

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de **INGENIERÍA CIVIL**

“APLICACIÓN DE SOLDADURA CON  
ELECTRODO REVESTIDO EN UNIÓN A TOPE DE  
BARRAS DE REFUERZO GRADO 60 NTP  
341.031, TRUJILLO – PERÚ, 2022”

Tesis para optar al título profesional de:

**INGENIERO CIVIL**

**Autor:**

Carlos Leandro Cruz Perez

**Asesor:**

Ing. Alberto Rubén Vásquez Días  
<https://orcid.org/0000-0001-9018-5763>

Trujillo - Perú

## JURADO EVALUADOR

Jurado 1 Presidente(a)	<b>Sonia Rubio Herrera</b>	<b>42984416</b>
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 2	<b>German Sagastegui Vásquez</b>	<b>45373822</b>
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 3	<b>Cinthya Alvarado Ruiz</b>	<b>71412783</b>
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

## INFORME DE SIMILITUD



### Document Information

Analyzed document	TESIS CARLOS CRUZ.docx (D156168714)
Submitted	1/17/2023 6:27:00 PM
Submitted by	Alberto Vasquez
Submitter email	ruben.vasquez@upn.pe
Similarity	4%
Analysis address	ruben.vasquez.delnor@analysis.orkund.com

### Sources included in the report

<b>SA</b>	<b>9764--minchola_rg.pdf</b> Document 9764--minchola_rg.pdf (D36149516)		2
<b>W</b>	URL: <a href="https://www.cip.org.pe/publicaciones/2021/enero/portal/e.060--concreto-armado-sencico.pdf">https://www.cip.org.pe/publicaciones/2021/enero/portal/e.060--concreto-armado-sencico.pdf</a> Fetched: 7/1/2021 8:04:52 AM		2
<b>W</b>	URL: <a href="http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/219/B2-M-18394.pdf?sequence=1&amp;isAllowed=y">http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/219/B2-M-18394.pdf?sequence=1&amp;isAllowed=y</a> Fetched: 12/3/2021 12:28:52 AM		4
<b>SA</b>	<b>omar soto basilio.pdf</b> Document omar soto basilio.pdf (D40090447)		2
<b>SA</b>	<b>10737-Caballero Espinoza Saúl César_.pdf</b> Document 10737-Caballero Espinoza Saúl César_.pdf (D37680731)		1
<b>SA</b>	<b>PAZMINNO_DAVILA_SEBASTIAN_PROYECTO_INTEGRADOR_II.docx</b> Document PAZMINNO_DAVILA_SEBASTIAN_PROYECTO_INTEGRADOR_II.docx (D30063063)		2
<b>SA</b>	<b>GONZÁLEZ DIANA_PARRA KEVIN.docx</b> Document GONZÁLEZ DIANA_PARRA KEVIN.docx (D142442626)		2
<b>SA</b>	<b>submission.docx</b> Document submission.docx (D112325212)		3
<b>SA</b>	<b>TESIS DANIEL ARMAS (2).pdf</b> Document TESIS DANIEL ARMAS (2).pdf (D128523318)		1

### Entire Document

FACULTAD DE INGENIERÍA Carrera de Ingeniería Civil "APLICACIÓN DE SOLDADURA CON ELECTRODO REVESTIDO EN UNIÓN A TOPE DE BARRAS DE REFUERZO GRADO 60 NTP 341.031, TRUJILLO – PERÚ, 2022"

Trabajo de investigación para optar al título profesional de:  
INGENIERO CIVIL

## **DEDICATORIA**

En primer instancia, se lo dedicó a Dios por abrir el camino y guiarme en todo momento, poniendo los obstáculos y soluciones ante cualquier adversidad..

A mis padres Carlos Cruz Segura y Rosa Perez Muñoz, por su apoyo incondicional y ayudarme a llegar a esta etapa de mi vida.

A mis hermanos y familia por el apoyo durante el transcurso de mi carrera universitaria.

## **AGRADECIMIENTO**

Gracias por brindarme una enseñanza de calidad, basado en el apoyo teórico que brindaban los profesores que integran la facultad de la carrera de Civil de la prestigiosa  
Universidad Privada del Norte.

Al nuestro estimado asesor el Ing. Alberto Rubén Vásquez Díaz por que acepto ser  
nuestro guía de manera desinteresada.

A mis compañeros de la Universidad, por su amistad y apoyo en todo este proceso  
académico.

## TABLA DE CONTENIDO

JURADO EVALUADOR	2
INFORME DE SIMILITUD	3
DEDICATORIA	4
AGRADECIMIENTO	5
TABLA DE CONTENIDO	6
ÍNDICE DE TABLAS	9
ÍNDICE DE FIGURAS	10
RESUMEN	12
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	13
<b>1.1. Realidad problemática</b>	<b>13</b>
1.1.1. Antecedentes	17
1.1.2. Bases teóricas	21
<b>1.2. Formulación del problema</b>	<b>38</b>
<b>1.3. Objetivos</b>	<b>38</b>
1.3.1. Objetivo general	38
1.3.2. Objetivo específicos	38
<b>1.4. Hipótesis</b>	<b>39</b>
1.4.1. Hipótesis general	39
1.4.2. Hipótesis específicas	39
CAPÍTULO II: METODOLOGÍA	40
<b>2.1. Tipo de investigación</b>	<b>40</b>
<b>2.2. Diseño de investigación</b>	<b>40</b>
<b>2.3. Variables</b>	<b>40</b>
2.3.1. Variables independiente: Barras de refuerzo Grado 60 NTP 341.031 con unión soldada a tope con proceso SMAW	40

2.3.2.	Variables dependiente: Soldabilidad de barras de refuerzo	42
2.3.3.	Clasificación de variables	42
2.3.4.	Operacionalización de variables	43
<b>2.4.</b>	<b>Población</b>	<b>44</b>
<b>2.5.</b>	<b>Muestra</b>	<b>44</b>
2.5.1.	Tamaño de muestra	45
<b>2.6.</b>	<b>Técnicas e instrumentos de recolección de datos</b>	<b>45</b>
2.6.1.	Técnica	45
2.6.2.	Instrumento	46
2.6.3.	Validación del instrumento	46
2.6.4.	Análisis de datos	46
2.6.5.	Instrumento de análisis de datos	48
<b>2.7.</b>	<b>Procedimientos</b>	<b>49</b>
2.7.1.	SOLDADURA	50
2.7.2.	ENSAYOS	51
2.7.3.	ANÁLISIS DE RESULTADOS	55
2.7.4.	ANÁLISIS ESTADÍSTICO	55
<b>CAPÍTULO III: RESULTADOS</b>		<b>56</b>
<b>3.1.</b>	<b>Ensayo de tracción</b>	<b>56</b>
3.1.1.	Límite de fluencia ( $f_y$ )	56
3.1.2.	Resistencia a la tracción (MPa)	57
3.1.3.	Relación $R/f_y$	58
<b>3.2.</b>	<b>Ensayo de Macroataque</b>	<b>59</b>
<b>3.3.</b>	<b>Prueba de hipótesis</b>	<b>59</b>
3.3.1.	Prueba de normalidad	59
3.3.2.	Análisis de varianza	60
<b>CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES</b>		<b>61</b>
<b>4.1.</b>	<b>Discusión de resultados</b>	<b>61</b>
4.1.1.	Limitaciones	61

4.1.2.	Análisis comparativo	62
4.1.3.	Implicancias	68
<b>4.2.</b>	<b>Conclusiones</b>	<b>68</b>
<b>4.3.</b>	<b>Recomendaciones</b>	<b>69</b>
	REFERENCIAS	70
	ANEXOS	74

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Composición química de la barra de acero .....	22
Tabla 1. Soldabilidad de algunos aceros comerciales en función al CC y CE .....	27
Tabla 3. Código de electrodos .....	32
Tabla 4. Interpretación de los 2 primeros dígitos .....	32
Tabla 5. Interpretación de los 3 primeros dígitos .....	32
Tabla 6. Tipo de corriente y polaridad del electrodo .....	33
Tabla 7. Dimensiones y pesos nominales del acero ASTM A 615 .....	34
Tabla 8. Propiedades mecánicas del acero ASTM A 615 G60 .....	34
Tabla 9. Diámetro de doblado del acero ASTM A 615 G60 .....	35
Tabla 10. Longitud total mínima de probeta de tracción de la barra corrugada .....	37
Tabla 11. Requisitos de soldadura de ranura para juntas de tope directo .....	41
Tabla 12. Clasificación de variables .....	42
Tabla 13. Operacionalización de la variable independiente .....	43
Tabla 14. Operacionalización de la variable dependiente .....	43
Tabla 15. Tamaño de la muestra .....	45
Tabla 16. Temperatura mínima del precalentamiento y entre pases .....	51
Tabla 17. Resultados del ensayo de macroataque .....	59
Tabla 18. Prueba de normalidad de los datos .....	59
Tabla 19. Análisis de varianza (ANOVA) del límite de fluencia .....	60
Tabla 20. Análisis de varianza (ANOVA) de la resistencia a la tracción .....	60
Tabla 21. Resultados del límite de fluencia de las barras de refuerzo grado 60 .....	74
Tabla 22. Resultados de la resistencia a la tracción de las barras de refuerzo grado 60 .....	74
Tabla 23. Resumen del límite de fluencia de las barras de refuerzo grado 60 .....	75
Tabla 24. Resumen de la resistencia a la tracción de las barras de refuerzo grado 60 .....	75
Tabla 25. Resumen de la relación R/fy de las barras de refuerzo grado 60 .....	75
Tabla 26. Resultados del ensayo de macroataque .....	76

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama del contenido de carbono contra el carbono equivalente.....	26
Figura 2. Proceso de soldadura por arco con electrodo revestido (SMAW) .....	28
Figura 3. Soldadura en ranura (V sencilla).....	30
Figura 4. Soldadura en filete .....	31
Figura 5. Maquina universal de ensayos de tracción .....	35
Figura 6. Diagrama de esfuerzo - deformación .....	36
Figura 7. Probetas para el ensayo de tracción de barra corrugada .....	36
Figura 8. Uniones directas a tope .....	41
Figura 9. Muestra de barra de refuerzo soldada en unión a tope.....	44
Figura 10. Probeta para el ensayo de tracción de junta directa a tope.....	45
Figura 11. Validación del instrumento .....	46
Figura 12. Análisis de datos de la investigación.....	47
Figura 13. Procedimientos de la investigación .....	49
Figura 14. Probeta para ensayo de tracción de junta a tope .....	52
Figura 15. Probeta para el ensayo de macroataque.....	52
Figura 16. Resultados del límite de fluencia de las barras de refuerzo grado 60 .....	56
Figura 17. Resultados de la resistencia a la tracción de las barras de refuerzo grado 60 .....	57
Figura 18. Resultados de la relación R/fy de las barras de refuerzo grado 60 .....	58
Figura 19. Barras de refuerzo de diámetro 3/4” y 5/8” de las marcas Aceros Arequipa, Arcelor Mittal, y Siderperu.....	79
Figura 20. Cortado de muestras de barras de refuerzo de 0.40m de longitud. ....	79
Figura 21. Cortado de muestras de barras de refuerzo de 0.20m de longitud .....	80
Figura 22. Proceso de cortado de probetas de 0.20 y 0.40 metros .....	80
Figura 23. Verificación de medidas de las probetas de acero de refuerzo de 0.40m de longitud. ...	81
Figura 24. Verificación de medidas de las probetas de acero de refuerzo de 0.20m de longitud....	81
Figura 25. Probetas de acero de refuerzo de 0.20m y 0.40m de longitud. ....	82
Figura 26. Biselado en V de probetas con bisel de 22.5° y espesor de raíz de 3 milímetros.....	82
Figura 27. Verificación de ángulo de bisel en V de 22.5° con goniómetro.....	83

Figura 28. Vista lateral de junta a tope de barras de refuerzo con un espaciamiento de 3 mm. ....	83
Figura 29. Vista en planta de junta a tope de barras de refuerzo con un espaciamiento de 3 mm...	84
Figura 30. Barras de acero de refuerzo soldadas de diámetro 5/8" y 3/4" con unión a tope y bisel en V de la mara Aceros Arequipa .....	84
Figura 31. Barras de acero de refuerzo soldadas de diámetro 5/8" y 3/4" con unión a tope y bisel en V de la mara Siderperu.....	85
Figura 32. Barras de acero de refuerzo soldadas de diámetro 5/8" y 3/4" con unión a tope y bisel en V de la mara Arcelor Mittal. ....	85
Figura 33. Probetas de barras de refuerzo sometidas al ensayo de esfuerzo de tracción mecánica .	86

## RESUMEN

La investigación se desarrolló en el distrito de Trujillo, pudiendo determinar que la aplicación de soldadura con electrodo revestido en unión a tope influye en las propiedades mecánicas de barras de refuerzo grado 60 NTP 341.031, Trujillo - Perú, 2022, el diseño fue experimental, con un muestreo probabilístico. La presente investigación estudia la soldabilidad de las barras de refuerzo contemplando los parámetros y procedimientos de las normas vigentes, en la industria de la construcción, el acero corrugado ASTM A615 Grado 60 (NTP.341.031 G60) es muy utilizado específicamente para las estructuras de concreto armado, para ello se seleccionó 3 marcas de acero Aceros Arequipa, Arcelor Mittal y Siderperu, logrando obtener como resultado que el esfuerzo de fluencia ( $f_y$ ) promedio que alcanzan las barras soldadas y las barras sin soldar de la marca Aceros Arequipa, Arcelor Mittal y Siderperu cumplen con el esfuerzo de fluencia exigido por la norma NTP 341.031 que es de 420 MPa , asimismo la resistencia a la tracción (R) promedio de las barras sin soldar y las barras soldadas en junta a tope cumplen con la resistencia a la tracción exigido por la Norma NTP 341.031 que es 620 MPa, por lo tanto los aceros son sismorresistentes.

**PALABRAS CLAVES:** SOLDADURA, ELECTRODO, REFUERZO

## CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

### 1.1. Realidad problemática

En la industria de la construcción, el acero corrugado ASTM A615 Grado 60 (NTP.341.031 G60) es muy utilizado específicamente para las estructuras de concreto armado, el cual se ha fabricado para trabajar conjuntamente con el concreto por su textura, propiedades físicas, mecánicas y composición química. Sin embargo en el medio también se los utiliza a gran escala en aquellas construcciones donde trabaja en acero puro, siendo este tipo de estructuras como armaduras de grandes vigas o tijerales abovedados y triangulares de techos o coberturas de coliseos, campos deportivos y otros tipos de construcciones.

A nivel de Latinoamérica la Asociación Latinoamericana del Acero (2019) a través de su publicación “América Latina en Cifras 2018” revela que el consumo aparente de acero en el 2018 en países latinoamericanos fue de 68.5 millones de toneladas; dentro de los más destacados se encuentran: México con 25.9 millones de toneladas, Brasil con 20.1 millones de toneladas, Argentina con 5.0 millones de toneladas y Perú con 3.8 millones de toneladas en consumo de acero. Donde el mayor sector usuario es el Sector Construcción con un 51% de consumo de acero.

El acero ha tenido un rol fundamental en gran parte de la historia de la humanidad. Fue el material para las herramientas de la Edad de Hierro, las armas de la Edad Media y las máquinas que impulsaron la Revolución Industrial, desempeñando un rol clave en el desarrollo del mundo hasta la actualidad donde su uso sigue siendo igualmente decisivo. Con una población actual concentrada en mayor porcentaje en las principales ciudades, el acero estará entre los materiales claves para construir estas megaciudades, sus edificios y su infraestructura.

Según la World Steel Association (2019), la industria del acero sigue siendo el núcleo del desarrollo global. Lo cual se refleja su publicación "World Steel in Figures edición 2019" donde muestra que la producción de acero en el año 2018 a nivel mundial fue de 1808 millones de toneladas; ocupando los primeros lugares esta: China con 928.3 millones de toneladas, seguido de India con 106.5 millones de toneladas, Japón con 104.3 millones de toneladas, USA con 86.6 millones de toneladas y en noveno lugar Brasil con 34.9 millones de toneladas de acero. De todas estas cifras a nivel mundial más del 50% de la producción de acero se destina a la Industria de la Construcción para edificios e infraestructura. Siendo este un material muy versátil, 100% reciclable y con una tasa de recuperación en obra del 85%.

El mercado nacional de la construcción utiliza como elemento estructural a la barra corrugada de acero para concreto reforzado, la cual requiere ser unida una a otra por un medio que garantice la adecuada transferencia de carga, es decir, su concentricidad, y la menor cantidad de unidades utilizadas comparado con el método convencional de traslape, una alternativa de unión de estas barras es mediante la soldadura de las mismas. En el Perú, la barra corrugada más utilizada es la ASTM A 615 Grado 60 (NTP.341.031 G60), la cual no presenta las mejores propiedades de soldabilidad comparada con la barra corrugada ASTM A 706, según lo demostrado en tesis de grado anteriores, debido a que esta última exige un control más estricto de los elementos químicos que la componen.

