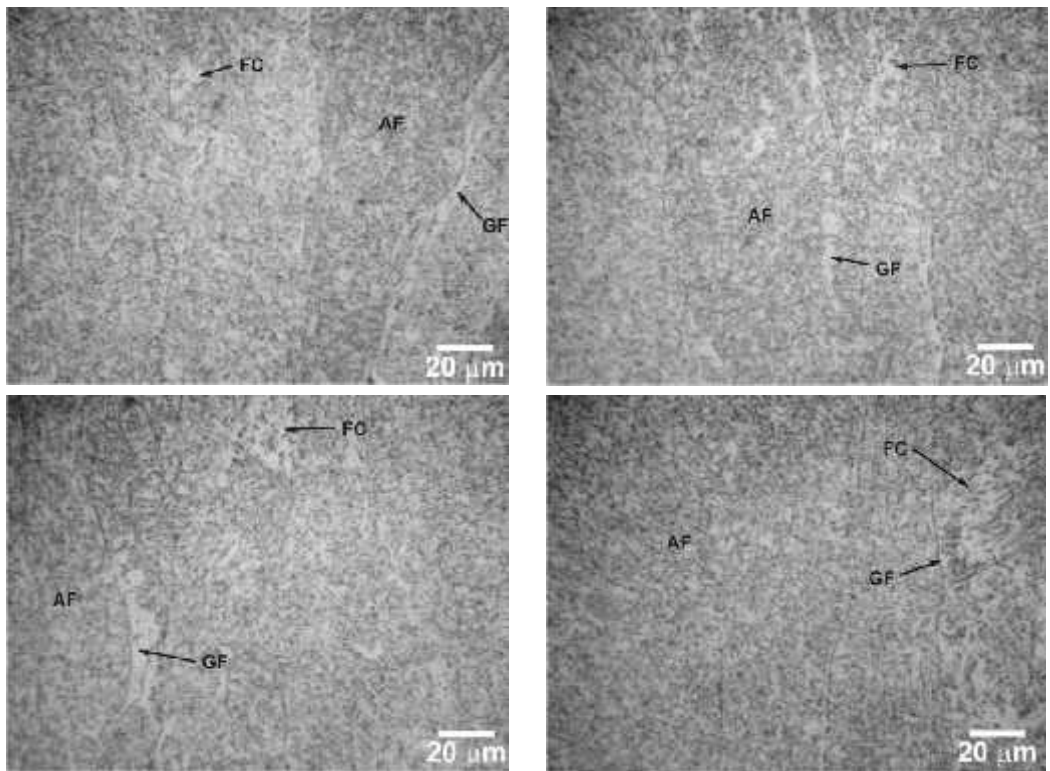
Figura A.3.6.



Cambios microestructurales a una pasada de soldadura en la que se muestra la ferrita cuya ubicación aparece en el borde de grano, así mismo se aprecia ferrita acicular, ferrita con agregados de carburo.

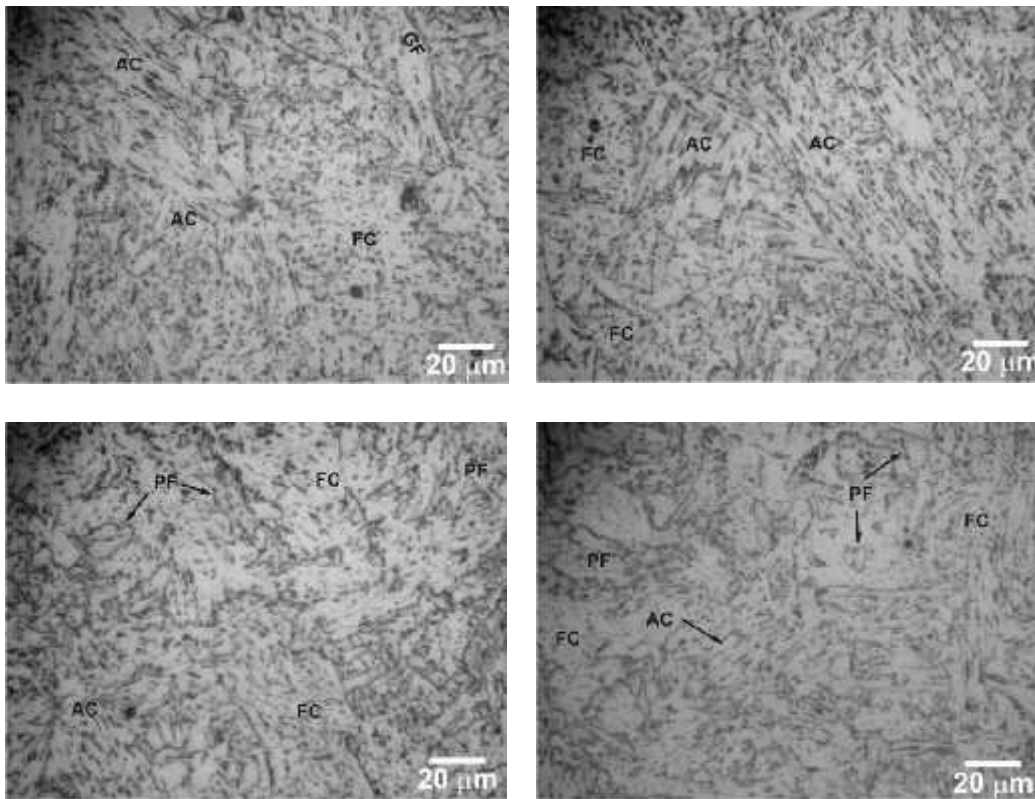
Un incremento de la multipase en el cambio de 1 a 2 pasadas produce que en el borde de grano exista una disminución de ferrita y ferrita acicular, tal cual se puede ver en la figura A.3.6, A.3.7 y A.3.8, en contraparte la dureza disminuye. Observamos también la precipitación de fases cuya microestructura en el interior de los granos de austenita cambie de ferrita acicular (AF) a ferrita poligonal (PF), ferrita con M-A-C alineados (AC) y ferrita con agregados de carburos (FC) y sus cantidades varían en función de las pasadas de soldadura (multipase), es notoria la estructura más gruesa de solidificación al aumentar las pasadas de soldadura, por aumento del calor de aporte

Figura A.3.7.



Cambios microestructurales con dos pasadas de soldadura en la que se muestra la ferrita cuya ubicación aparece en el borde de grano, así mismo se aprecia ferrita acicular, ferrita con agregados de carburo.