El problema fundamental que tiene el acero corugado ASTM A615 Grado 60, radica en su baja capacidad para ser soldado, debido a que cuenta con un alto porcentaje de contenido de carbono; la composición química de la barra y sobre todo el contenido de carbono es importante para lograr que la región que ha sido soldada sea más resistente que el metal base.

La Industria de la Construcción es el principal consumidor de acero a nivel mundial y Latinoamérica, debido a la importancia de este material en la construcción de estructuras sismorresistentes, ya sea en edificios, puentes, vías o infraestructura. En este contexto para motivos aplicativos de esta investigación, el estudio se enfoca a las barras de refuerzo de acero al carbono bajo la Norma Técnica Peruana 341.031 Grado 60 y la Norma Internacional ASTM A615/A615M Grado 60.

Las barras de refuerzo es una clase de acero laminado que está diseñado especialmente para construir elementos estructurales de concreto armado, este tipo de acero sirve para hacer armaduras, que es el conjunto de barras que forman una estructura funcionalmente homogénea; es decir, trabajan conjuntamente para resistir determinada clase de esfuerzo en combinación con el concreto, garantizando un óptimo comportamiento de los elementos estructurales de concreto armado ante fuerzas sísmicas, debido a su ductilidad (capacidad de deformarse sin romperse).

Las barras de refuerzo ofrecen ventajas al momento de confeccionar la armadura in situ (lugar de la obra) , la cual se realiza en menor tiempo por la facilidad del doblado y anclaje, facilidad de recubrimiento, así como empalmes mediante traslape y unión mediante soldadura; siendo este último, objeto de estudio en esta investigación, ya que es una práctica común para lograr la continuidad en las barras de refuerzo para concreto armado, donde el traslape no es una solución practica o no lo permita el reglamento de construcción vigente del país donde se realiza la obra. El tipo de junta a evaluar es aquella que presenta la mayor facilidad de ejecución frente a otras propuestas por el mismo código y que a criterio de especialistas en el campo de la construcción civil seria la de mayor utilidad. Esta es la junta a tope directo en forma de V en la posición IG.

El Instituto Americano de Concreto (2014) a través de la norma ACI 318S indica que, “Para las barras mayores de No. 36 no se deben utilizar empalmes por traslapo”, debido a la carencia de datos experimentales adecuados sobre empalmes por traslapo de barras No. 43 y No. 57 en compresión y en tracción, el empalme por traslapo de estos tamaños de barras está prohibido, dando opción a la unión mediante conectores mecánicos y soldadura. Así mismo, indica que, “Un empalme mecánico o soldado, debe desarrollar en tracción o compresión, según se requiera, al menos,  $1.25f_y$  de la barra.”, requisito de resistencia a la tracción de 125% de la resistencia a la fluencia especificada que está pensado para lograr una soldadura apropiada, principalmente para barras grandes (No. 19 y mayores) en elementos principales.

El Reglamento Nacional de Edificaciones a través de la Norma E 060 (Capítulo III- Materiales) detalla que, “El refuerzo que va a ser soldado, así como el procedimiento de soldadura, el cual deberá ser compatible con los requisitos de soldabilidad del acero que se empleará, deberán estar indicados en los planos y especificaciones del proyecto, así como la ubicación y tipo de los empalmes soldados y otras soldaduras requeridas en las barras de refuerzo. La soldadura de barras de refuerzo debe realizarse de acuerdo con —Structural Welding Code – Reinforcing Steel, ANSI/AWS D1.4 de la American Welding Society. Las normas ASTM para barras de refuerzo, excepto la ASTM A 706M (NTP 339.186:2008) deben ser complementadas con un informe de las propiedades necesarias del material para cumplir con los requisitos de ANSI/AWS D1.4.”

La norma internacional ACI y la norma peruana E 060 establecen los parámetros y recomendaciones en la unión por soldadura de barras de refuerzo, basados en la norma ANSI/AWS D1.4, con la finalidad de otorgar seguridad a las construcciones, ya que no solo depende de la resistencia de las barras sino también de las uniones soldadas. Por este motivo es importante estudiar las propiedades mecánicas de estas uniones respetando las normas

vigentes para este procedimiento, esto se puede evidenciar en las siguientes investigaciones que evaluaron esta problemática.

Esta investigación toma en cuenta estos factores durante el proceso de soldadura cumpliendo lo estipulado por la norma ANSI/AWS D1.4, por lo que, con el objetivo de garantizar la validez de los resultados se procede a realizar un WPS (Welding Procedure Specification) y un PQR (Procedure Qualification Record), posteriormente se realiza el procedimiento de soldadura, los ensayos, finalmente se realiza el análisis de resultados de las pruebas y se elaboran las mejoras correspondientes en el procedimiento de soldadura y se presentan las conclusiones del trabajo.

### **1.1.1. Antecedentes**

Rodríguez & Asabay (2006) en su investigación tuvo por objetivo evaluar cual era el efecto de la soldadura sobre las propiedades mecánicas de las barras de refuerzo que son producidas en México bajo la norma NMX-C-407 (ASTM A 615). Para ello seleccionó una muestra de 54 barras de diámetros de 1”(25.4 mm), 1-1/4” (31.8 mm) y 1-1/2” (38.1 mm), las cuales fueron ensayadas a tensión a la falla en una máquina Universal, las variables que se evaluaron fueron el tipo de electrodo y el bisel, y el efecto del precalentamiento, además la soldadura aplicada se realizó siguiendo procedimientos usuales de campo, sin precalentamiento de la barra, sin resecado de los electrodos, sin esmerilar las superficies a unir, etc. Obteniendo como resultados que sólo las barras de refuerzo No 8 soldadas con doble bisel y electrodos E90 podrían alcanzar valores recomendados de capacidades resistentes y de deformación de barras de refuerzo en elementos de concreto reforzado que son sometidos a acciones sísmicas, dichos resultados son referentes a un proceso de soldadura de electrodo E-9018, doble bisel y aplicación de precalentamiento en las muestras Concluyendo que no soldar barras de refuerzo con características de la normativa NMX-C-407 con diámetros mayores que el diámetro No 8 (25.4 mm). El aporte de esta tesis es que

brinda información sobre las pobres características de soldabilidad de las barras de refuerzo de acero que se usan con características según la norma ASTM A 615 por lo que el autor solo recomienda usar barras de refuerzos fabricados bajo la norma ASTM A 706 por las buenas características de soldabilidad de barras de refuerzo con aceros de baja aleación.

Díaz (2014) en su investigación tuvo por objetivo analizar la soldabilidad del acero corrugado fabricado según la norma ASTM A 615 G60 y la relación al acero corrugado que fue fabricado bajo la norma ASTM A 706 G60. Para ello, una muestra de 50 barras de acero corrugado de diámetros de  $\varnothing 1/2"$  (# 4),  $\varnothing 5/8"$  (# 5) y  $\varnothing 3/4"$  (# 6) fueron ensayados a tensión de falla en una máquina universal, las variables que fueron evaluados son el tipo de electrodo, de discontinuidad de la soldadura y de acero, además la soldadura de las barras se llevó a cabo siguiendo procedimientos usuales de campo, sin precalentamiento de la barra, sin resecado de los electrodos, sin esmerilar las superficies a unir, etc. Obtuvo como resultado que la relación  $F_{su}/F_y$  en soldaduras en donde se utilizó electrodos E6011 para barra de la norma ASTM A 615 y ASTM A 706, alcanzaron valores por debajo del mínimo 1.25 recomendado por la norma ANSI/AWS D1.4-05. Las barras de refuerzo de  $\varnothing 5/8"$  soldadas con el electrodo E7018 de la norma ASTM A 615, alcanzaron mayores valores de la relación  $F_{su}/F_y$ , es decir que alcanzaron el valor mínimo de 1.25 recomendado por la norma AWS. Sin embargo, las barras de  $\varnothing 1\frac{1}{2}"$  y  $\varnothing 3/4"$  no llegaron al valor mínimo recomendado, dichos resultados dependen del uso de dos tipos de electrodo (E-6011 y E-7018) contrastando lo antes mencionado con respecto a la resistencia que otorgan estos. Pero también demuestra que el diámetro es una variable importante en este proceso. Concluyendo que, 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. El aporte de esta tesis es que se demuestra que la barra corrugada fabricada según la norma ASTM A 615 tiene mejor soldabilidad con el electrodo E 7018.

Hurtado (2011) en su investigación tuvo por objetivo evaluar cual era la soldabilidad de las barras corrugadas de acero belgo 60 que son fabricadas para el concreto reforzado bajo las recomendaciones del código ANSI/AWS D1.4-2005, el tipo de junta que fue estudiado fue el de junta directa a tope bajo una soldadura en V simple de posición 1G, los diámetros que fueron analizados fueron de  $\text{Ø}3/8"$ ,  $\text{Ø}5/8"$ ,  $\text{Ø}3/4"$  y  $\text{Ø}1"$ , se utilizó la unión soldada a tope utilizando electrodo E-8018, bisel y un procedimiento de precalentamiento en las barras de refuerzo. Obteniendo que las barras corrugadas de acero BELGO 60 de diámetros  $3/8"$ ,  $5/8"$ ,  $3/4"$  y  $1"$  cumplen con los requerimientos de las normas ASTM A615 Y ASTM A706, además los procedimientos propuestos para la unión de estas barras, empleando una junta directa a tope, cumplen con los requerimientos de calificación estipulados por el código ANSI/AWS D1.4-05. Concluyendo que, las uniones de las barras corrugadas de acero de menor diámetro se debe tener especial cuidado en la técnica y la habilidad del soldador, pues por su pequeño tamaño es más susceptible a presentar discontinuidades de soldadura, dejando en claro que la habilidad del soldador es un factor importante en este procedimiento. El aporte de esta tesis es que el resultado de la resistencia a la tracción de la unión soldada depende de varios factores: tipo de electrodo, tipo de bisel, precalentamiento, diámetro y la habilidad del soldador, las cuales son fundamentales durante el proceso de soldadura de acero de refuerzo. El electrodo otorga distintas resistencias a la unión de soldadura dependiendo del tipo, los más usados para este proceso son E-6011, E-7018, E-8018 y E-9018, la resistencia a tracción de estos aumenta respectivamente, siendo el electrodo E-9018 el de mayor resistencia. El tipo de bisel permite la penetración de la soldadura en la unión y la aplicación de un precalentamiento evita fisuras alrededor de la unión soldada.

Rivera & Romero (2016) en su investigación tuvo por objetivo estudiar la soldabilidad que tenían las barras corrugadas de acero fabricados bajo la norma NTP 341.031 G60 de  $\varnothing 5/8"$ , en junta a tope y traslapada para el concreto armado, el análisis se realizó mediante procedimientos de soldadura y criterios metalúrgicos para ello se analizó bajo los ensayos de tracción y macroataque según las especificaciones de la norma AWS D1.4 para calificar el procedimiento, posteriormente se preparó las barras soldados junto a diez barras control. Obteniendo que la ductilidad promedio de las barras soldadas en junta a tope, las barras soldadas en junta traslapada y las barras sin soldar son de 13.43 % ,9.20% y 17.68 % respectivamente, estos representan el 149.22 % ,102.22 % y 196.44% de la ductilidad exigido por la norma NTP 341.031 (ASTM A 615) que es de 9%, por lo tanto los tres tratamientos analizados cumplen con las exigencias de la norma NTP 341.031, el esfuerzo de fluencia ( $f_y$ ) promedio que alcanzan las barras soldadas en junta a tope, las barras soldadas en junta traslapada y las barras sin soldar son de 453.36 Mpa ,433.61 Mpa y 450.77 Mpa respectivamente, estos representan el 107.94 % , 103.24% y 107.33% del esfuerzo de fluencia exigido por la norma NTP 341.031 que es de 420 Mpa , asimismo la resistencia a la tracción (R) promedio de las barras sin soldar, las barras soldadas en junta a tope y traslape son de 720.37 Mpa,725.71 Mpa y 680.81 Mpa respectivamente , estos representan 116.19 % , 117.05 % y 109.81 % de la resistencia a la tracción exigido por la Norma NTP 341.031 que es 620 Mpa , por lo tanto los tres tratamientos analizados cumplen con las exigencias de la norma NTP 341.031 respecto al esfuerzo de fluencia y resistencia a la tracción. Concluyendo que, las barras corrugadas de acero de refuerzo NTP 341.031, soldadas en junta a tope tienen mejores propiedades mecánicas que las soldadas en junta traslapada. El aporte de esta tesis es que muestra la importancia de evaluar la resistencia a la tracción, el esfuerzo de fluencia y la ductilidad en el ensayo de tracción, las cuales serán consideradas para ser analizadas en las barras de acero de refuerzo considerdas en la presente investigación.

## **1.1.2. Bases teóricas**

### **1.1.2.1. El acero**

#### **1.1.2.1.1 Definición**

El Acero es básicamente una aleación o combinación de hierro y carbono (alrededor de 0,05% hasta menos de un 2%). Algunas veces otros elementos de aleación específicos tales como el Cr (Cromo) o Ni (Níquel) se agregan con propósitos determinados (CAP, 200). La soldabilidad de los aceros depende en alto grado de porcentaje de carbono que contengan. A mayor cantidad de carbono presente en la aleación se dificulta la soldadura, y a menor carbono aumenta la soldabilidad del materia (Soldexa, 2006).

#### **1.1.2.1.2 Características mecánicas del acero**

Los ajustes de su composición, tratamientos térmicos, mecánicos o químicos se pueden establecer propiedades mecánicas y físicas para diferentes aplicaciones, algunas propiedades genéricas pueden ser:

Su densidad media es  $7850 \text{ kg/m}^3$ , el punto de fusión del acero depende del tipo de aleación. El de su componente principal, el hierro es de alrededor de  $1510 \text{ }^\circ\text{C}$ , sin embargo el acero presenta frecuentemente temperaturas de fusión de alrededor de  $1375 \text{ }^\circ\text{C}$  ( $2500 \text{ }^\circ\text{F}$ ). Por otra parte el acero rápido funde a  $1650 \text{ }^\circ\text{C}$ , el acero se puede fundir, dilatar o contraer en función a la temperatura, es dúctil, puede deformarse a tracción relativamente alta, hasta llegar al punto de fractura, su punto de ebullición es cerca de los  $3000 \text{ }^\circ\text{C}$ , se puede soldar con facilidad, se pueden mantener láminas delgadas llamadas hojalata, por eso se dice que es maleable, metal tenaz por la resistencia a la rotura por esfuerzos que deforman el material, la dureza de los aceros varía entre la del hierro y la que se puede lograr mediante su aleación u otros procedimientos térmicos o químicos entre los cuales quizá el más conocido sea el templado del acero, aplicable a aceros con alto contenido en carbono, su mayor desventaja de los aceros es la corrosión, el hierro se oxida con facilidad (Dengra, 2000)

### 1.1.2.1.3 Composición química

La composición química y la estructura interna se controlan rigurosamente durante la fabricación, es por ello que la resistencia y demás propiedades mecánicas pueden determinarse con un alto grado de confiabilidad. Se deberá determinar los porcentajes de carbono, manganeso, fósforo y azufre. El contenido de fósforo no debe exceder de 0.075% (Arequipa, 2010)

El acero está constituido principalmente de hierro (95%) siendo el elemento más importante, sus aleantes sirven para mejorar propiedades físicas, mecánicas o químicas. Los aceros con bajo porcentaje de hierro no son denominados aceros estructurales. La composición química de un material se obtiene mediante la Norma de Ensayo: ASTM E 415. El acero de refuerzo debería tener la siguiente composición química, que se muestra en la tabla:

**Tabla 1.**

*Composición química de la barra de acero*

Elemento Químico (%)								
C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	Cu
<b>0.4</b>	0.2	0.99	0.026	0.026	0.11	0.06	0.01	0.23

*Fuente: Aceros Arequipa “Manual del constructor” (2010)*

#### 1.1.2.1.3.1 Magnesio

Elemento básico en todos los aceros comerciales; el manganeso se agrega a todos los aceros como agente de desoxidación y desulfuración, pero si el contenido de manganeso es superior a 1%, el acero se clasifica como un acero aleado al manganeso, además de actuar como desoxidante, neutraliza los efectos nocivos del azufre, facilitando la laminación, moldeo y otras operaciones de trabajo en caliente (Construmática, 2018).

#### **1.1.2.1.3.2 Silicio**

Aumenta moderadamente la templabilidad. Se usa como elemento desoxidante. Aumenta la resistencia de los aceros bajos en carbono (Construmática, 2018).

#### **1.1.2.1.3.3 Aluminio**

Actúa como desoxidante para el acero Fundido y produce un Acero de Grano Fino (Construmática, 2018).

#### **1.1.2.1.3.4 Boro**

Aumenta la templabilidad sin reducir la maquinabilidad. Es usado en aceros de baja aleación en aplicaciones como cuchillas de arado, etc (Construmática, 2018).

#### **1.1.2.1.3.5 Cromo**

Aumenta la profundidad del endurecimiento y mejora la resistencia al desgaste y corrosión. Se usa en aceros inoxidables, aceros para herramientas y refractarios (Construmática, 2018).

#### **1.1.2.1.3.6 Molibdeno**

Elemento habitual del acero y aumenta mucho la profundidad de endurecimiento de acero, así como su tenacidad (Construmática, 2018).

#### **1.1.2.1.3.7 Titanio**

Se usa para estabilizar y desoxidar el acero, mantiene estables las propiedades del acero a alta temperatura (Construmática, 2018).

#### **1.1.2.1.3.8 Niquel**

Mejora las propiedades del tratamiento térmico reduciendo la temperatura de endurecimiento y distorsión al ser templado; se utiliza mucho para producir acero inoxidable (Construmática, 2018).

#### **1.1.2.1.3.9 Tungsteno**

Empleado en aleación para herramientas. Estando candente o al rojo; les otorga una gran resistencia al desgaste y dureza a altas temperaturas (Construmática, 2018).

#### **1.1.2.1.3.10 Vanadio**

Fuerte desoxidante, forma carburos complejos con el hierro, que proporcionan al acero una buena resistencia a la fatiga, tracción y poder cortante en los aceros para herramientas (Construmática, 2018).

### **1.1.2.2. La soldabilidad del acero**

La soldabilidad de un material viene a ser la facilidad con la que dicho material se puede soldar alcanzando las propiedades mecánicas que se requieren para su operación en servicio (Díaz, 2014).

#### **1.1.2.2.1 La soldadura**

Es un proceso de unión que produce la coalescencia de los materiales mediante el calentamiento de ellos hasta la temperatura de soldadura, con o sin la aplicación de presión, o mediante la aplicación solo de presión, y con o sin el empleo de metal de relleno.

La soldadura es un proceso en donde se realiza la unión de dos piezas de un material, usualmente logrado a través de la fusión, en la cual las piezas son soldadas fundiendo, se puede agregar un material de aporte, que al fundirse forma un charco de material fundido entre las piezas a soldar y, al enfriarse, se convierte en una unión fija a la que se le denomina cordón. (Quezada 2010).

El proceso de soldadura para el acero de refuerzo se debe efectuar por arco metálico protegido (SMAW), arco eléctrico con metal y gas (GMAW), o por arco eléctrico con fundente en el núcleo (FCAW). En la presente investigación se desarrolló la soldadura mediante el proceso SMAW.

Para poder comprender mejor lo que es la soldadura de metales, tenemos que saber que están constituidos por granos, cada uno de éstos es a su vez hace un arreglo periódico especial de átomos, que da origen a lo que conocemos como retícula cristalina. Si consideramos ahora un átomo cualquiera en el interior de un grano, el mismo se halla ligado a sus vecinos por fuerzas de enlace, que caracterizan a estos sólidos. Si en estas condiciones ponemos en adecuado contacto dos superficies de este tipo, se establecerán dichos enlaces, constituyendo la superficie así formada algo equivalente a un límite de grano. Es la posibilidad de reproducir este fenómeno en forma controlada, lo que da origen a los procesos de soldadura (Quezada 2010).

#### **1.1.2.2.2 Contenido de carbono y carbono equivalente**

Como el carbono es el elemento que más influye en la templabilidad y en la dureza final de un acero, se ha considerado conveniente denominar "carbono equivalente" (CE) al índice que permite correlacionar la composición química de un acero con su tendencia a presentar estructuras frágiles cuando éste es sometido a un proceso de soldadura.

El acero es una aleación de carbono con el hierro, de un contenido de carbono entre 0,1 y 1,9% y puede tener más aleaciones como el azufre, fósforo, manganeso, silicio; siendo uno de los materiales más import.ante para la construcción. El contenido de carbono hace que la dureza del material sea alta, y cuando es excesiva limita la ejecución de los trabajos de doblado de las barras (Díaz, 2014).

La capacidad de un material para ser soldado se denomina soldabilidad, depende de la composición química del acero, y se evalúa con el parámetro llamado Carbono Equivalente (CE). Este parámetro se define con expresiones empíricas. Por ejemplo, el Reglamento de Soldadura para aceros de refuerzo ANSI/AWS D1.4-05 emplea la siguiente fórmula para el cálculo del parámetro CE:

$$CE = \%C + \frac{\%Mn}{6}$$

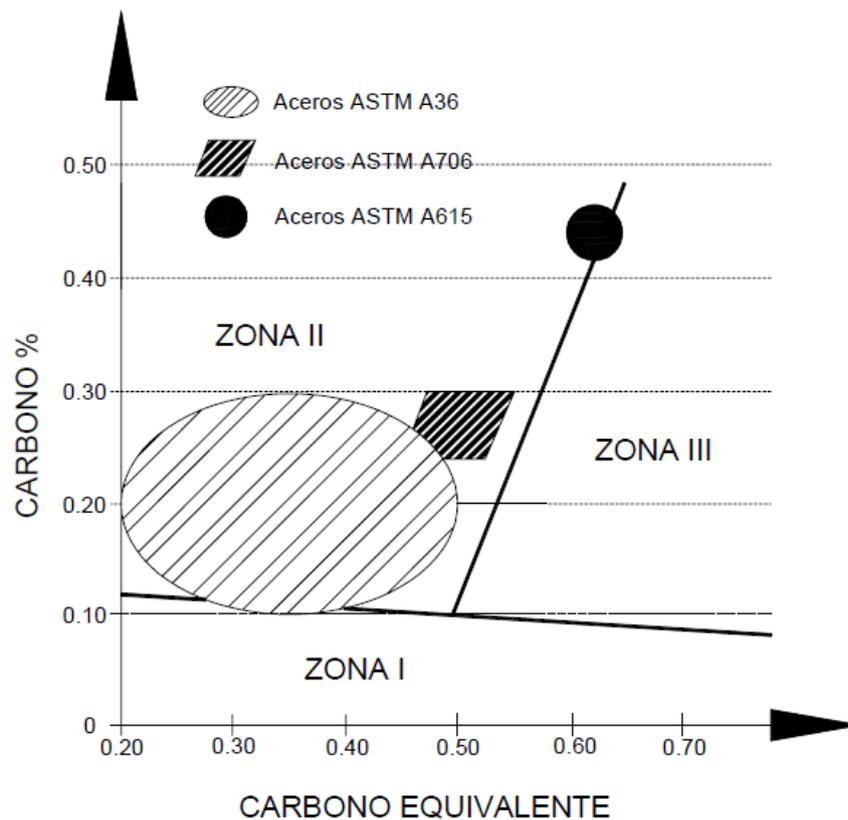
Otra expresión para hallar o evaluar el parámetro Carbono Equivalente (CE) es la siguiente fórmula, el cual está en función de más componentes químicos del acero:

$$CE = \%C + \frac{\%Mn}{6} + \frac{\%Cu}{40} + \frac{\%Ni}{20} + \frac{\%Ni}{20} + \frac{\%Cr}{10} + \frac{\%Mo}{50} - \frac{\%V}{10}$$

Como el parámetro CE está íntimamente ligado con el contenido de carbono en los aceros, se suele utilizar el diagrama carbono-carbono equivalente para localizar los aceros de acuerdo a su soldabilidad, que se describe a continuación. Las coordenadas del diagrama son el contenido de carbono en la escala vertical y el carbono equivalente en la escala horizontal. En siguiente figura se muestra el diagrama donde se delimitan tres zonas:

**Figura 1.**

*Diagrama del contenido de carbono contra el carbono equivalente*



La zona I comprende a los aceros de soldabilidad óptima, los que son aceros con contenidos de carbono sumamente bajos. La zona II abarca aceros de buena a regular soldabilidad, como por ejemplo el acero ASTM 36, el cual es muy empleado para la construcción de estructuras de acero en nuestro país, y el acero ASTM A 706 el cual tiene una regular soldabilidad. La zona III comprende a los aceros con alto riesgo de falla en el caso de ser soldados. Dentro de esta zona podemos encontrar al acero corrugado de la normativa ASTM A 615.

Como se aprecia en la figura, dependiendo del contenido de carbono y el valor del CE, las varillas de refuerzo producidas en nuestro país de acuerdo con la normativa NTP 341.031 G60 (equivalentes a las normas ASTM A615) pueden tener niveles de soldabilidad de regular a pobre.

Dependiendo del contenido de carbono y el valor del CE, las varillas de refuerzo producidas en nuestro país de acuerdo con la normativa NTP 341.031 (equivalentes a las normas ASTM A 615) pueden tener niveles de soldabilidad de regular a pobre, por lo que las normativas existentes para soldar este tipo de barras especifican el precalentamiento de las barras, así como electrodos de bajo contenido de hidrógeno. En el Perú, no existen normativas que regulen la soldabilidad de estos tipos de aceros, sobre todo de la barra corrugada de la normativa ASTM A615 (NTP 341.031 G60)

**Tabla 2.**

*Soldabilidad de algunos aceros comerciales en función al CC y CE*

<b>Acero</b>	<b>% de Carbono</b>	<b>Carbono Equivalente</b>	<b>Niveles de soldabilidad</b>
ASTM A 36	0.10 - 0.30	0.20 - 0.50	Buena
ASTM A 615 Grado 60	0.417 - 0.443	0.59 - 0.62	Regular
ASTM A 706 Grado 60	Máx. 0.30	Máx. 0.55	Buena

Fuente: ASTM A 706, AWS 1987

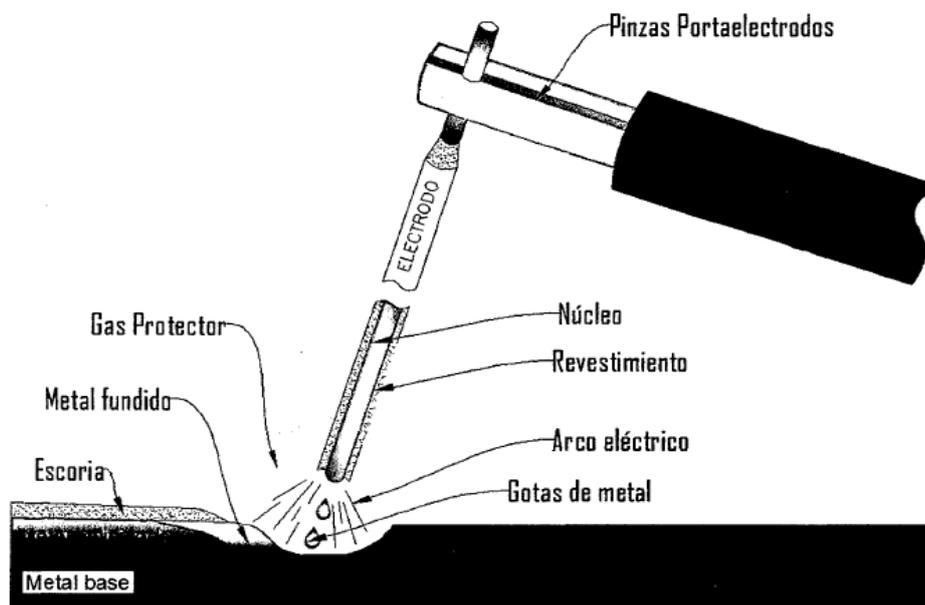
### 1.1.2.2.3 Soldadura por arco con electrodo revestido (SMAW)

En el proceso de soldadura por arco eléctrico se produce la fusión localizada del metal base, cuando un arco voltaico es establecido entre la pieza a soldar y un electrodo de características adecuadas. La base detrás del arco eléctrico es la producción de una descarga gaseosa entre un electrodo de carbón y una pieza metálica. Coalescencia: es la capacidad de dos o más materiales de unirse en un único cuerpo.

Es el proceso en el que se produce coalescencia de metales por medio del calor de un arco eléctrico que se mantiene entre la punta de un electrodo recubierto y la superficie del metal base en la unión que se está soldando. Como consecuencia del calor generado, se logra una fusión localizada que se emplea para unir piezas. La importancia del arco de soldadura reside en primer lugar, en que el arco eléctrico promueve reacciones químicas intensas que producen entre su atmosfera y el material metálico a alta temperatura. Por otra parte, el arco es responsable de la transferencia metálica desde el extremo metálico hacia el baño fundido. En la siguiente figura se muestra el esquema del proceso de Soldadura por Arco con Electrodo Revestido (SMAW).

#### Figura 2.

*Proceso de soldadura por arco con electrodo revestido (SMAW)*



La soldadura con electrodo manual constituye el proceso, que, en la actualidad, cuenta con el mayor porcentaje de material depositado por soldadura. La razón de esto lo constituye la gran versatilidad del método, la gran variedad de materiales que el mismo permite soldar, y las excelentes propiedades mecánicas que se obtienen en las juntas soldadas, si las mismas son ejecutadas adecuadamente.

El proceso consiste en el establecimiento de un arco entre el extremo de un electrodo consumible y la pieza que se suelda. De esta manera, el arco provee la energía térmica necesaria para la fusión de la pieza y del electrodo que se emplea como material de aporte.

Inicialmente, se empleó una varilla de alambre desnudo como electrodo. Las soldaduras así obtenidas, aunque adecuadas para ciertos usos, adolecían en general de marcada fragilidad debido al alto contenido de oxígeno y nitrógeno en el depósito. Esto condujo a la idea de proteger el arco de la contaminación de los gases ambientales mediante una atmósfera reductora provista por un recubrimiento que se puede aplicar al electrodo y que, al quemarse en el arco, brindará la protección adecuada.

De este modo nacieron los electrodos revestidos como se les conoce actualmente, aunque los recubrimientos han evolucionado de modo de que en muchos casos, la acción protectora del revestimiento se manifiesta no solamente mediante la formación de una atmósfera reductora sino también por la acción de un manto de escoria que interactúa con el metal a alta temperatura. En la actualidad, las funciones del revestimiento pueden resumirse de la siguiente manera:

Proveer una escoria que proteja, refine e interactúe con el metal a alta temperatura, eliminando impurezas e incorporando si es necesario elementos de aleación.

Proveer elementos cuya volatilización en el arco contribuyan a la estabilidad del mismo (esto es particularmente importante cuando se emplea corriente alterna).

Proteger el arco evitando la contaminación del metal fundido con los gases atmosféricos (especialmente Nitrógeno, Oxígeno e Hidrógeno).

El revestimiento debe facilitar la soldadura en distintas posiciones: vertical, horizontal y en techo; realizar según su naturaleza, un cordón convexo o cóncavo (soldadura en ángulo interior).

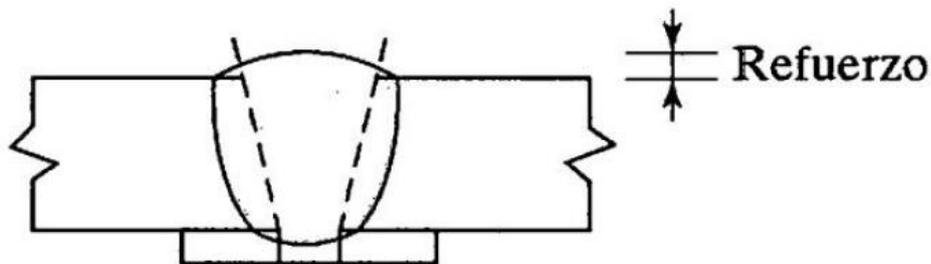
Como se indicó anteriormente, la principal característica del proceso de soldadura por electrodo revestido es la versatilidad. Con una adecuada formulación del revestimiento es posible soldar cualquier posición. El diámetro de los alambres que constituyen las varillas varían entre 0.8-8 mm aproximadamente y su longitud entre unos 35-45 cm. El rango de corrientes varía correspondientemente entre 50 y 350 Amps, que es el máximo que un operador puede controlar sin excesivas dificultades. En electrodos para aceros al carbono y de baja aleación (e incluso en algunos electrodos para acero inoxidable), el alambre empleado es de acero efervescente de bajo carbono (0.1 max. aprox). El agregado de los elementos de aleación al cordón de soldadura se efectúa vía escoria, cargando el revestimiento de los electrodos con las correspondientes ferroaleaciones.

#### 1.1.2.2.4 Tipos de junta

Las soldaduras también se pueden clasificar de acuerdo al tipo de junta usada: a tope, traslape, en T, de borde y en esquina. Estos cinco tipos de junta se pueden soldar mediante dos tipos de soldadura: soldadura con ranura y soldadura de filete. En esta investigación se desarrolló la soldadura de ranura, ya que el material a soldar son las barras corrugadas (AWS, 2001).