Figura A.3.8.



Cambios microestructurales con tres pasadas de soldadura en la que se muestra la ferrita cuya ubicación aparece en el borde de grano, así mismo se aprecia ferrita acicular, ferrita con agregados de carburo.

Las distancias interdendríticas aumentan en dimensión obteniéndose una estructura cada vez más gruesa al aumentar las pasadas de soldadura (multipase). **Figuras A3.6, A.3.7 y A.3.8** teniendo un efecto directo sobre la dureza la cual disminuye con el incremento las pasadas. Ver **cuadro A.3.1**

Cuadro A.3.1

Perfil de dureza para uniones soldadas a diferentes pasadas de soldadura

POSICIÓN	1 PASADA		2 PASADAS		3 PASADAS	
	Línea A	Línea B	Línea A	Línea B	Línea A	Línea B
5	--	--	167.5	173.4	155.3	157.7
4	165.4	152.7	171.8	185.9	160.5	160.3
3	169.1	169	194.2	209.1	193.1	175.5
2	201.9	195.3	273.5	262.9	232.6	237.6
1	282.5	279.2	281.3	271.4	236.8	233.2
0	290.9	261.4	269.9	255.3	209.2	210.4
-1	330.4	285.5	288	258.2	217	226.8
-2	321.7	212.7	282.7	267.6	220.1	222.5
-3	178.7	164.6	198	200	233.6	181.3
-4	167.7	155.5	176.8	167	190.5	177.5
-5	--	--	174.3	164.6	160.7	172.9
-6	--	--			158.3	

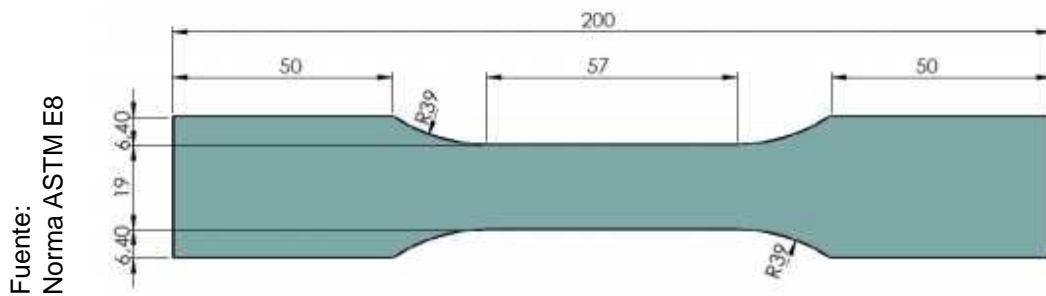
ANEXO 4

Determinación del esfuerzo de deformación de las placas soldadas de acero ASTM A36 ensayadas por tracción, construyendo gráficas.

1. Preparación de las probetas para someterlas a tracción

Una vez unidas las piezas se procedió a realizar el maquinado respectivo siguiendo la norma ASTM E8.

Figura A.4.1.



Dimensiones de la probeta para el ensayo de Tracción

Después de realizar el maquinado a las probetas quedaron de la siguiente forma:

Figura A.4.2.

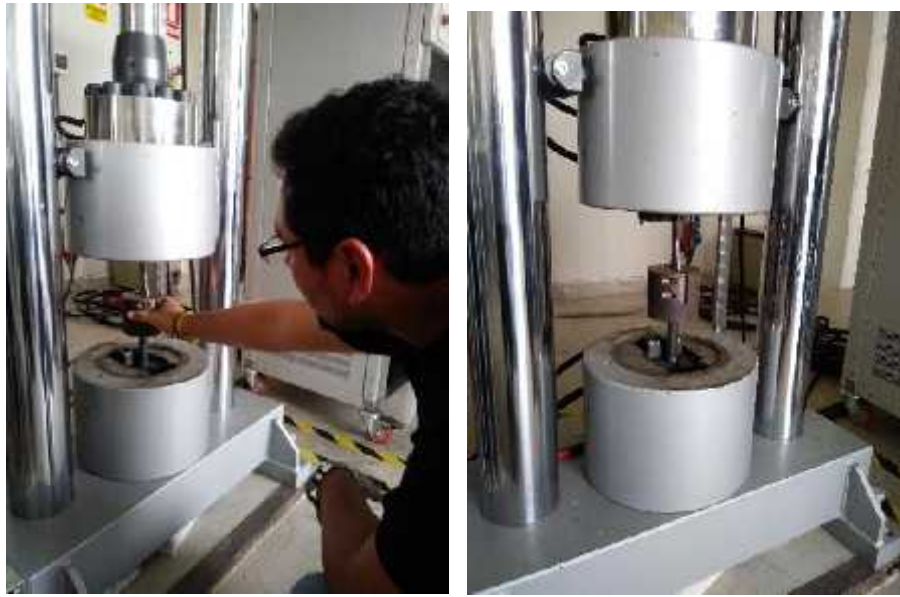


Probetas preparadas para ser sometidas a tracción

Luego las probetas fueron sometidas a tracción en una máquina Zwick Roell Special Metal Testing Machina SP.

Figura A.4.3.

Fuente:
Elaboración propia



Máquina de tracción.

Se generaron gráficos de Esfuerzo vs. Deformación con ayuda del software DataHAWK Pro tal como se muestran a continuación:

Figura A.4.4.

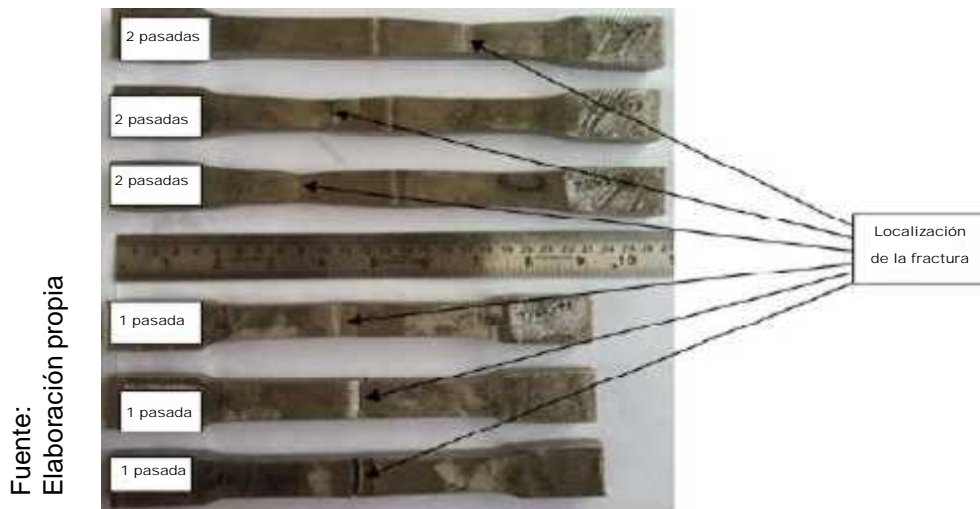
Fuente:
Elaboración propia



Gráfico de esfuerzo – deformación generada por la máquina de tracción con ayuda del software DataHAWK Pro.