#### Figura 3.

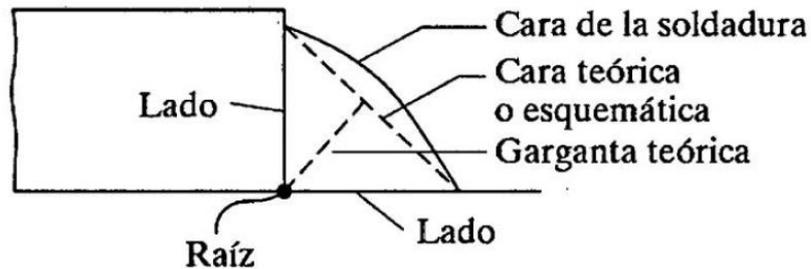
*Soldadura en ranura (V sencilla)*



Fuente: Diseño de Estructuras de Acero 5to Edición, McCormac Jack C.

**Figura 4.**

*Soldadura en filete*



Fuente: Diseño de Estructuras de Acero 5to Edición, McCormac Jack C.

El acero de refuerzo se puede soldar mediante uniones a tope directa o indirecta, uniones soldadas traslapadas, o uniones en T. Teniendo en consideración los tipos de junta y tipos de soldadura; en la presente investigación se realizó la soldadura en ranura conjuntas a tope (ANSI/AWS D1.4., 2011).

#### **1.1.2.2.5 Electrodo**

Un electrodo es una varilla metálica del material parecido a los elementos a soldar recubierta de un material denominado revestimiento, cuando el arco se ceba, el paso de la corriente provoca el arco eléctrico y funde el metal base mientras el electrodo va formando el baño de fusión. Al solidificarse por disminución de temperatura, forma el cordón de soldadura (Díaz, 2014).

La función del revestimiento es muy importante, y cada sustancia realiza una función determinada durante el proceso: actuar de agentes desoxidantes y limpiadores, formación de la escoria para la protección de soldadura durante su enfriamiento, liberar gases inertes para la protección del baño a oxidaciones y aumentar la velocidad de aportación del material.

La clasificación de los electrodos es dada por la Asociación Americana de Soldadura (AWS) y Asociación Americana de Ingenieros Mecánicos (ASME). La especificación AWS la cual se refiere a los electrodos para aceros de baja, la designación es la siguiente:

**Tabla 3.**
*Código de electrodos*

E	-	XX	X1	X2
Electrodo		Resistencia a la tracción en KSI	Posición de soldadura	Tipo de recubrimiento y corriente

Fuente: SOLDEXA S.A., Manual de Soldadura y Catálogos de Productos.

Los primeros dos dígitos la resistencia mínima a la tracción, sin tratamiento térmico post soldadura:

**Tabla 4.**
*Interpretación de los 2 primeros dígitos*

Código	Resistencia a la tracción (mínima)
E 60 XX	62000 lbs/pulg <sup>2</sup>
E 70 XX	70000 lbs/pulg <sup>2</sup>
E 110 XX	110000 lbs/pulg <sup>2</sup>

Fuente: SOLDEXA S.A., Manual de Soldadura y Catálogos de Productos.

El tercer dígito indica la posición en la que se puede soldar satisfactoriamente con un electrodo: Plano horizontal vertical sobre cabeza, plano horizontal (filete) o plano horizontal vertical descendente sobre cabeza.

**Tabla 5.**
*Interpretación de los 3 primeros dígitos*

Código	Posición a soldar
E XX 1X	Plano horizontal vertical sobre cabeza
E XX 2X	Plano horizontal (filete)
E XX 4X	Plano horizontal vertical descendente sobre cabeza

Fuente: SOLDEXA S.A., Manual de Soldadura y Catálogos de Productos.

El último dígito, es indicativo del tipo de corriente eléctrica y polaridad en la que mejor trabaja el electrodo e identifica a su vez el tipo de revestimiento.

**Tabla 6.**
*Tipo de corriente y polaridad del electrodo*

Último Dígito	Corriente y polaridad	Escoria	Arco	Penetración	
0	-	CC+	Orgánica	Energético	Mucha
1	CA	CC+	Orgánica	Energético	Mucha
2	CA	CC-	Rutílica	Medio	Mediana
3	CA	CC-	Rutílica	Suave	Poca
4	CA	CC-	Rutílica	Suave	Poca
5	-	CC+	Básica	Medio	Mediana
6	CA	CC+	Básica	Medio	Mediana
7	CA	CC	Mineral	Suave	Mediana
8	CA	CC+	Básica	Medio	Mediana

Fuente: SOLDEXA S.A., Manual de Soldadura y Catálogos de Productos.

### 1.1.2.3. Propiedades del material base

#### 1.1.2.3.1 Acero corrugado ASTM A 615

Las barras corrugadas ASTM A 615 son barras laminadas obtenidas a partir de palanquillas producidas por coladas en lingotes o colada continua, utilizando los procesos de "hogar abierto", básico al oxígeno u hornos eléctricos.

Estas barras, con resalte y lisas, son utilizadas como refuerzo para concreto annado y normalmente no son soldadas. Dichas barras están disponibles en nuestro mercado en presentación de 9 metros de longitud, según los diámetros nominales mostrados en la siguiente tabla.

**Tabla 7.**
*Dimensiones y pesos nominales del acero ASTM A 615*

Designación	Diámetro de barra		Sección (mm <sup>2</sup> )	Perímetro (mm)	Peso Nominal (kg/m)	Longitud barra (m)
	mm	pulg.				
-	6		28	18.8	0.222	
-	8	-	50	25.1	0.395	
3	-	3/8	71	29.9	0.56	
-	12	-	113	37.7	0.888	
4	-	1/2	129	39.9	0.994	9
5	-	5/8	199	49.9	1.552	
6	-	3/4	284	59.8	2.235	
-	-	7/8	387	69.8	3.042	
8	-	1	510	79.8	3.973	
11	-	1 3/8	1.006	112.5	7.907	12

Fuente: SOLDEXA S.A., Manual de Soldadura y Catálogos de Productos.

### 1.1.2.3.2 Características mecánicas ASTM A 615

Las barras corrugadas ASTM A 615 son lisas y con resalte, son utilizadas como refuerzo para concreto armado y normalmente no son soldadas. Estas barras están disponibles en el mercado de 9 y 12 metros de longitud.

**Tabla 8.**
*Propiedades mecánicas del acero ASTM A 615 G60*

Propiedades Mecánicas	
Límite de fluencia (fy)	4280 kg/cm <sup>2</sup> mínimo.
Resistencia a la tracción (R)	6320 kg/cm <sup>2</sup> mínimo.
Relación R/fy	≥1.25
Alargamiento en 200 mm	
Diámetros	% Mínimo
6 mm, 8mm, 3/8", 12 mm, 1/2", 5/8" y 3/4"	9% mínimo.
1"	8% mínimo.
1 3/8"	7% mínimo
Doblado a 180°	Bueno

Fuente: SOLDEXA S.A., Manual de Soldadura y Catálogos de Productos.

### 1.1.2.3.3 Diámetro de doblado ASTM A 615

Los diámetros de doblado especificados por la Norma Técnica Peruana NTP 341.031- Grado60 para la prueba de doblado son:

**Tabla 9.**

*Diámetro de doblado del acero ASTM A 615 G60*

	Diámetro de doblado								
Diámetro de barra (d)	6 mm	8 mm	3/8”	12 mm	1/2”	5/8”	3/4”	1”	1 3/8”
Diámetro doblado	3.5d	3.5d	3.5d	3.5d	3.5d	3.5d	5.0d	5.0d	7.0d
Mn	21	28	33.3	42	44.5	55.6	95.3	127	250.7

Fuente: SOLDEXA S.A., Manual de Soldadura y Catálogos de Productos.

#### 1.1.2.4. Ensayo Mecánicos

Los ensayos utilizados para medir las propiedades mecánicas son los ensayos destructivos de propiedades mecánicas. Los ensayos destructivos son aquellos que deterioran la pieza que se inspecciona, pero esta depende del tipo de ensayo, puede ser una ligera marca, una deformación permanente o su rotura total (Arcos, 2020).

##### 1.1.2.4.1 Ensayo de tracción

El ensayo de tracción consiste en someter a una probeta a un esfuerzo axial de tracción creciente hasta que se produce la rotura de la probeta, con el objetivo de determinar las siguientes propiedades mecánicas: la resistencia mecánica, el límite de elasticidad, el alargamiento y la rotura. Se coloca la probeta en una máquina universal de ensayo que consistente de dos mordazas, una fija y otra móvil. Se procede a medir la carga mientras se aplica el desplazamiento de la mordaza móvil (Arcos, 2020).

**Figura 5.**

*Máquina universal de ensayos de tracción*

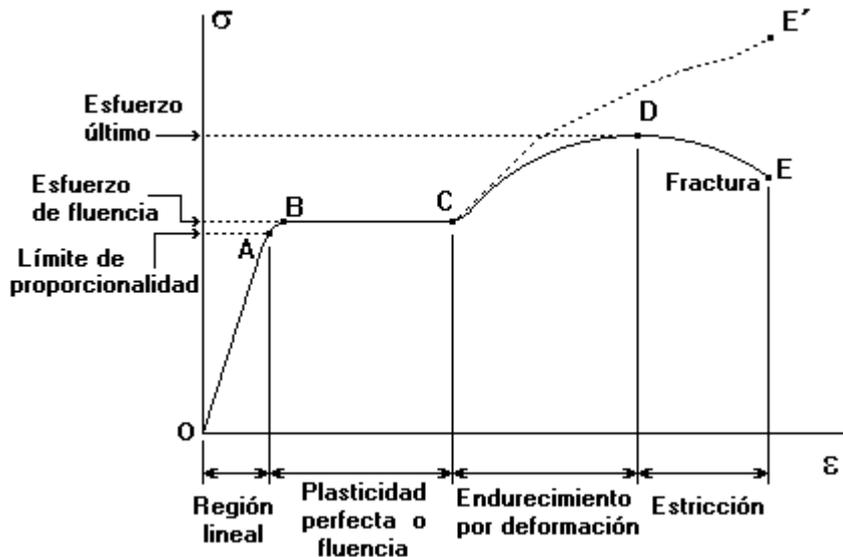


Fuente: IBERTEST. Máquina de ensayo universal hidráulica – Serie IBMU4

El diagrama esfuerzo deformación nos permite determinar el límite elástico, resistencia a rotura, capacidad de alargamiento y procesos de estricción.

**Figura 6.**

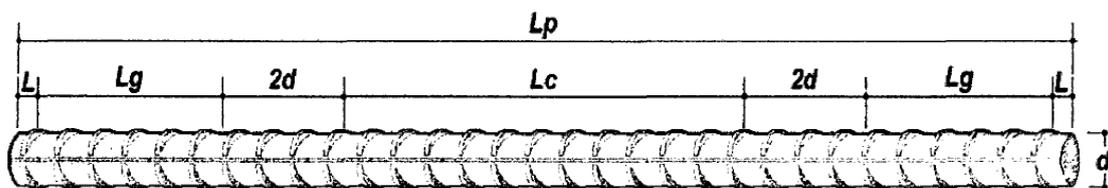
*Diagrama de esfuerzo - deformación*



Con respecto a las probetas para el ensayo de tracción, todas las probetas de ensayo deben presentar la sección completa de la barra corrugada, tal como ha sido conformada. Según la norma ASTM A 370 - 09, las probetas para ensayos de tracción deben ser lo suficientemente largas para proveer 8 Pulg. (203.2 mm) de longitud calibrada, una distancia de por lo menos 2 diámetros de barra entre cada marca de calibración y las mordazas, más una longitud adicional suficiente para llenar las mordazas completamente dejando alguna longitud de exceso que sobresalga más allá de cada mordaza. Un esquema de la probeta se muestra en la figura.

**Figura 7.**

*Probetas para el ensayo de tracción de barra corrugada*



Donde:

L: longitud de exceso

Lg: longitud de la mordaza

2d: dos veces el diámetro nominal de la barra corrugada

Le: longitud calibrada

Lp: longitud total de la probeta

La siguiente tabla, muestra los valores de L, Lg, 2d, Le y la longitud mínima de probeta, calculados para cada diámetro de barra corrugada utilizada en el estudio.

**Tabla 10.**

*Longitud total mínima de probeta de tracción de la barra corrugada*

Designación	L (mm)	Lg (mm)	2d (mm)	Lc (mm)	Long. mínima total (mm)
#4 (1/2")	6.00	69	25.4	203.2	303.6
#5 (5/8")	6.00	69	31.8	203.2	310.0
#6 (3/4")	6.00	69	38.2	203.2	316.4

#### 1.1.2.5. WPS, PQR y WPQ

Cuando se va realizar un trabajo de soldadura, el primer paso es establecer por escrito que es lo que vamos a soldar y como se va a soldar, describiendo así el material base, tipo y preparación de la unión, proceso de soldadura, material de aporte, parámetros eléctricos, entre otros. Para ello se requiere realizar un WPS (Welding Procedure Specification), que significa: Especificación de Procedimiento de Soldadura.

Dicho procedimiento requiere de calificación que consiste en hacer una o varias soldaduras de prueba que son sometidas a pruebas destructivas y/o no destructivas cuyos resultados se registran en un PQR (Procedure Qualification Record), que significa: Registro de Calificación de Procedimiento.

Cuando ya se tiene un WPS aprobado, se puede usar en el taller, pero solo lo puede usar un soldador calificado; para calificar a una persona, tiene que realizar una soldadura de prueba para luego someterla a pruebas destructivas y/o no destructivas cuyos resultados se registran en un WPQ (Welder Performance Qualification record), que significa: Registro de Calificación del Soldado.

## **1.2. Formulación del problema**

¿Es recomendable la aplicación de soldadura con electrodo revestido en unión a tope de barras de refuerzo grado 60 NTP 341.031, Trujillo - Perú, 2022?

## **1.3. Objetivos**

### **1.3.1. Objetivo general**

Evaluar la aplicación de soldadura con electrodo revestido en unión a tope de barras de refuerzo grado 60 NTP 341.031, Trujillo, Perú, 2022.

### **1.3.2. Objetivo específicos**

Aplicar un proceso de soldadura SMAW en la unión a tope de barras de refuerzo Grado 60 NTP 341.031 Aceros Arequipa.

Aplicar un proceso de soldadura SMAW en la unión a tope de barras de refuerzo Grado 60 NTP 341.031 Siderperu.

Aplicar un proceso de soldadura SMAW en la unión a tope de barras de refuerzo Grado 60 NTP 341.031 Arcelor Mittal.

Calcular las propiedades mecánicas de barras de refuerzo Grado 60 NTP 341.031 Aceros Arequipa, Siderperu y Acerlor Mittal sin soldar y soldadas mediante un proceso de soldadura SMAW en la unión a tope.

## **1.4. Hipótesis**

### **1.4.1. Hipótesis general**

Es recomendable la aplicación de soldadura con electrodo revestido en unión a tope de barras de refuerzo grado 60 NTP 341.031, Trujillo - Perú, 2022.

### **1.4.2. Hipótesis específicas**

Es recomendable la aplicación de soldadura con electrodo revestido en unión a tope de barras de refuerzo grado 60 NTP 341.031 Aceros Arequipa, Trujillo - Perú, 2022.

Es recomendable la aplicación de soldadura con electrodo revestido en unión a tope de barras de refuerzo grado 60 NTP 341.031 Siderperu, Trujillo - Perú, 2022

Es recomendable la aplicación de soldadura con electrodo revestido en unión a tope de barras de refuerzo grado 60 NTP 341.031 Arcelor Mittal, Trujillo - Perú, 2022.

Las propiedades mecánicas de barras de refuerzo Grado 60 NTP 341.031 Aceros Arequipa, Siderperu y Acerlor Mittal sin soldar y soldadas mediante un proceso de soldadura SMAW en la unión a tope son variables.

## **CAPÍTULO II: METODOLOGÍA**

### **2.1. Tipo de investigación**

La investigación según el propósito se define: Aplicada, porque se busca la aplicación de procesos de soldadura SMAW y utilización de conocimiento de propiedades mecánicas del acero de refuerzo y con el fin de analizar los resultados de los ensayos, así como la aplicación de las Norma E.060, Norma Técnica Peruana 341.031. Grado 60 y la Norma Internacional ASTM A615/A615M Grado 60.

### **2.2. Diseño de investigación**

La investigación según su diseño se define: Experimental, ya que la hipótesis se verificará manipulando de manera intencional la variable independiente: Barras de refuerzo; para analizar las consecuencias en la variable dependiente: Soldabilidad de barras de refuerzo. La presente investigación estudia la soldabilidad de las barras de refuerzo contemplando los parámetros y procedimientos de las normas vigentes, con la finalidad de obtener en la unión soldada a tope propiedades mecánicas igual o superiores a las de una barra de refuerzo patrón en la ciudad de Trujillo, 2022.

### **2.3. Variables**

#### **2.3.1. Variables independiente: Barras de refuerzo Grado 60 NTP 341.031 con unión soldada a tope con proceso SMAW**

ANSI/AWS D1.4 indica que, las uniones directas a tope se deben soldar con soldaduras de ranura de penetración de unión completa. La siguiente tabla describe el tipo de juntas soldadas requeridas:

**Tabla 11.**

*Requisitos de soldadura de ranura para juntas de tope directo*

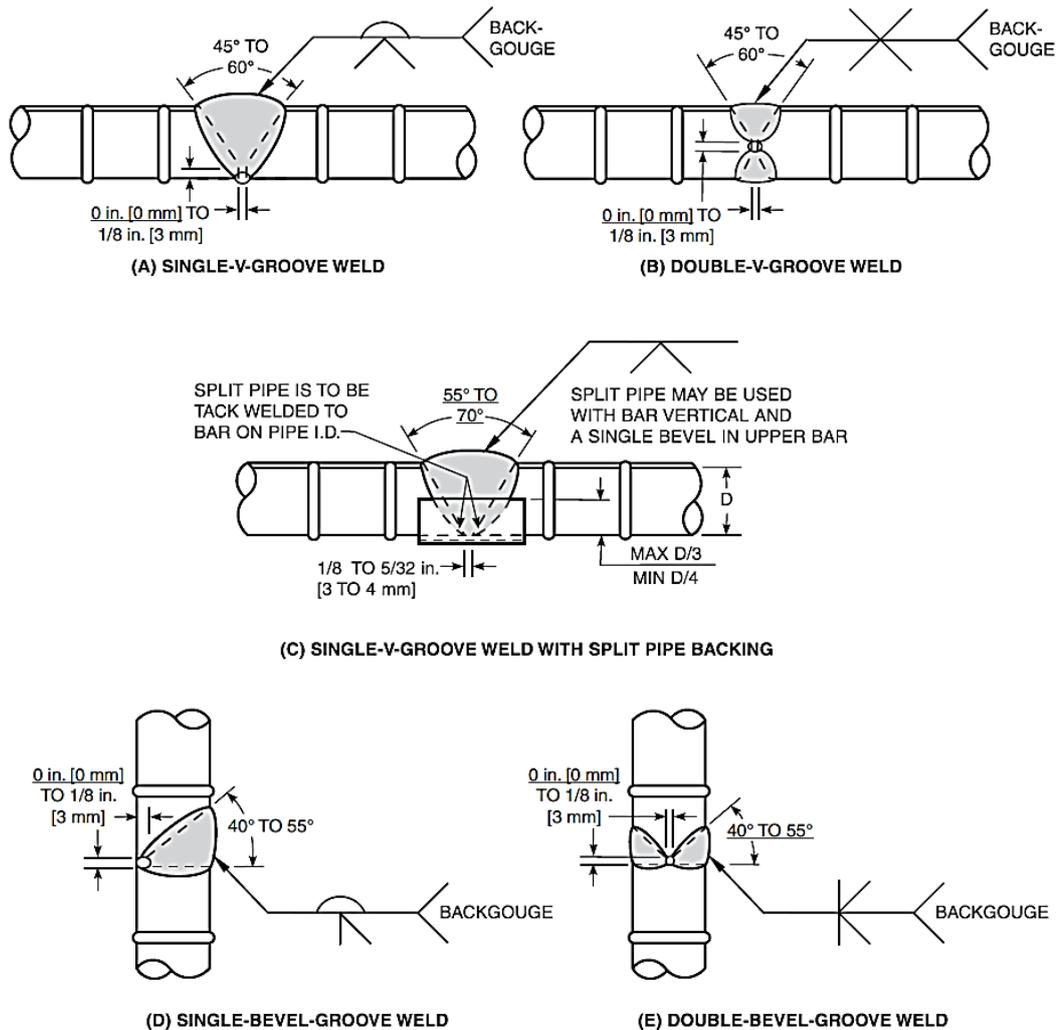
Bar Axis Orientation	Types of CJP Groove Weld	Figure Detail
Horizontal	Single - V	A
	Double - V	B
	Single - V whit Split Pipe Backing	C <sup>a</sup>
Vertical	Single - Bevel	D
	Double - Bevel	E
	Single - Bevel whit Split Pipe Backing	C <sup>a</sup>

<sup>a</sup> Bars shall be of equal diameter.

Fuente: AWS D1.4:2011 Structural Welding Code - Reinforcing Steel.

**Figura 8.**

*Uniones directas a tope*



Fuente: AWS D1.4:2011 Structural Welding Code - Reinforcing Steel.

### 2.3.2. Variables dependiente: Soldabilidad de barras de refuerzo

La soldabilidad es la aptitud de un acero para ser soldado mediante los procedimientos habituales sin que aparezca fisuración en frío. Según ISO 581/80 “Un acero se considera soldable en un grado prefijado, por un procedimiento determinado y para una aplicación específica, cuando mediante una técnica adecuada pueda conseguirse la continuidad metálica de la unión, de tal manera que ésta cumpla con las exigencias prescritas con respecto a sus propiedades locales y a su influencia en la construcción de la que forma parte integrante”.

Según la NTP 341.031 en la soldadura de barras de refuerzo se deberá usar un procedimiento de soldadura adecuado para la composición química y uso. Se recomienda usar la norma ANSI/AWS D1.4, ya que en este describe la selección apropiada del metal de aporte, temperatura de precalentamiento/interfaces, así como requerimientos de calificación de procedimiento y rendimiento. El código ANSI/AWS D1.4-05 recomienda soldar las barras corrugadas ASTM A 615 utilizando los siguientes procesos: Soldadura por Arco con Electrodo Revestido (Shielded Metal Arc Welding – SMAW), Soldadura por Arco de Metal y Gas (Gas Metal Arc Welding – GMAW) y Soldadura por Arco con Núcleo Fundente (Flux Cored Arc Welding – FCAW)

### 2.3.3. Clasificación de variables

**Tabla 12.**

*Clasificación de variables.*

Variables	Clasificación				
	Relación	Naturaleza	Escala	Dimensión	Medición
Barra de refuerzo G60 con unión soldada a tope con proceso SMAW	Independiente	Cuantitativa Cualitativa Continua	La razón	Dos dimensiones	De forma directa
Soldabilidad de barras de refuerzo	Dependiente	Cuantitativa Continua		Múltiples dimensiones	De forma Indirecta

*Nota: Categorización de variables independientes y dependientes*

### 2.3.4. Operacionalización de variables

**Tabla 13.**

*Operacionalización de la variable independiente*

Variable	Definición conceptual	Dimensiones	Indicadores/ Ítems	Inst. Medición
Unión soldada a tope con proceso SMAW en barras de refuerzo Grado 60 NTP 341.031	ANSI/AWS D1.4 indica que, las uniones directas a tope se deben soldar con soldaduras de ranura de penetración de unión completa.	Calidad de unión soldada	WPS (Welding Procedure Specification)	PQR (Procedure Qualification Record)

**Tabla 14.**

*Operacionalización de la variable dependiente*

Variable	Definición conceptual	Dimensiones	Indicadores/ Ítems	Inst. Medición
Soldabilidad de barras de refuerzo.	Según ISO 581/80 “Un acero se considera soldable en un grado prefijado, por un procedimiento determinado y para una aplicación específica, cuando mediante una técnica adecuada pueda conseguirse la continuidad metálica de la unión, de tal manera que ésta cumpla con las exigencias prescritas con respecto a sus propiedades locales y a su influencia en la construcción de la que forma parte integrante”.	Propiedades Mecánicas	Esfuerzo a la Tracción  Esfuerzo a la Fluencia  Ductilidad	Máquina Universal para Pruebas de Tracción

## 2.4. Población

En la investigación la población de este está compuesta de manera general por las barras de refuerzo Grado 60 NTP 341.031 de las marcas ACEROS AREQUIPA, SIDERPERU y ARCELOR MITTAL en la ciudad de Trujillo en el año 2022.

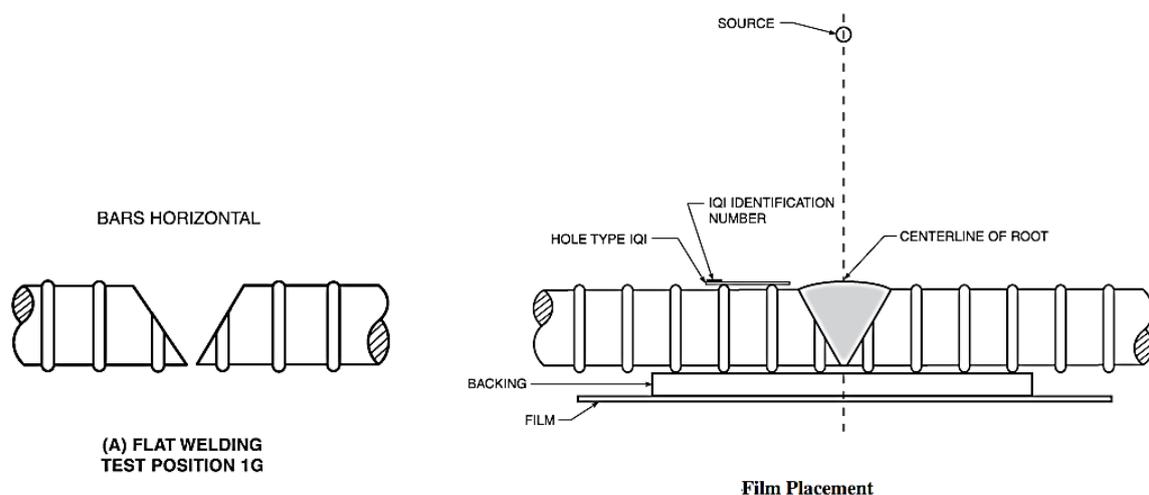
## 2.5. Muestra

La Norma Técnico Peruana 341.031 en su versión mas reciente del año 2018 menciona que para coladas y/o lotes identificados de barras rectas o barras en rollos, el número de muestras a extraer se efectúa en base al tamaño del lote o colada a razón de una (01) muestra por cada treinta (30) toneladas y por cada diámetro de barra, y una (01) muestra para lotes o coladas menores a treinta (30) toneladas y por cada diámetro de barra, para el mismo tipo y grado de acero, debiendo ser estas muestras extraídas de paquetes o de rollos diferentes.

Se emplea un muestreo aleatorio, la muestra obtenida serán 24 probetas. Este número de probetas se determinó considerando el diámetro, fabricante, y los ensayos establecidos por la Norma Técnica Peruana 341.031 y ANSI/AWS D1.4.

### Figura 9.

*Muestra de barra de refuerzo soldada en unión a tope.*



Fuente: AWS D1.4:2011 Structural Welding Code - Reinforcing Steel.

### 2.5.1. Tamaño de muestra

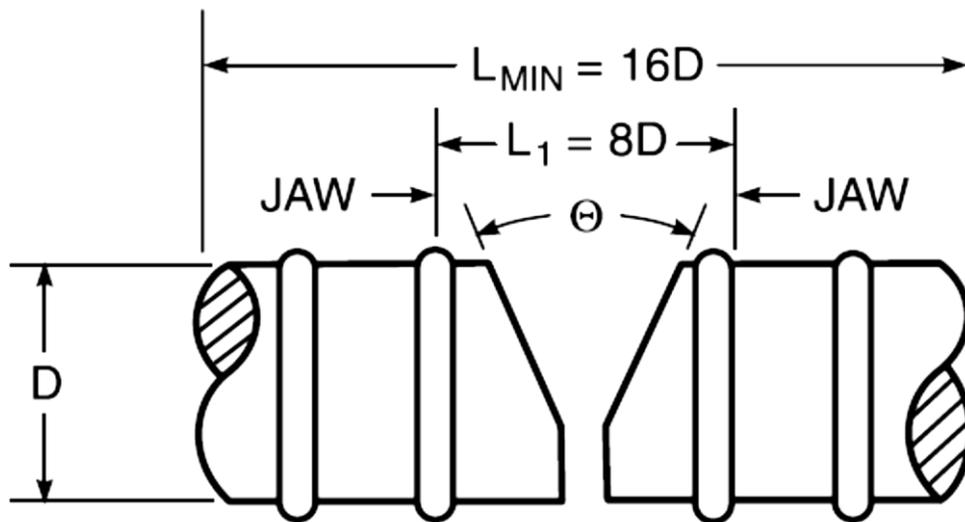
**Tabla 15.**

*Tamaño de la muestra*

Ensayos	Diametro Nominal	Aceros Arequipa	Siderperu	Arcelor Mittal	Total Muestras
Ensayos de tracción	Muestra patrón	3/4	1	1	24
		5/8	1	1	
	Muestra soldada	3/4	2	2	
		5/8	2	2	
Ensayo de macroataque	Muestra soldada	3/4	1	1	
		5/8	1	1	

**Figura 10.**

*Probeta para el ensayo de tracción de junta directa a tope.*



## 2.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

### 2.6.1. Técnica

La técnica de recolección de datos utilizada en este estudio es la observación, técnica adecuada que me permite tomar datos de laboratorio directamente al realizar los ensayos de Esfuerzo a la Tracción, Esfuerzo a la Fluencia, Ductilidad (Norma Técnica Peruana 341.031) y Macroataque (ANSI/AWS D1.4).

### 2.6.2. Instrumento

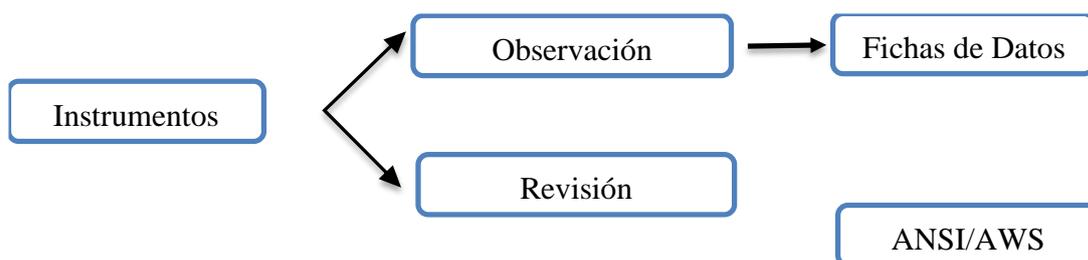
El método para recolectar la información fue de OBSERVACIÓN DIRECTA, que consiste en el registro visual de la situación real, con la finalidad de observar, caracterizar, anotar y comprar entre un grupo de muestras elaboradas, con finalmente analizarlas. Esta técnica se realiza con la finalidad de recolectar información referente a la investigación mediante los sentidos en forma inmediata, es decir evaluar la aplicación de soldadura con electrodo revestido en unión a tope de barras de refuerzo grado 60 NTP 341.031, Trujillo, Perú, 2022.

### 2.6.3. Validación del instrumento

Las herramientas para la validación del instrumento de medición es la hoja de fichas de datos, registrando los resultados de los ensayos de Esfuerzo a la Tracción, Esfuerzo a la Fluencia, Ductilidad (Norma Técnica Peruana 341.031) y Macroataque (ANSI/AWS D1.4), para su posterior proceso. Así como la revisión documental tal como la Norma Técnica Peruana 341.031 y ANSI/AWS D1.4. Esta ficha técnica fue verificada con la firma del ingeniero y especialista ing. Alberto Vásquez Díaz. (*Anexo*)

**Figura 11.**

*Validación del instrumento*



### 2.6.4. Análisis de datos

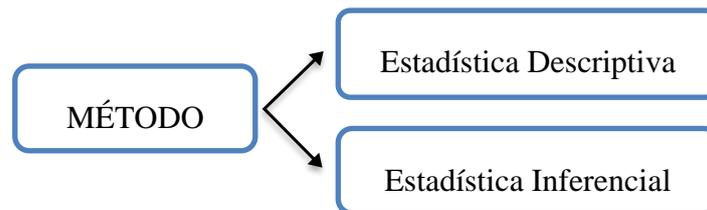
La técnica empleada para esta investigación es la estadística descriptiva y la estadística inferencial.

Estadística descriptiva: Se trabaja con fórmulas de estadística descriptiva para resumir la información recopilada en valores numéricos y sacar consecuencias de esa información así obtendremos medidas de centralización (media, mediana moda), dispersión (rango, varianza, desviación típica). Para la recolección, clasificación, descripción, simplificación y presentación de los datos mediante tablas y figuras que describan en forma apropiada el comportamiento de información captada.

Estadística inferencial: Se ocupa de los procesos de estimación, análisis y pruebas de hipótesis, con el propósito de llegar a conclusiones que brinden una adecuada base científica para la toma de decisiones, tomando como base la información muestral captada.

### Figura 12.

*Análisis de datos de la investigación*



#### 2.6.4.1. Análisis de distribución normal

Dado que el tamaño de muestra “n” tiene un valor menor a 50, la prueba de Shapiro Wilk utilizada para el criterio de normalidad de los datos, con un 5% de significación de comprensión de la variable dependiente, es la única variable que se puede utilizar porque tiene más de 2 variables bajo muestras de estudio, superando el mínimo exigido para esta prueba, que es de 3.