Después de ser sometidas las probetas a deformación sufrieron rotura quedando de la siguiente forma:

Figura A.4.5.



Probetas después de ser sometidas a tracción

Luego se procedió a obtener matemáticamente la resistencia a la tensión, su deformación unitaria, el módulo de elasticidad o módulo de Young y finalmente el coeficiente de Poisson.

Los datos obtenidos experimentalmente se aprecian en los siguientes cuadros:

Cuadro A.4.1.

Comportamiento de resistencia a la tracción de las placas de acero ASTM A 36 después de ser sometido a ensayo de tracción con una pasada de soldadura SMAW.

PARÁMETROS PROMEDIOS DEL ENSAYO 01-A			
Realizado bajo la norma:	ASTM E8		
Instrumento:	Máquina universal de ensayos		
Método:	Deformación controlada		
RESULTADOS DE LA PRUEBA			
Resistencia (MPa):	553.5	Carga de ruptura (N):	52582.5
IMÁGENES			
Gráfico esfuerzo vs. Porcentaje de alargamiento			
<p>El gráfico muestra la relación entre el esfuerzo y la deformación unitaria. El eje vertical (Esfuerzo en MPa) va de 0 a 600. El eje horizontal (Deformación Unitaria en %) va de 0.01 a 9.33. La curva comienza en el origen, sube hasta unos 340 MPa a las 3.12% de deformación, tiene una zona de fluencia con un punto de inflexión a 553.5 MPa a las 4.15% de deformación, y continúa subiendo hasta unos 550 MPa a las 8.64% de deformación, donde ocurre la ruptura.</p>			

Fuente. Elaboración propia

Observaciones

Del diagrama esfuerzo-deformación, la resistencia a la tracción es de 553.5 MPa. El módulo de elasticidad es de 621.91 MPa y el coeficiente de Poisson es de 0.33, del diagrama se observa que no existe un punto

de fluencia marcado, el valor de la resistencia de fluencia se determina por el método de compensación trazándose una recta paralela a la porción rectilínea de la curva, y es compensada hacia la derecha en una cantidad establecida, que en el caso normal es 0.20% de deformación unitaria (0.002).

Cálculos

Resistencia a la tensión:

$$S_{ut} = \frac{F_u}{A_0} = \frac{52582.5}{95} = 553.5 \text{ MPa}_2$$

Deformación unitaria:

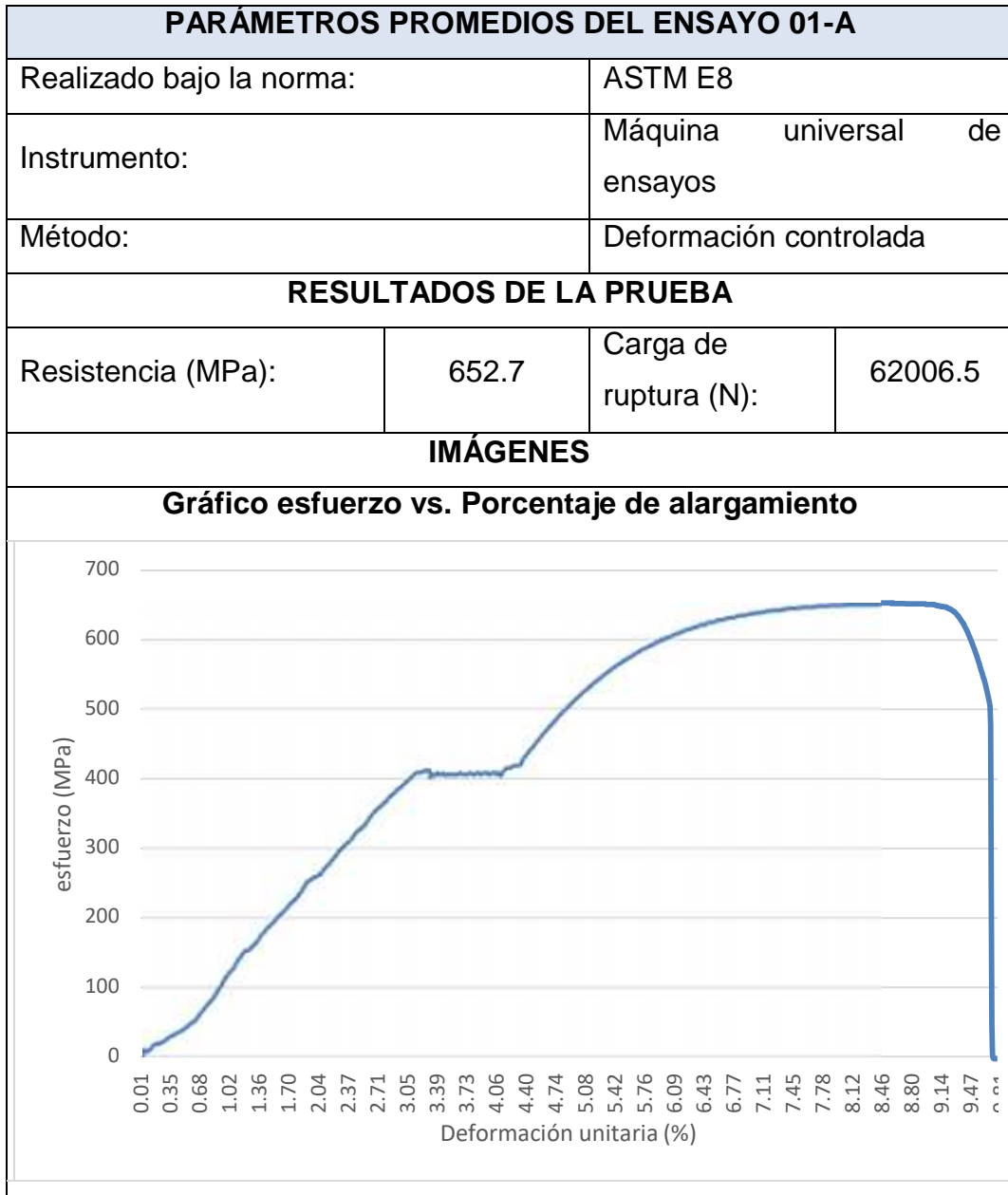
$$= \frac{l - l_0}{l_0} * 100 = 8.9 \%$$

Módulo de elasticidad, o módulo de Young:

$$E = \frac{S_{ut}}{\epsilon} = \frac{553.5}{0.89} = 621.91 \text{ MPa}$$

Cuadro A.4.2.

Comportamiento de resistencia a la tracción de las placas de acero ASTM A 36 después de ser sometido a ensayo de tracción con dos pasadas de soldadura SMAW.



Fuente. Elaboración propia

Observaciones

Del diagrama esfuerzo-deformación, la resistencia a la tracción es de 652.7 MPa. El módulo de elasticidad es de 733.37 MPa y el coeficiente

de Poisson es de 0.89, del diagrama se observa que no existe un punto de fluencia marcado, el valor de la resistencia de fluencia se determina por el método de compensación trazándose una recta paralela a la porción rectilínea de la curva, y es compensada hacia la derecha en una cantidad establecida, que en el caso normal es 0.20% de deformación unitaria (0.002).

Cálculos

Resistencia a la tensión:

$$S_{ut} = \frac{P_{0.2}}{A_0} = \frac{62006.5}{95} = 652.7 \text{ MPa}_2$$

Deformación unitaria:

$$= \frac{\Delta L}{L_0} * 100 = 8.9 \%$$

Módulo de elasticidad, o módulo de Young:

$$E = \frac{S_{ut}}{\epsilon} = \frac{652.7}{0.89} = 733.37 \text{ MPa}$$

Cuadro A.4.3.

Comportamiento de resistencia a la tracción de las placas de acero ASTM A 36 después de ser sometido a ensayo de tracción con tres pasadas de soldadura SMAW.

PARÁMETROS PROMEDIOS DEL ENSAYO 01-A																																																															
Realizado bajo la norma:	ASTM E8																																																														
Instrumento:	Máquina universal de ensayos																																																														
Método:	Deformación controlada																																																														
RESULTADOS DE LA PRUEBA																																																															
Resistencia (MPa):	622.0	Carga de ruptura (N):	62006.5																																																												
IMÁGENES																																																															
Gráfico esfuerzo vs. Porcentaje de alargamiento																																																															
<table border="1"> <caption>Datos estimados del gráfico esfuerzo-deformación</caption> <thead> <tr> <th>Deformación Unitaria (%)</th> <th>Esfuerzo (Ma)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0.01</td><td>0</td></tr> <tr><td>0.37</td><td>20</td></tr> <tr><td>0.73</td><td>50</td></tr> <tr><td>1.09</td><td>100</td></tr> <tr><td>1.45</td><td>150</td></tr> <tr><td>1.81</td><td>200</td></tr> <tr><td>2.17</td><td>250</td></tr> <tr><td>2.53</td><td>300</td></tr> <tr><td>2.88</td><td>350</td></tr> <tr><td>3.24</td><td>380</td></tr> <tr><td>3.60</td><td>380</td></tr> <tr><td>3.96</td><td>380</td></tr> <tr><td>4.32</td><td>380</td></tr> <tr><td>4.68</td><td>400</td></tr> <tr><td>5.04</td><td>450</td></tr> <tr><td>5.40</td><td>500</td></tr> <tr><td>5.76</td><td>550</td></tr> <tr><td>6.12</td><td>580</td></tr> <tr><td>6.48</td><td>600</td></tr> <tr><td>6.84</td><td>610</td></tr> <tr><td>7.20</td><td>615</td></tr> <tr><td>7.56</td><td>618</td></tr> <tr><td>7.92</td><td>620</td></tr> <tr><td>8.28</td><td>620</td></tr> <tr><td>8.64</td><td>620</td></tr> <tr><td>9.00</td><td>620</td></tr> <tr><td>9.36</td><td>622.0</td></tr> <tr><td>9.72</td><td>500</td></tr> <tr><td>10.08</td><td>0</td></tr> </tbody> </table>				Deformación Unitaria (%)	Esfuerzo (Ma)	0.01	0	0.37	20	0.73	50	1.09	100	1.45	150	1.81	200	2.17	250	2.53	300	2.88	350	3.24	380	3.60	380	3.96	380	4.32	380	4.68	400	5.04	450	5.40	500	5.76	550	6.12	580	6.48	600	6.84	610	7.20	615	7.56	618	7.92	620	8.28	620	8.64	620	9.00	620	9.36	622.0	9.72	500	10.08	0
Deformación Unitaria (%)	Esfuerzo (Ma)																																																														
0.01	0																																																														
0.37	20																																																														
0.73	50																																																														
1.09	100																																																														
1.45	150																																																														
1.81	200																																																														
2.17	250																																																														
2.53	300																																																														
2.88	350																																																														
3.24	380																																																														
3.60	380																																																														
3.96	380																																																														
4.32	380																																																														
4.68	400																																																														
5.04	450																																																														
5.40	500																																																														
5.76	550																																																														
6.12	580																																																														
6.48	600																																																														
6.84	610																																																														
7.20	615																																																														
7.56	618																																																														
7.92	620																																																														
8.28	620																																																														
8.64	620																																																														
9.00	620																																																														
9.36	622.0																																																														
9.72	500																																																														
10.08	0																																																														

Fuente. Elaboración propia

Observaciones

Del diagrama esfuerzo-deformación, la resistencia a la tracción es de 622.0 MPa. El módulo de elasticidad es de 1884.84 MPa y el coeficiente de Poisson es de 0.33, del diagrama se observa que no existe un punto

de fluencia marcado, el valor de la resistencia de fluencia se determina por el método de compensación trazándose una recta paralela a la porción rectilínea de la curva, y es compensada hacia la derecha en una cantidad establecida, que en el caso normal es 0.20% de deformación unitaria (0.002).