#### 2.6.4.2. Análisis de distribución normal

Se utilizó la prueba del análisis de varianza conocido también como ANOVA considerando un grado de significancia del 5 % para confirmar la igualdad o desigualdad de las medias de la muestra.

### **2.6.4.3. Definición de hipótesis nula y alternativa**

- La hipótesis nula ( $H_0$ ), establece que todos los grupos tienen medios iguales. Para esta investigación, es:

$H_0$ : La aplicación de soldadura con electrodo revestido en unión a tope de barras de refuerzo grado 60 NTP 341.031 influye positivamente sobre la calidad y las propiedades químicas y mecánicas, Trujillo 2022.

- La hipótesis alternativa ( $H_a$ ), es que no todas las medias de los grupos son iguales, o al menos una es diferente. Para esta investigación es:

$H_a$ : La aplicación de soldadura con electrodo revestido en unión a tope de barras de refuerzo grado 60 NTP 341.031 no influye positivamente sobre la calidad y las propiedades químicas y mecánicas, Trujillo 2022.

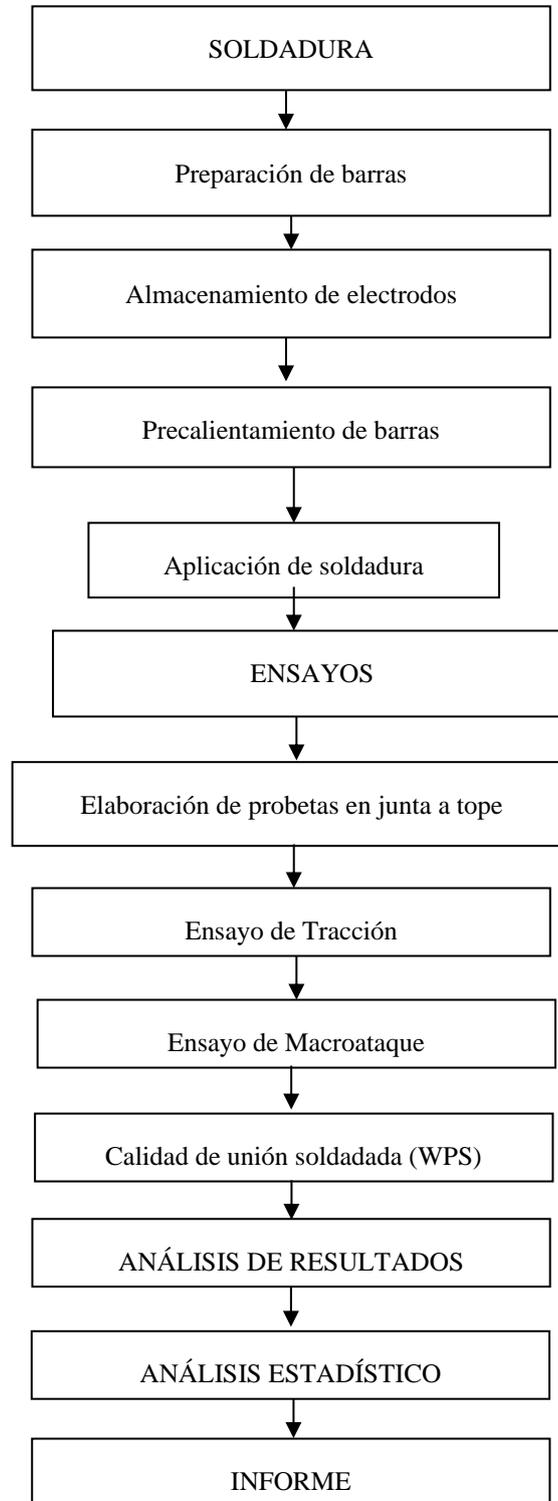
### **2.6.5. Instrumento de análisis de datos**

Se utilizó como instrumento de análisis el software como Excel e IBM SPSS para analizar los datos. Posterior a ello, se verificó las hipótesis planteadas por el investigador.

## 2.7. Procedimientos

**Figura 13.**

*Procedimientos de la investigación*



## **2.7.1. SOLDADURA**

En la presente investigación se siguió un procedimiento sistemático, teniendo en cuenta las indicaciones de la Norma AWS D1.4-2011, el cual se describe a continuación.

### **2.7.1.1. Preparación de barras**

Se procedió a cortar las barras a una longitud de 45 cm, teniendo en cuenta para extraer dos muestras para la investigación y la consideración para el metal base es que las superficies que se van a soldar deben estar libres de rebadas, roturas, grietas u otros defectos que puedan afectar adversamente la calidad o la resistencia de la soldadura

### **2.7.1.2. Almacenamiento del electrodo**

El material de aporte se tuvo almacenado en un horno a una Temperatura mínima de 120°C, durante todo el periodo de soldado. Los electrodos de bajo hidrógeno se deben comprar en recipiente sellados herméticamente; inmediatamente después de abrir el recipiente sellado se deben almacenar en hornos mantenidos a una temperatura de al menos 120 °C.

### **2.7.1.3. Pre calentamiento de barras**

Antes de iniciar el proceso de soldadura para el tipo junta, se realizó el pre calentamiento del material base, previamente se obtuvo un  $C E = 0.57\%$  que se calculó de la fórmula del carbono equivalente mencionada, el cual le corresponde una temperatura mínima de pre calentamiento de 40°C (según tabla 16); sin embargo en la presente investigación se pre calentó a una temperatura de 100°C. Las temperaturas mínimas de pre calentamiento y entre pases se muestran en la Tabla 16.

### **2.7.1.4. Aplicación de soldadura**

Se inició con el primer pase o llamado también raíz; entre pase y pase se dejó un intervalo de tiempo de enfriamiento hasta bajar a una temperatura de 60°C, para minimizar la zona afectada por el calor (ZAC), además de ello se tomó en cuenta en toda la soldadura

la limpieza respectiva (remoción de escorias); una vez finalizado el proceso, se cubrió la probeta soldada con cal, para conseguir el enfriamiento lento y minimizar el efecto en las propiedades mecánicas de la zona ZAC. Cabe mencionar que antes de soldar las probetas en juntas a tope, se elaboró el procedimiento de soldadura y calificación de la misma. En resumen, el procedimiento forma parte de la WPS para la barra soldada en junta a tope.

**Tabla 16.**

*Temperatura mínima del precalentamiento y entre pases*

Intervalo del C.E.	Tamaño de la barra de refuerzo	Temperatura mínima para soldadura SMAW	
		°F	°C
Hasta 0.40	Hasta 11 14 y 18 inclusive	Ninguna 10	Ninguna 50
Más de 0.40 hasta 0.45 inclusive	Hasta 11 14 y 18 inclusive	Ninguna 10	Ninguna 50
Más de 0.45 hasta 0.55 inclusive	Hasta 6 7 a 11 inclusive 14 a 18 inclusive	Ninguna 10 90	Ninguna 50 200
Más de 0.55 hasta 0.65 inclusive	Hasta 6 inclusive 7 a 11 14 a 18 inclusive	40 90 150	100 200 300
Más de 0.65 hasta 0.75 inclusive	Hasta 6 inclusive 7 a 18	150 200	300 400
Más de 0.75	Hasta 6 7 a 18 inclusive	150 260	300 500

## 2.7.2. ENSAYOS

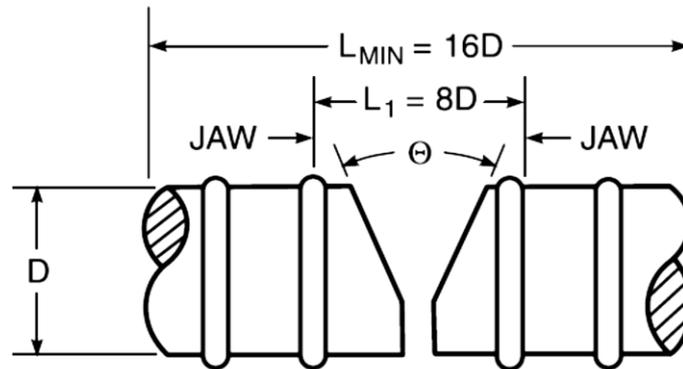
### 2.7.2.1. Elaboración de probetas en junta a tope

#### 2.7.2.1.1 Probetas para ensayo de tracción

Las probetas para tracción en junta a tope directa, según la norma ASTM A 370 - 09, las probetas para ensayos de tracción deben ser lo suficientemente largas para proveer 8 Pulg. (203.2 mm) de longitud calibrada, una distancia de por lo menos 2 diámetros de barra entre cada marca de calibración y las mordazas, por ende, deben tener una longitud mínima de los ensambles para ensayos de tracción de Juntas Directas a Tope será, a menos que una longitud mayor sea requerida para el ensayo, de por lo menos 16 veces el diámetro de la barra, con la soldadura localizada en el centro.

**Figura 14.**

*Probeta para ensayo de tracción de junta a tope*

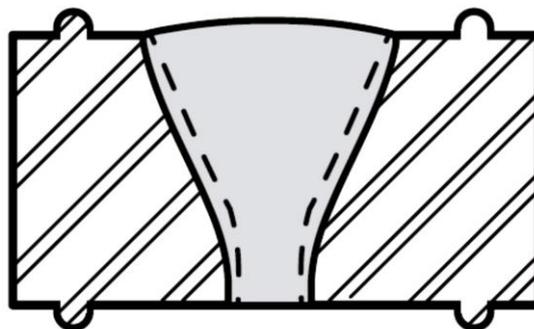


### 2.7.2.1.2 Probetas para ensayo de macroataque

Se debe cortar mecánicamente en una localización perpendicular a la dirección de la soldadura, la probeta de ensayo debe mostrar la sección de cruce longitudinal completa de la soldadura, la raíz de la soldadura y algún refuerzo. La probeta de ensayo debe mostrar toda la sección transversal longitudinal de la soldadura, el fondo de la soldadura, y cualquier refuerzo.

**Figura 15.**

*Probeta para el ensayo de macroataque*



### 2.7.2.2. Ensayo de tracción

Consiste en someter el espécimen a una carga determinada suficiente para causar su rompimiento. Este ensayo está basado en las Norma NTP 341.0.31.

Los ensayos a Tracción de la presente Investigación se realizaron en el Laboratorio de la empresa SOLDEXA. Dichos ensayos se realizaron en una máquina de ensayo universal, provisto de dos mordazas dentadas antideslizantes de plano inclinado (del tipo universal).

El método de ensayo de la probeta, la distancia mínima entre las mordazas de la maquina debe ser igual al menos a 8 veces el diámetro de la barra, para juntas directas a tope. Las probetas deben ser rotas bajo carga de tracción, y la máxima carga debe ser detenninada. El esfuerzo de tracción debe ser obtenido dividiendo la máxima carga entre el área transversal nominal de la barra.

El criterio de aceptación es que el esfuerzo de tracción no debe ser menor a 1.25 veces el esfuerzo de fluencia mínimo especificado del tipo y grado de barra a ser unido, a menos que se encuentre especificado de otra manera por la especificación general.

Cabe recalcar que debido a que el esfuerzo de fluencia mínimo especificado para las barras corrugadas ASTM A615 es de 4200 kg/cm<sup>2</sup>, el esfuerzo de tracción no deberá ser menor a 5250 kg/cm<sup>2</sup>.

Se ensayó diez barras soldadas en junta a tope para obtener las 3 principales propiedades mecánicas: Ductilidad, Fluencia y Resistencia Máxima a la Tracción. Además, para calificar el procedimiento de soldadura (WPS).

### **2.7.2.3. Ensayo de Macroataque**

Todas las secciones transversales deben ser pulidas y atacadas con una solución adecuada para dar una clara definición a la soldadura

El criterio de aceptación será que la probeta debe ser examinada en busca de discontinuidades, y cualquiera que tenga discontinuidades prohibidas, sobre el criterio de aceptación para las barras corrugadas ASTM A615, debe ser considerada como fallida.

Las secciones transversales atacadas deben tener penetración completa con el metal base, para soldadura de canal simple en V o doble V. Para soldaduras de canal con bisel acampanado y en V acampanada, el tamaño de la soldadura designado debe ser obtenido.

#### **2.7.2.4. Calidad de unión soldada (WPS)**

Para la calidad de la unión soldada, se realizará una Inspección Visual la cual debe ser realizada antes, durante y después de realizada la unión soldada.

Para ello antes de la soldadura se debe verificar lo siguiente: preparación de la junta, dimensiones y limpieza, dimensiones libres de laminas de respaldo, anillos o insertos consumibles, alineamiento y encaje de las partes a ser soldadas, proceso de soldadura y ajuste de máquina, temperatura de precalentamiento especificada y calidad de la soldadura de apuntalamiento.

Posteriormente, durante la soldadura se debe verificar: tratamiento de las soldaduras de apuntalamiento, calidad del pase de raíz y las capas de soldadura siguientes, temperatura de precalentamiento e interpases adecuada, secuencia de pases de soldadura, limpieza interpases, condiciones de la raíz previa a la soldadura del segundo lado, distorsión, conformidad con el procedimiento de soldadura aplicable.

Finalmente, después de la soldadura se debe verificar: apariencia final de la soldadura, tamaño final de la soldadura, extensión de la soldadura, discontinuidades: fisuras, mordeduras, traslape, porosidad e inclusiones de escoria expuestas, refuerzo inaceptable y no uniformidad de las caras de soldadura, exactitud dimensional, cantidad de distorsión y tratamiento térmico post-soldadura.

### **2.7.3. ANÁLISIS DE RESULTADOS**

De los resultados de los ensayos, se seleccionó las probetas que no cumplieron la norma NTP 341.031, para no ser tomada en cuenta como dato en el análisis estadístico. Luego se analizará los datos para ser tomadas en cuenta al momento de procesar nuestra información, para así obtener resultados confiables.

### **2.7.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO**

La investigación usará el método descriptiva, debido a que se utilizó gráficos estadísticos y tablas de frecuencia, además de la estadística inferencial, estos permiten generar una inducción en los comportamientos de la población definida bajo un riesgo de error que se pueda medir.

#### **2.7.4.1. Prueba de Normalidad**

Dado que el tamaño de muestra “n” tiene un valor menor a 50, la prueba de Shapiro Wilk utilizada para el criterio de normalidad de los datos, con un 5% de significación de comprensión de la variable dependiente, es la única variable que se puede utilizar porque tiene más de 2 variables bajo muestras de estudio, superando el mínimo exigido para esta prueba, que es de 3.

#### **2.7.4.2. Análisis de Varianza (Anova)**

El objetivo del análisis de varianza es probar la hipótesis de igualdad de los tratamientos con respecto a la media de la correspondiente variable de respuesta. La investigación se probará cual de la dos hipótesis siguientes es la correcta.