Cálculos

Resistencia a la tensión:

$$S_{ut} = \frac{P_u}{A_0} = \frac{59090}{94.5 \text{ mm}^2} = 622.0 \text{ MPa}$$

Deformación unitaria:

$$= \frac{l - l_0}{l_0} * 100 = 8.89 \%$$

Módulo de elasticidad o módulo de Young:

$$E = \frac{S_{ut}}{\epsilon} = \frac{622.0 \text{ MPa}}{0.89} = 698.88 \text{ MPa}$$

ANEXO 5

VALIDACIÓN DE LA HIPÓTESIS MEDIANTE LA INFLUENCIA SIGNIFICATIVA DE LAS VARIABLES CON EL USO DE ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE VARIANZA EMPLEANDO SPSS.

Procesamiento estadístico de datos

1. Cálculos para el análisis de varianza (ANOVA)

Permite determinar si las medias de cada nivel o tratamiento son estadísticamente diferentes. Para su determinación se procedió como se indica a continuación.

1.1. Datos previos

1.1.1. Planteamiento de hipótesis

Hipótesis Nula ($T H_0$): A medida que aumenta los pases de soldadura SMAW no producirá un incremento a la resistencia a la tracción en uniones soldadas en acero ASTM A36.

Hipótesis Nula ($T H_1$): A medida que aumenta los pases de soldadura SMAW producirá un incremento a la resistencia a la tracción en uniones soldadas en acero ASTM A36.

1.1.2. Nivel de significancia

En ingeniería se trabaja con un 95 % de confianza ($\alpha = 0.05$)

1.1.3. Criterio de rechazo

Se rechaza la hipótesis nula (H_0) si $F_0 > F_{\alpha, v_1, v_2}$, donde el F_0 se obtiene experimentalmente y el $F_{\alpha, v_1, v_2} = F_{0.05, 2, 6} = 5.14$ se obtiene del cuadro A.5.3.

Así mismo, se reafirma el rechazo de la hipótesis nula (H_0) si $P < \alpha$, donde $\alpha = 0.05$, donde el P es el P-valor o significancia asintótica (sig.) que arroja el SPSS

1.2. Cálculos para el análisis de varianza de la resistencia a la tracción en uniones de acero ASTM A 36

1.2.1. Presentación de datos

En la Tabla A.5.1 se presentan los datos de la resistencia a la tracción, que permiten realizar el análisis de varianza respectivo.

Cuadro A.5.1.

Comportamiento de las placas de acero ASTM A36 después de ser sometido a ensayo de tracción.

Descripciones		Multipase (Número de pasadas de soldadura)			Y _i	Y _{i, prom}
		1	2	3		
Resistencia a la tracción (MPa)	1	556	651	622	1829	610
	2	551	655	620	1826	609
	3	553	652	624	1829	610
Y _j		5452			5452	
Y _{ij}		1660	1958	1866		605.8

Fuente: Elaboración propia

Cuadro A.5.2.

Cuadro resumen del análisis de varianza de la resistencia a la tracción en uniones de acero ASTM A 36 arrojado con el software

SPSS

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Media de Cuadrados	Fo	Sig	F_{0.05,2,6}
Entre grupos	2	15522.667	7761.333	1587.545	0.000	5.14
Dentro de grupos	6	29.333	4.889			
Total	8	15552.000				

Fuente: Elaboración propia

Cuadro A.5.3.

Cuadro resumen de las pruebas Post Hoc de comparaciones múltiples empleando SPSS para resistencia a la tracción en uniones de acero ASTM 36

Comparaciones múltiples						
Variable dependiente: RES_TRACC						
HSD Tukey						
(I) PASES	(J) PASES	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	95% de intervalo de confianza	
					Límite inferior	Límite superior
1,00	2,00	-99,33333*	1,80534	,000	-104,8726	-93,7940
	3,00	-68,66667*	1,80534	,000	-74,2060	-63,1274
2,00	1,00	99,33333*	1,80534	,000	93,7940	104,8726
	3,00	30,66667*	1,80534	,000	25,1274	36,2060
3,00	1,00	68,66667*	1,80534	,000	63,1274	74,2060
	2,00	-30,66667*	1,80534	,000	-36,2060	-25,1274

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Fuente: Elaboración propia

Cuadro A.5.4.

Cuadro resumen de las pruebas empleando HSD Turkey con el software SPSS para resistencia a la tracción en uniones de acero ASTM A 36

RES_TRACC				
HSD Tukey ^a				
PASES	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
1,00	3	553,3333		
3,00	3		622,0000	
2,00	3			652,6667
Sig.		1,000	1,000	1,000
Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.				
a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.				

Fuente: Elaboración propia

1.3. Decisión

Según el cuadro A.5.2 Para un nivel de significancia del 95 %, se observa que experimentalmente para los datos de número de pase de soldadura, el $F_0 = 1587.5$ es mayor a $F_{,v1,v2} = F_{0.05,2,6} = 5.14$, obteniendo de manera tabular (ver cuadro A.5.5), afirmando de este modo la hipótesis alterna. Esto significa que a medida que aumenta el número de pases si producirá un aumento de la resistencia a la tracción

en uniones de acero ASTM A36. Esto lo corrobora también el P-valor o valor de la significancia = sig. = 0.000 < 0.05, aceptándose la hipótesis alterna (H_1).

En el cuadro A.5.2 se puede apreciar también que existe diferencia significativa entre las medias de cada uno de los tratamientos. Para mejor entendimiento de ello se realiza una prueba Post Hoc, ayudados para ello con el software SPSS, cuyos resultados se pueden apreciar en el cuadro A.5.3

En el cuadro A.5.3 se aprecia que el software arroja un análisis comparativo entre cada una de los datos de resistencia a la tracción a diferentes tiempos de tratamiento comparados con su respectivo p-valor (sig.), donde todos los p-valor (sig.) < 0.05, existiendo diferencias significativas entre los tratamientos a 1, 2 y 3 pases de soldadura.