H<sub>0</sub>: La aplicación de soldadura con electrodo revestido en unión a tope no influye en las propiedades mecánicas de barras de refuerzo grado 60 NTP 341.031, Trujillo - Perú, 2022

H<sub>1</sub>: La aplicación de soldadura con electrodo revestido en unión a tope influye en las propiedades mecánicas de barras de refuerzo grado 60 NTP 341.031, Trujillo - Perú, 2022

## CAPÍTULO III: RESULTADOS

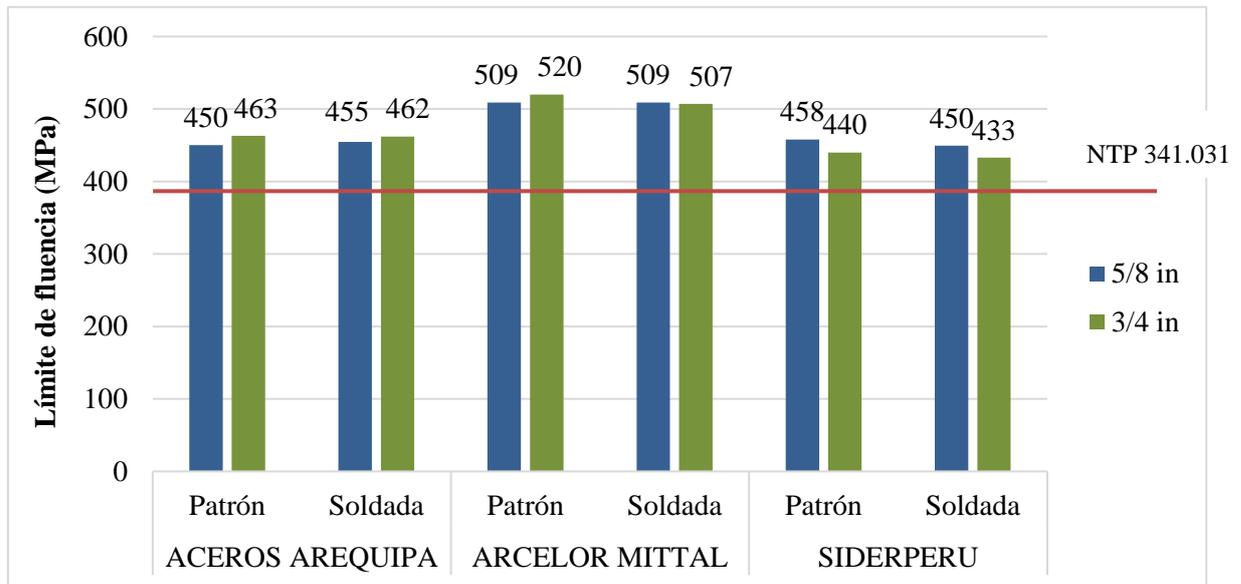
### 3.1. Ensayo de tracción

Los resultados del ensayo de tracción de las barras de refuerzo grado 60 soldadas con electrodo revestido en unión a tope se muestran a continuación:

#### 3.1.1. Límite de fluencia (fy)

**Figura 16.**

*Resultados del límite de fluencia de las barras de refuerzo grado 60*

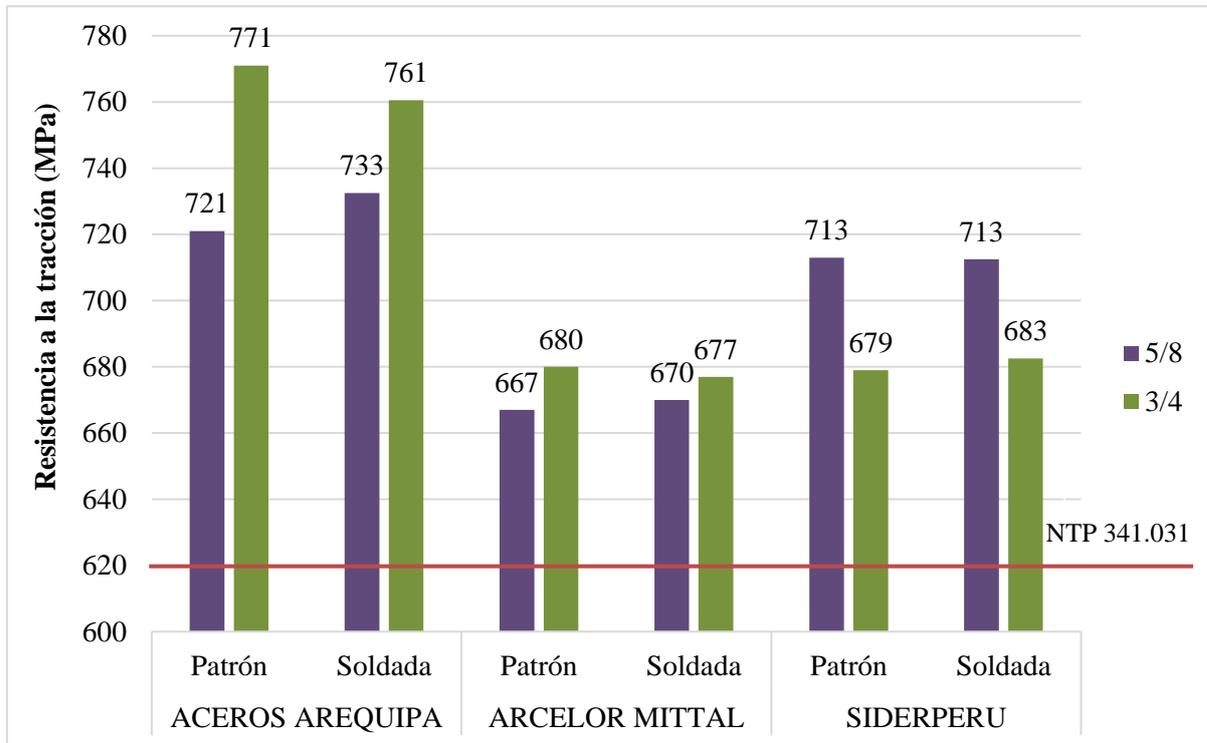


Nota: Se observa los resultados del límite de fluencia en donde las barras de refuerzo grado 60 de la marca Aceros Arequipa patrón con diámetro de 5/8 in obtuvieron 450 MPa y la soldada con electrodo revestido en unión a tope 455 MPa y las barras con diámetro 3/4 in obtuvieron 463 MPa y la soldada 462 MPa; la marca Acelor Mittal patrón con diámetro de 5/8 in obtuvieron 509 MPa y la soldada con electrodo revestido en unión a tope 509 MPa y las barras con diámetro 3/4 in obtuvieron 520 MPa y la soldada con electrodo revestido en unión a tope 507 MPa y finalmente la marca la marca Siderperu patrón con diámetro de 5/8 in obtuvieron 458 MPa y la soldada con electrodo revestido en unión a tope 450 MPa y las barras con diámetro 3/4 in obtuvieron 440 MPa y la soldada con electrodo revestido en unión a tope 433 MPa.

### 3.1.2. Resistencia a la tracción (MPa)

**Figura 17.**

*Resultados de la resistencia a la tracción de las barras de refuerzo grado 60*

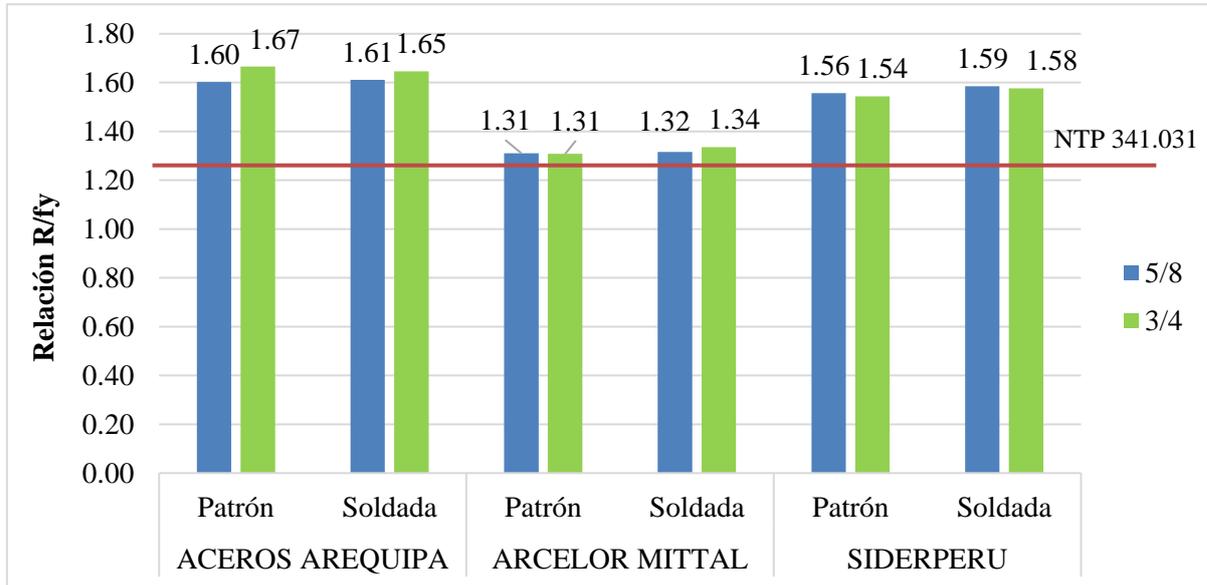


Nota: Se observa los resultados de la resistencia a la tracción en donde las barras de refuerzo grado 60 de la marca Aceros Arequipa patrón con diámetro de 5/8 in obtuvieron 721 MPa y la soldada con electrodo revestido en unión a tope 733 MPa y las barras con diámetro 3/4 in obtuvieron 771 MPa y la soldada 761 MPa; la marca Acelor Mittal patrón con diámetro de 5/8 in obtuvieron 667 MPa y la soldada con electrodo revestido en unión a tope 670 MPa y las barras con diámetro 3/4 in obtuvieron 680 MPa y la soldada con electrodo revestido en unión a tope 677 MPa y finalmente la marca la marca Siderperu patrón con diámetro de 5/8 in obtuvieron 713 MPa y la soldada con electrodo revestido en unión a tope 713 MPa y las barras con diámetro 3/4 in obtuvieron 679 MPa y la soldada con electrodo revestido en unión a tope 683 MPa.

### 3.1.3. Relación R/fy

**Figura 18.**

*Resultados de la relación R/fy de las barras de refuerzo grado 60*



Nota: Se observa los resultados de la relación R/fy en donde las barras de refuerzo grado 60 de la marca Aceros Arequipa patrón con diámetro de 5/8 in obtuvieron una relación de 1.60 y la soldada con electrodo revestido en unión a tope 1.67 y las barras con diámetro 3/4 in obtuvieron una relación de 1.67 y la soldada 1.65; la marca Acelor Mittal patrón con diámetro de 5/8 in obtuvieron una relación de 1.31 y la soldada con electrodo revestido en unión a tope 1.32 y las barras con diámetro 3/4 in obtuvieron una relación de 1.31 y la soldada con electrodo revestido en unión a tope 1.34 y finalmente la marca la marca Siderperu patrón con diámetro de 5/8 in obtuvieron una relación de 1.56 y la soldada con electrodo revestido en unión a tope 1.59 y las barras con diámetro 3/4 in obtuvieron una relación de 1.54 y la soldada con electrodo revestido en unión a tope 1.58

### 3.2. Ensayo de Macroataque

**Tabla 17.**

*Resultados del ensayo de macroataque*

Marca	Penetración (mm)	Resultados
ACEROS AREQUIPA	0.50	Aceptable
	0.20	Aceptable
ARCELOR MITTAL	0.20	Aceptable
	0.20	Aceptable
SIDERPERU	0.20	Aceptable
	0.40	Aceptable

Nota: Se observa los resultados del ensayo de macroataque en donde las barras de refuerzo grado 60 de la marca Aceros Arequipa obtuvieron valores de penetración de 0.50 mm y 0.20 mm; la marca Acelor Mittal obtuvieron valores de penetración de 0.20 mm en ambas muestras y finalmente la marca Siderperu obtuvieron valores de penetración de 0.20 mm y 0.40 mm.

### 3.3. Prueba de hipótesis

#### 3.3.1. Prueba de normalidad

**Tabla 18.**

*Prueba de normalidad de los datos*

Variable	Shapiro-Wilk			
	Independiente	Estadístico	gl	Sig.
Aceros Arequipa		,985	6	,968
Acelor Mittal		,993	6	,928
Siderperu		,967	6	,897

Nota: La normalidad de los datos de las barras de refuerzo grado 60, utilizando el método de Shapiro – Wilk se observa que el grado de significancia para la marca Aceros Arequipa es de 0,968; para la marca Acelor Mittal es de 0,928 y para la marca Siderperu es de 0,897.

### 3.3.2. Análisis de varianza

**Tabla 19.**

*Análisis de varianza (ANOVA) del límite de fluencia*

	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>gl</b>	<b>Media cuadrática</b>	<b>F<sub>exp</sub></b>	<b>F<sub>0</sub></b>	<b>Sig.</b>
Inter grupos	14695.4	2	7347.72	136.24	3.592	0.000
Intra grupos	809.0	15	53.9393			
Total	15504.4	17				

*Fuente: IBM SPSS Statistics 25*

Nota: El análisis de varianza (ANOVA) del límite de fluencia de las barras de refuerzo grado 60 soldadas con electrodo revestido en unión a tope, obteniendo que su valor de F experimental es mayor al valor de F teórico, incluso el valor p de 0.000 siendo menor al nivel de significancia de 0.05

**Tabla 20.**

*Análisis de varianza (ANOVA) de la resistencia a la tracción*

	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>gl</b>	<b>Media cuadrática</b>	<b>F<sub>exp</sub></b>	<b>F<sub>0</sub></b>	<b>Sig.</b>
Inter grupos	16581.4	2	8290.72	32.34	3.592	0.000
Intra grupos	3844.83	15	256.322			
Total	20426.3	17				

*Fuente: IBM SPSS Statistics 25*

Nota: El análisis de varianza (ANOVA) de la resistencia a la compresión de las barras de refuerzo grado 60 soldadas con electrodo revestido en unión a tope, obteniendo que su valor de F experimental es mayor al valor de F teórico, incluso el valor p de 0.000 siendo menor al nivel de significancia de 0.05

## CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

### 4.1. Discusión de resultados

#### 4.1.1. Limitaciones

Las principales limitaciones que se presentaron en la investigación fue la realización del ensayo de tracción en una máquina universal, debido a que la Universidad Privada del Norte no cuenta con dicha equipo, por ello se optó por realizar el ensayo mecánico en el laboratorio de la empresa SOLDEXA, el cual es un laboratorio de ensayo acreditado por el organismo peruano de acreditación Inacal, ubicado en la Antigua Panamericana Sur Km 38.5, distrito de Lurín, provincia de Lima.

Otra limitación que se presentó fue la selección del tipo de electrodo, debido a que el acero grado 60 (NTP 341.031) pertenece a la familia de aceros que contienen un alto contenido de carbono, produciendo una soldabilidad complicada. Por ende, requiere una supervisión minuciosa al momento de realizar la soldadura, con personal calificado y preparado, logrando no variar la calidad del acero al momento de soldar, por errores en el proceso. Perú no tiene una regulación sobre las barras de refuerzo soldables. La soldadura de barras de refuerzo generalmente se realiza en el sitio con falta de supervisión adecuada y soldadores no calificados. La mayoría de las recomendaciones de la AWS a menudo se ignoran cuando se suelda acero de refuerzo en Perú.

El acero con un alto contenido de carbono, como los que superan el 0,45 %, suele tener problemas de soldabilidad deficiente. Esto se debe a que calentar el acero provoca un daño significativo a sus propiedades mecánicas antes o después del precalentamiento o postcalentamiento del acero.

Otra limitante es la calidad de las barras soldadas debido a que la norma NTP 341.031 G60 con la que se fabrican las barras de refuerzo en nuestro país no especifica límites de contenido de carbono. Esto significa que las barras de refuerzo de nuestro país podrían tener

más o menos carbono de lo previsto originalmente. Si esto sucede, estas barras tendrían limitaciones importantes en la calidad de su soldadura y probablemente solo se considerarían promedio.

Este proyecto requiere pruebas exhaustivas dentro del laboratorio, como las pruebas de tracción y macroataque. Está siendo autofinanciado por el investigador, pero se asociaron costos adicionales con la realización de estas pruebas; esto se debe a que requería un mayor grado de experiencia para cada prueba.

#### **4.1.2. Análisis comparativo**

Los resultados del ensayo de tracción mostrados de las barras de refuerzo grado elaboradas bajo la norma NTP 341.031, mostraron en la prueba de normalidad que sus datos tienen una distribución normal, esto es con un nivel de significancia del 5%, siendo analizada bajo la metodología de Shapiro Wilk debido la muestra en tamaño es menor a 50 datos, resultando descartado la metodología de Kolmogorov Smirnov la cual se utiliza si la data es mayor a 50 muestras. Los datos al tener distribución normal, brinda mayor confiabilidad para realizar el análisis de varianza, y poder generalizar la hipótesis aceptará el investigador.

Para validar las hipótesis de la investigación con pruebas paramétricas se aplicó el análisis de varianza o también conocido como ANOVA se realizó a los resultados obtenidos del ensayo de tracción, obteniendo el ANOVA del límite de fluencia y resistencia a la tracción obtienen un valor p de 0.000 el cual es menor al nivel de significancia de 0.05; incluso los valores del F experimental son mayores a F teórico que se obtiene por tabulación en la tabla de Fisher, todos estos resultados se obtuvieron bajo el software SPSS en su versión 25, por lo tanto, se acepta la hipótesis alterna del investigador y se rechaza la hipótesis nula, es decir, la aplicación de soldadura con electrodo revestido en unión a tope influye en las propiedades mecánicas de barras de refuerzo grado 60 NTP 341.031, Trujillo - Perú, 2022

Los resultados del límite de fluencia en donde las barras de refuerzo grado 60 de la marca Aceros Arequipa patrón con diámetro de 5/8 in obtuvieron 450 MPa y la soldada con electrodo revestido en unión a tope 455 MPa y las barras con diámetro 3/4 in obtuvieron 463 MPa y la soldada 462 MPa; la marca Acelor Mittal patrón con diámetro de 5/8 in obtuvieron 509 MPa y la soldada con electrodo revestido en unión a tope 509 MPa y las barras con diámetro 3/4 in obtuvieron 520 MPa y la soldada con electrodo revestido en unión a tope 507 MPa y finalmente la marca la marca Siderperu patrón con diámetro de 5/8 in obtuvieron 458 MPa y la soldada con electrodo revestido en unión a tope 450 MPa y las barras con diámetro 3/4 in obtuvieron 440 MPa y la soldada con electrodo revestido en unión a tope 433 MPa.