En el cuadro A.5.4 hay diferencias significativa entre 1,2 y 3 pasadas de soldadura porque todos los valores del subconjunto para alfa = 0.05 se encuentran en diferentes columnas demostrándose también la diferencia significativa ente ellos

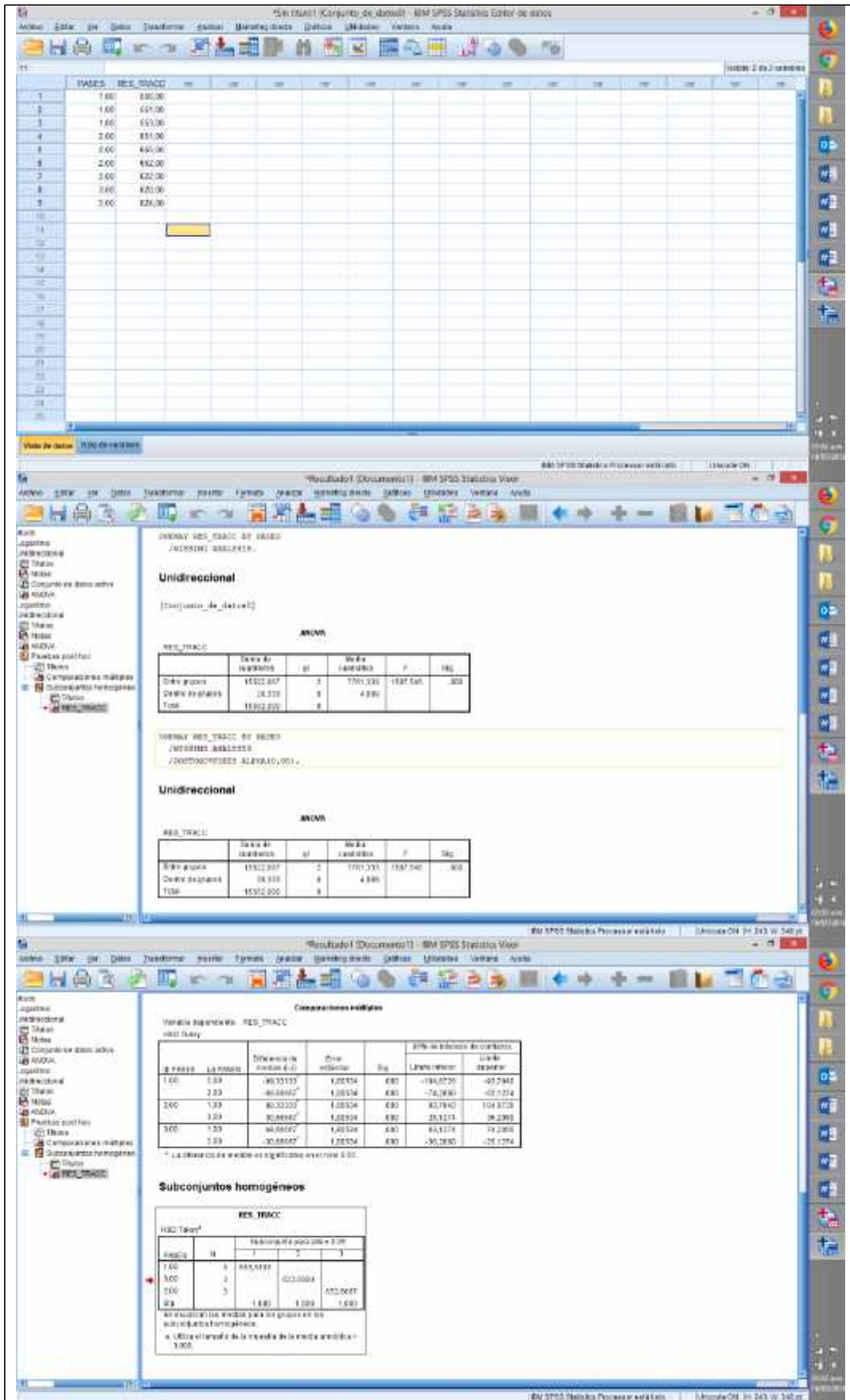
Cuadro A.5.5.