Los resultados de la resistencia a la tracción en donde las barras de refuerzo grado 60 de la marca Aceros Arequipa patrón con diámetro de 5/8 in obtuvieron 721 MPa y la soldada con electrodo revestido en unión a tope 733 MPa y las barras con diámetro 3/4 in obtuvieron 771 MPa y la soldada 761 MPa; la marca Acelor Mittal patrón con diámetro de 5/8 in obtuvieron 667 MPa y la soldada con electrodo revestido en unión a tope 670 MPa y las barras con diámetro 3/4 in obtuvieron 680 MPa y la soldada con electrodo revestido en unión a tope 677 MPa y finalmente la marca la marca Siderperu patrón con diámetro de 5/8 in obtuvieron 713 MPa y la soldada con electrodo revestido en unión a tope 713 MPa y las barras con diámetro 3/4 in obtuvieron 679 MPa y la soldada con electrodo revestido en unión a tope 683 MPa.

Los resultados de la relación  $R/f_y$  en donde las barras de refuerzo grado 60 de la marca Aceros Arequipa patrón con diámetro de 5/8 in obtuvieron una relación de 1.60 y la soldada con electrodo revestido en unión a tope 1.67 y las barras con diámetro 3/4 in obtuvieron una relación de 1.67 y la soldada 1.65; la marca Acelor Mittal patrón con diámetro de 5/8 in obtuvieron una relación de 1.31 y la soldada con electrodo revestido en

unión a tope 1.32 y las barras con diámetro 3/4 in obtuvieron una relación de 1.31 y la soldada con electrodo revestido en unión a tope 1.34 y finalmente la marca la marca Siderperu patrón con diámetro de 5/8 in obtuvieron una relación de 1.56 y la soldada con electrodo revestido en unión a tope 1.59 y las barras con diámetro 3/4 in obtuvieron una relación de 1.54 y la soldada con electrodo revestido en unión a tope 1.58.

Usar el electrodo correcto para el material que se está soldando es importante para obtener una soldadura de alta calidad. Actualmente existen electrodos para cada tipo de acero; sin embargo, muchas personas carecen de conocimientos sobre este tema.

D1.4-05 de la American Welding Society/AWS establece que la capacidad mínima de tensión y deformación de las barras de refuerzo soldadas debe cumplir con los estándares prescritos. Estas normas establecen que las barras de refuerzo deben tener una resistencia a la tracción mínima superior a 1,25 veces el límite elástico. Además, deberán tener una resistencia a la fluencia mínima de 4.200 kilogramos por centímetro cuadrado.

Según esta investigación, las barras soldadas cumplen con los requisitos mínimos de resistencia de la norma NTP 341.031. El gobierno peruano no regula las barras de refuerzo para soldadura, por lo que utilizamos la norma ANSI/AWS D1.4-05 como referencia. Sin embargo, esta regulación no estipula ningún límite sobre cuánto pueden deformarse las barras. Por lo tanto, la comparación de las tensiones y deformaciones máximas en barras soldadas y no soldadas después de que se probaron para la resistencia a la tracción demuestra que las barras soldadas cumplen con las especificaciones mínimas de acuerdo con esta norma.

La investigación tuvo como objetivo evaluar la aplicación de soldadura con electrodo revestido en unión a tope de barras de refuerzo grado 60 NTP 341.031, Trujillo, Perú, 2022, contando con antecedentes como Rodríguez & Asabay (2006) en su investigación tuvo por objetivo evaluar cual era el efecto de la soldadura sobre las propiedades mecánicas de las

barras de refuerzo que son producidas en México bajo la norma NMX-C-407 (ASTM A 615). Para ello seleccionó una muestra de 54 barras de diámetros de 1"(25.4 mm), 1-1/4" (31.8 mm) y 1-1/2" (38.1 mm), las cuales fueron ensayadas a tensión a la falla en una máquina Universal, las variables que se evaluaron fueron el tipo de electrodo y el bisel, y el efecto del precalentamiento, además la soldadura aplicada se realizó siguiendo procedimientos usuales de campo, sin precalentamiento de la barra, sin resecado de los electrodos, sin esmerilar las superficies a unir, etc. Obteniendo como resultados que sólo las barras de refuerzo No 8 soldadas con doble bisel y electrodos E90 podrían alcanzar valores recomendados de capacidades resistentes y de deformación de barras de refuerzo en elementos de concreto reforzado que son sometidos a acciones sísmicas, dichos resultados son referentes a un proceso de soldadura de electrodo E-9018, doble bisel y aplicación de precalentamiento en las muestras Concluyendo que no soldar barras de refuerzo con características de la normativa NMX-C-407 con diámetros mayores que el diámetro No 8 (25.4 mm).

Por otro lado Díaz (2014) en su investigación tuvo por objetivo analizar la soldabilidad del acero corrugado fabricado según la norma ASTM A 615 G60 y la relación al acero corrugado que fue fabricado bajo la norma ASTM A 706 G60. Para ello, una muestra de 50 barras de acero corrugado de diámetros de  $\varnothing 1/2"$  (# 4),  $\varnothing 5/8"$  (# 5) y  $\varnothing 3/4"$  (# 6) fueron ensayados a tensión de falla en una máquina universal, las variables que fueron evaluados son el tipo de electrodo, de discontinuidad de la soldadura y de acero, además la soldadura de las barras se llevó a cabo siguiendo procedimientos usuales de campo, sin precalentamiento de la barra, sin resecado de los electrodos, sin esmerilar las superficies a unir, etc. Obtuvo como resultado que la relación  $F_{su}/F_y$  en soldaduras en donde se utilizó electrodos E6011 para barra de la norma ASTM A 615 y ASTM A 706, alcanzaron valores por debajo del mínimo 1.25 recomendado por la norma ANSI/AWS D1.4-05. Las barras de refuerzo de  $\varnothing 5/8"$  soldadas con el electrodo E7018 de la norma ASTM A 615, alcanzaron

mayores valores de la relación  $F_{su}/F_y$ , es decir que alcanzaron el valor mínimo de 1.25 recomendado por la norma AWS. Sin embargo, las barras de  $\varnothing 1\frac{1}{2}$ " y  $\varnothing \frac{3}{4}$ " no llegaron al valor mínimo recomendado, dichos resultados dependen del uso de dos tipos de electrodo (E-6011 y E-7018) contrastando lo antes mencionado con respecto a la resistencia que otorgan estos. Pero también demuestra que el diámetro es una variable importante en este proceso. Concluyendo que, 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, dicho antecedente coincide con la investigación ya que la barra corrugada fabricada según la norma ASTM A 615 tiene mejor soldabilidad con el electrodo E 7018.

Por su lado Hurtado (2011) en su investigación tuvo por objetivo evaluar cual era la soldabilidad de las barras corrugadas de acero belgo 60 que son fabricadas para el concreto reforzado bajo las recomendaciones del código ANSI/AWS D1.4-2005, el tipo de junta que fue estudiado fue el de junta directa a tope bajo una soldadura en V simple de posición 1G, los diámetros que fueron analizados fueron de  $\varnothing 3/8$ ",  $\varnothing 5/8$ ",  $\varnothing 3/4$ " y  $\varnothing 1$ ", se utilizó la unión soldada a tope utilizando electrodo E-8018, bisel y un procedimiento de precalentamiento en las barras de refuerzo. Obteniendo que las barras corrugadas de acero BELGO 60 de diámetros  $3/8$ ",  $5/8$ ",  $3/4$ " y  $1$ " cumplen con los requerimientos de las normas ASTM A615 Y ASTM A706, además los procedimientos propuestos para la unión de estas barras, empleando una junta directa a tope, cumplen con los requerimientos de calificación estipulados por el código ANSI/AWS D1.4-05. Concluyendo que, las uniones de las barras corrugadas de acero de menor diámetro se debe tener especial cuidado en la técnica y la habilidad del soldador, pues por su pequeño tamaño es más susceptible a presentar

discontinuidades de soldadura, dejando en claro que la habilidad del soldador es un factor importante en este procedimiento.

Otro antecedente es Rivera & Romero (2016) en su investigación tuvo por objetivo estudiar la soldabilidad que tenían las barras corrugadas de acero fabricados bajo la norma NTP 341.031 G60 de  $\varnothing 5/8$ ", en junta a tope y traslapada para el concreto armado, el análisis se realizó mediante procedimientos de soldadura y criterios metalúrgicos para ello se analizó bajo los ensayos de tracción y macroataque según las especificaciones de la norma AWS D1.4 para calificar el procedimiento, posteriormente se preparó las barras soldados junto a diez barras control. Obteniendo que la ductilidad promedio de las barras soldadas en junta a tope, las barras soldadas en junta traslapada y las barras sin soldar son de 13.43 % ,9.20% y 17.68 % respectivamente, estos representan el 149.22 % ,102.22 % y 196.44% de la ductilidad exigido por la norma NTP 341.031 (ASTM A 615) que es de 9%, por lo tanto los tres tratamientos analizados cumplen con las exigencias de la norma NTP 341.031, el esfuerzo de fluencia ( $f_y$ ) promedio que alcanzan las barras soldadas en junta a tope, las barras soldadas en junta traslapada y las barras sin soldar son de 453.36 Mpa ,433.61 Mpa y 450.77 Mpa respectivamente, estos representan el 107.94 % , 103.24% y 107.33% del esfuerzo de fluencia exigido por la norma NTP 341.031 que es de 420 Mpa , asimismo la resistencia a la tracción (R) promedio de las barras sin soldar, las barras soldadas en junta a tope y traslape son de 720.37 Mpa,725.71 Mpa y 680.81 Mpa respectivamente , estos representan 116.19 % , 117.05 % y 109.81 % de la resistencia a la tracción exigido por la Norma NTP 341.031 que es 620 Mpa , por lo tanto los tres tratamientos analizados cumplen con las exigencias de la norma NTP 341.031 respecto al esfuerzo de fluencia y resistencia a la tracción. Concluyendo que, las barras corrugadas de acero de refuerzo NTP 341.031, soldadas en junta a tope tienen mejores propiedades mecánicas que las soldadas en junta traslapada.

### **4.1.3. Implicancias**

La presente investigación, evidencia que no existen gran cantidad de antecedentes en la actualidad sobre la aplicación de soldadura con electrodo revestido en unión a tope de las barras de refuerzo grado 60 elaboradas bajo la norma NTP 341.031, pese a ser las barras corrugadas uno de los materiales primordiales hoy en día en las construcciones de la ciudad, y con mayor demanda a la par del concreto, además que no se realiza un estudio de calidad de las mismas antes de su puesta en obra, resultando propiedades variables de una marca a otra, por lo tanto, es importante realizar estudios previos en laboratorio antes de utilizar barras corrugadas con o sin soldar.

Por ello, la combinación técnica de la información recolectada de forma cuantitativa y cualitativa, se ha presentado de forma estratégica para demostrar la influencia significativa de la aplicación de soldadura con electrodo revestido en unión a tope de barras de refuerzo grado 60 NTP 341.031, Trujillo – Perú 2022.

### **4.2. Conclusiones**

Se aplicó un proceso de soldadura SMAW en la unión a tope de barras de refuerzo Grado 60 NTP 341.031 Aceros Arequipa, Siderperu y Arcelor Mittal.

Se calculó las propiedades mecánicas de barras de refuerzo Grado 60 NTP 341.031 Aceros Arequipa, Siderperu y Acerlor Mittal sin soldar y soldadas mediante un proceso de soldadura SMAW en la unión a tope, obteniendo que el esfuerzo de fluencia ( $f_y$ ) promedio que alcanzan las barras soldadas en unión a tope, las barras soldadas y las barras sin soldar de la marca Aceros Arquipa, Arcelor Mittal y Siderperu cumplen con el esfuerzo de fluencia exigido por la norma NTP 341.031 que es de 420 MPa , asimismo la resistencia a la tracción (R) promedio de las barras sin soldar y las barras soldadas en junta a tope cumplen con la resistencia a la tracción exigido por la Norma NTP 341.031 que es 620 MPa , por lo tanto

las tres marcas estudiadas cumplen con las exigencias de la norma NTP 341.031 respecto al esfuerzo de fluencia y resistencia a la tracción.

La relación ( $R/f_y$ ) promedio de la resistencia a la tracción ( $R$ ) y el esfuerzo de fluencia ( $f_y$ ) de las barras soldadas en unión a tope cumplen con las exigencias del AWS D1.4, ACI 318 y NTP 341.031 el cual establece que la relación ( $R/f_y$ ) debe ser como mínima de 1.25. para ser considerado un barra de refuerzo sismo resistente.

Se realizó la prueba de hipótesis, usando la prueba de normalidad y el análisis de varianza (ANOVA), determinando la aplicación de soldadura con electrodo revestido en unión a tope influye positivamente en las propiedades mecánicas de barras de refuerzo grado 60 NTP 341.031, Trujillo - Perú, 2022, siendo la marca Aceros Arequipa la que tuvo mayor significancia, debido a que tiene mayores valores en sus propiedades.

#### **4.3. Recomendaciones**

Para que los trabajos de soldadura se realicen correctamente, las personas deben contratar especialistas en soldadura que comprendan los requisitos de la norma. Además, deben usar equipos que no estén dañados o desgastados. Si lo hace, de manera confiable garantiza los mejores resultados.

Para evitar inclusiones de escoria y discontinuidades, es necesario limpiar la soldadura después de cada pasada de soldadura. También se recomienda dejar un intervalo de tiempo entre pasadas e intervalos para reducir la zona afectada por el calor en torno a los 60 grados centígrados. Esto se debe a que la soldadura de aceros de refuerzo NTP 341.031, o ASTM A 615, entre pasadas genera ZAC.

Las juntas a tope tienen una mayor integridad estructural que las juntas superpuestas debido a la falta de riesgo de fractura. Además, las uniones a tope proporcionan propiedades mecánicas superiores a las de las soldaduras superpuestas.

## REFERENCIAS

- Aceros Arequipa, «Fierro Corrugado ASTM A706-GRADO 60 / NTP 339.186-GRADO60,» vol. 2.
- ACI Comité 318 (2014). “Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural (ACI 318S-14)”. *American Concrete Institute*, Farmington Hills, MI. Segunda Impresión. Enero de 2015. ISBN: 978-0-87031-964-8, pp. 458.
- ACI Committee 318 (ACI 318, 2005), “Building Code Requirements for Reinforced Concrete (ACI 318-05)”. *American Concrete Institute*, Farmington Hills, MI.
- American Society for Metals (ASM, 1990, 1992), *ASM Handbook*, Vol 1 y 6, 10ª Edición.
- American Society for Testing and Materials (1992). “Deformed and Plain Billet-Steel Bars for Concrete Reinforcement”, *ASTM A615/A 615M-92b*.
- American Society for Testing and Materials (1992). “Low-Alloy Steel Deformed Bars for Concrete Reinforcement”, *ASTM A706/A 706M-92b*.
- American Society for Testing and Materials (ASTM, 2018). *ASTM A615 / A615M-18e1, Especificación estándar para barras de acero al carbono deformadas y lisas para refuerzo de hormigón*, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2018, DOI: 10.1520 / A0615\_A0615M-18E01.
- American Welding Society (AWS, 1968 y 1987), “*Welding Handbook*” 6ª y 8ª Edición.
- American Welding Society (AWS, 1998). “Structural Welding Code-Reinforcing Steel” *NSI/AWS D1.4-98*.
- American Welding Society (AWS, 2011). “Structural Welding Code-Reinforcing Steel”, *AWS D1.4/D1.4:2011*. Miami, 2011. ISBN 978-0-87171-786-3.
- Arequipa, A. (2010). Manual del maestro constructor. *Lima: CORPORACIÓN ACEROS AREQUIPA SA*.

Asociación Latinoamericana del Acero (ALACERO, 2019). América Latina en cifras 2018.

Recuperado de <https://www.alacero.org/es/page/publicaciones/america-latina-en-cifras>

CAP S.A. (2000) “¿Qué es el Acero?”. [En línea]. Disponible: [http://www.infoacero.cl/acero/que\\_es.htm](http://www.infoacero.cl/acero/que_es.htm). [Último acceso: noviembre 2022].

CONSTRUMATICA (2018) “Propiedades del Acero Aleado” [En línea]. Disponible: [http://www.construmatica.com/construpedia/Propiedades\\_del\\_Acero\\_Aleado](http://www.construmatica.com/construpedia/Propiedades_del_Acero_Aleado). [Último acceso: Noviembre 2022].

DENGRÁ T. (2002). “Características del Acero” [En línea]. Disponible: <http://webfacil.tinet.cat/rdengra/12169>. [Último acceso: noviembre 2022].

Días, C. (2014). Soldabilidad del acero corrugado ASTM A 615 Grado 60 en relación al acero corrugado ASTM A 706 Grado 60. (tesis de pregrado). Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca, Perú.

Díaz Peregrino, C. E. (2014). “Soldabilidad del acero corrugado ASTM a 615 grado 60 en relación al acero corrugado ASTM a 706 grado 60.” [Tesis de pre grado para optar por el título de Ingeniero Civil] Universidad Nacional de Cajamarca, Perú.

Dirección General de Normas (1988), “Procedimiento de Soldadura Estructural Acero de Refuerzo” *Norma Mexicana NMX-H-121-1988*, Secretaría de Comercio y