Puntos porcentuales de la distribución $F_{0.05, v_1, v_2}$

$V_2 \backslash V_1$	Grados de libertad del numerador (V_1)																		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	15	20	24	30	40	60	120	Inf.
2	161.4	199.5	215.7	224.6	230.2	234.9	238.0	240.9	243.5	245.9	247.9	249.9	251.0	251.1	251.1	251.2	251.3	251.3	251.3
3	18.51	18.00	19.16	19.15	19.30	19.35	19.35	19.37	19.38	19.40	19.41	19.45	19.45	19.45	19.46	19.47	19.48	19.48	19.50
4	7.71	6.94	6.52	6.39	6.26	6.16	6.08	6.04	6.03	6.06	6.01	6.06	6.00	5.97	5.95	5.92	5.89	5.86	5.83
5	6.61	5.79	5.41	5.19	5.05	4.95	4.88	4.82	4.77	4.74	4.68	4.62	4.56	4.50	4.50	4.46	4.43	4.40	4.36
6	5.90	5.14	4.75	4.53	4.39	4.28	4.21	4.15	4.11	4.06	4.00	3.94	3.87	3.84	3.81	3.77	3.74	3.70	3.67
7	5.55	4.71	4.35	4.12	3.97	3.87	3.79	3.73	3.68	3.64	3.57	3.51	3.44	3.41	3.38	3.34	3.30	3.27	3.23
8	5.32	4.46	4.07	3.84	3.69	3.58	3.50	3.44	3.39	3.35	3.28	3.22	3.15	3.12	3.08	3.04	3.01	2.97	2.93
9	5.12	4.26	3.85	3.63	3.48	3.37	3.29	3.23	3.18	3.14	3.07	3.01	2.94	2.90	2.85	2.81	2.79	2.75	2.71
10	4.96	4.10	3.71	3.48	3.33	3.22	3.14	3.07	3.02	2.98	2.91	2.85	2.77	2.74	2.70	2.66	2.63	2.58	2.54
11	4.84	3.98	3.59	3.36	3.20	3.09	3.01	2.95	2.90	2.85	2.79	2.72	2.65	2.61	2.57	2.52	2.49	2.45	2.40
12	4.75	3.89	3.49	3.26	3.10	3.00	2.91	2.85	2.80	2.75	2.69	2.62	2.54	2.51	2.47	2.43	2.38	2.34	2.30
13	4.67	3.81	3.41	3.18	3.02	2.92	2.83	2.77	2.71	2.67	2.60	2.53	2.46	2.42	2.38	2.34	2.30	2.25	2.21
14	4.60	3.74	3.34	3.11	2.96	2.85	2.76	2.70	2.65	2.60	2.53	2.46	2.39	2.35	2.31	2.27	2.22	2.18	2.13
15	4.54	3.68	3.27	3.04	2.89	2.79	2.71	2.64	2.59	2.54	2.48	2.40	2.33	2.29	2.25	2.20	2.16	2.11	2.07
16	4.49	3.63	3.22	3.00	2.85	2.74	2.66	2.59	2.54	2.49	2.42	2.35	2.28	2.24	2.19	2.15	2.11	2.06	2.01
17	4.44	3.58	3.17	2.94	2.80	2.70	2.61	2.54	2.49	2.44	2.38	2.31	2.23	2.19	2.15	2.10	2.06	2.01	1.96
18	4.41	3.55	3.14	2.91	2.77	2.66	2.58	2.51	2.45	2.41	2.34	2.27	2.19	2.15	2.11	2.06	2.02	1.97	1.92
19	4.38	3.52	3.11	2.88	2.74	2.63	2.54	2.48	2.42	2.38	2.31	2.23	2.16	2.11	2.07	2.03	1.98	1.93	1.88
20	4.35	3.49	3.08	2.85	2.71	2.60	2.51	2.44	2.39	2.35	2.28	2.20	2.12	2.08	2.04	1.99	1.95	1.90	1.84
21	4.32	3.47	3.06	2.83	2.68	2.57	2.48	2.42	2.37	2.32	2.25	2.18	2.10	2.05	2.01	1.95	1.92	1.87	1.81
22	4.30	3.44	3.03	2.80	2.65	2.54	2.45	2.40	2.34	2.30	2.23	2.15	2.07	2.03	1.98	1.94	1.89	1.84	1.78
23	4.28	3.42	3.01	2.78	2.63	2.52	2.43	2.37	2.32	2.27	2.20	2.13	2.05	2.01	1.96	1.91	1.86	1.81	1.76
24	4.26	3.40	3.00	2.77	2.62	2.51	2.42	2.36	2.31	2.25	2.18	2.11	2.03	1.98	1.94	1.89	1.84	1.79	1.73
25	4.24	3.39	2.99	2.76	2.60	2.49	2.40	2.34	2.28	2.24	2.16	2.09	2.01	1.96	1.92	1.87	1.82	1.77	1.71
26	4.23	3.37	2.98	2.74	2.59	2.47	2.39	2.33	2.27	2.22	2.15	2.07	1.99	1.95	1.90	1.85	1.80	1.75	1.69
27	4.21	3.35	2.96	2.73	2.57	2.46	2.37	2.31	2.25	2.20	2.13	2.06	1.97	1.93	1.88	1.84	1.79	1.73	1.67
28	4.20	3.34	2.95	2.71	2.56	2.44	2.36	2.29	2.24	2.19	2.12	2.04	1.96	1.91	1.87	1.82	1.77	1.71	1.65
29	4.18	3.33	2.93	2.70	2.55	2.43	2.35	2.28	2.22	2.18	2.10	2.03	1.94	1.90	1.85	1.81	1.75	1.70	1.64
30	4.17	3.32	2.92	2.69	2.53	2.42	2.33	2.27	2.21	2.16	2.09	2.01	1.93	1.89	1.84	1.79	1.74	1.68	1.62
40	4.08	3.23	2.84	2.61	2.45	2.34	2.25	2.18	2.12	2.08	2.00	1.92	1.84	1.79	1.74	1.69	1.64	1.58	1.51
50	4.00	3.15	2.75	2.53	2.37	2.25	2.17	2.10	2.04	1.99	1.92	1.84	1.75	1.70	1.65	1.59	1.53	1.47	1.39
120	3.92	3.07	2.68	2.45	2.29	2.17	2.09	2.02	1.95	1.91	1.83	1.75	1.66	1.61	1.55	1.50	1.43	1.35	1.25
Inf.	3.84	3.00	2.60	2.37	2.21	2.10	2.01	1.94	1.88	1.85	1.75	1.67	1.57	1.52	1.45	1.39	1.32	1.22	1.00

Fuente: Elaboración Propia.

Figura A.5.1



Fuente: Elaboración Propia.

Figuras de verificación del empleo del software SPSS

ANEXOS

ANEXO 6

FICHA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

FICHA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

DATOS GENERALES DEL EXPERTO.

- Apellidos y Nombres:
Arévalo Aranda César Pol
- Profesión:
Ingeniero Metalurgista - Ingeniero Civil.
- Grado académico:
Magister en Gestión de Riesgos Ambientales y de Seguridad en las Empresas
(Concluidos y titulado)
Doctorado en Ciencias e Ingeniería (en proceso)
- Actividad laboral actual:
Catedrático Universitario: Universidad Privada del Norte.
Asesor de tesis
Consultor especialista en diversos temas metalmecánico y metalúrgicos.
Consultor especialista en Seguridad, Salud en el Trabajo y Medio Ambiente.
Consultor de obras con Reg. N°: C – 73187 – RNP

Mg. Ing. César Pol Arévalo Aranda

ING. METALURGISTA - ING. CIVIL
REGISTRO DE CONSULTOR N° C 73187
CIP N° 139835

INDICACIONES AL EXPERTO.

En la tabla siguiente, se propone una escala del 1 al 5, que va en orden ascendente del desconocimiento al conocimiento profundo. Marque con una "X" conforme considere su conocimiento sobre el tema de la tesis evaluada.

1 Ninguno	2 Poco	3 Regular	4 Alto	5 X Muy alto
--------------	-----------	--------------	-----------	-----------------

1. Sírvase marcar con una "X" las fuentes que considere han influenciado en su conocimiento sobre el tema, en un grado alto, medio o bajo.

FUENTES DE ARGUMENTACIÓN	GRADO DE INFLUENCIA DE CADA UNA DE LAS FUENTES EN SUS CRITERIOS		
	A (ALTO)	M (MEDIO)	B (BAJO)
a) Análisis teóricos realizados. (AT)	X		
b) Experiencia como profesional. (EP)	X		
c) Trabajos estudiados de autores nacionales. (AN)	X		
d) Trabajos estudiados de autores extranjeros. (AE)	X		
e) Conocimientos personales sobre el estado del problema de investigación. (CP)	X		


Mg. Ing. César Pol Arévalo Aranda
ING. METALURGISTA - ING. CIVIL
REGISTRO DE CONSULTOR N° C 73187
CIP N° 130835

Estimado(a) experto(a):

El instrumento de recolección de datos a validar es una *Ficha de Registro de Ensayo de tracción*, cuyo objetivo es evaluar el efecto de la soldadura SMAW de pasos múltiples sobre la resistencia a tracción en uniones de acero ASTM A36.

Con el objetivo de corroborar la validación del instrumento de recolección de datos, por favor le pedimos responda a las siguientes interrogantes:

1. ¿Considera pertinente la aplicación de esta *Ficha de Registro de Ensayo de Tracción* para los fines establecidos en la investigación?

Es pertinente: X Poco pertinente: __ No es pertinente: __

Por favor, indique las razones:

Esta enfocado en datos técnicas operacionales de aplicación internacional.

2. ¿Considera que la *Ficha de Registro de Ensayo de Tracción* formula las preguntas suficientes para los fines establecidos en la investigación?

Son suficientes: X Insuficientes: __

Por favor, indique las razones:

Esta enfocado en obtener datos que se encuentran debidamente sustentadas en sus objetivos e hipótesis.

3. ¿Considera que las preguntas están adecuadamente formuladas de manera tal que no existan dudas en la elección y/o redacción de sus respuestas?

Son adecuadas: X Poco adecuadas: __ Inadecuadas: __

Por favor, indique las razones:

Son preguntas sencillas de fácil entendimiento, no emplea palabras muy técnicas que dificulten las repuestas.

4. Califique los ítems según un criterio de precisión y relevancia para el objetivo del instrumento de recolección de datos.

Item	Precisión			Relevancia			Sugerencias
	Muy precisa	Poco precisa	No es precisa	Muy relevante	Poco Relevante	Irrelevante	
Ficha de Registro de Ensayo de tracción	X			X			Ninguna

5. ¿Qué sugerencias haría Ud. para mejorar el instrumento de recolección de datos?

Todo esta conforme.

Le agradecemos por su colaboración.

Fecha de evaluación: 20 de julio de 2018



My. Ing. César Pol Arévalo Aranda
ING. METALURGISTA - ING. CIVIL
REGISTRO DE CONSULTOR N° C 71587
CIP N° 139625

Estimado(a) experto(a):

El instrumento de recolección de datos a validar es una *Ficha de Registro de Ensayo de Soldadura*, cuyo objetivo es evaluar el efecto de la soldadura SMAW de pasos múltiples sobre la resistencia a tracción en uniones de acero ASTM A36.

Con el objetivo de corroborar la validación del instrumento de recolección de datos, por favor le pedimos responda a las siguientes interrogantes:

1. ¿Considera pertinente la aplicación de esta *Ficha de Registro de Ensayo de Soldadura* para los fines establecidos en la investigación?

Es pertinente: X Poco pertinente: __ No es pertinente: __

Por favor, indique las razones:

Esta enfocado en datos técnicas operacionales de aplicación internacional.

2. ¿Considera que la *Ficha de Registro de Ensayo de Soldadura* formula las preguntas suficientes para los fines establecidos en la investigación?

Son suficientes: X Insuficientes: __

Por favor, indique las razones:

Esta enfocado en obtener datos que se encuentran debidamente sustentadas en sus objetivos e hipótesis.

3. ¿Considera que las preguntas están adecuadamente formuladas de manera tal que no existan dudas en la elección y/o redacción de sus respuestas?

Son adecuadas: X Poco adecuadas: __ Inadecuadas: __

Por favor, indique las razones:

Son preguntas sencillas de fácil entendimiento, no emplea palabras muy técnicas que dificulten las repuestas,

4. Califique los ítems según un criterio de precisión y relevancia para el objetivo del instrumento de recolección de datos.

Item	Precisión			Relevancia			Sugerencias
	Muy precisa	Poco precisa	No es precisa	Muy relevante	Poco Relevante	Irrelevante	
Ficha de Registro de Ensayo de soldadura	X			X			Ninguna

5. ¿Qué sugerencias haría Ud. para mejorar el instrumento de recolección de datos?
Todo está conforme.

Le agradecemos por su colaboración.

Fecha de evaluación: 20 de julio de 2018



Mg. Ing. César Arevalo Aranda
ING. METALURGISTA - ING. CIVIL
REGISTRO DE CINECULTOR N° C. 73187
CIP Nº 139835

ESTUDIO DEL EFECTO SOLDADURA DE PASOS MÚLTIPLES SOBRE RESISTENCIA A TRACCIÓN EN SOLDADURA DEL ACERO ASTM A36 PROCESO SMAW

INFORME DE ORIGINALIDAD



FUENTES PRIMARIAS

1	docplayer.es Fuente de Internet	2%
2	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	2%
3	repositorio.unc.edu.pe Fuente de Internet	1%
4	dspace.unitru.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	1%
6	myslide.es Fuente de Internet	1%
7	documents.mx Fuente de Internet	1%
8	es.slideshare.net Fuente de Internet	1%



ACTA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD DE TESIS

Yo, Salazar Mendoza Anibal Jesús, Asesor del curso de desarrollo del trabajo de investigación y revisor de la tesis de la estudiante Montoya Vargas Gino Enrique, titulado: "ESTUDIO DEL EFECTO SOLDADURA DE PASOS MÚLTIPLES SOBRE RESISTENCIA A TRACCIÓN EN SOLDADURA DE ACERO ASTM A36 PROCESO SMAW" constato que la misma tiene un índice de similitud de 14 % verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin.

El suscrito analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

Chiclayo, 16 de agosto de 2018


DR. SALAZAR MENDOZA ANIBAL JESUS

DNI: 16220289

CAMPUS CHICLAYO
Carretera Pimentel km. 3.5



**AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE
TESIS EN REPOSITORIO INSTITUCIONAL
UCV**

Código : F08-PP-PR-02.02
Versión : 09
Fecha : 23-03-2018
Página : de 1

Yo Gino Enrique Montoya Vargas, identificado con DNI N° 47464320,
egresado de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica de la Universidad
César Vallejo, autorizo No autorizo () la divulgación y comunicación pública de mi
trabajo de investigación titulado
Estudio del efecto soldadura de Pasos Multielas
sobre la resistencia a tracción en soldadura del
Acero ASTM A36 Proceso SMAW
"; en el Repositorio Institucional
de la UCV (<http://repositorio.ucv.edu.pe/>), según lo estipulado en el Decreto Legislativo
822, Ley sobre Derecho de Autor, Art. 23 y Art. 33

Fundamentación en caso de no autorización:

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

FIRMA

DNI: 47464320

FECHA: 29 de Febr del 2018.

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Responsable del SGC	Aprobó	Vicerrectorado de Investigación
---------	----------------------------	--------	---------------------	--------	---------------------------------

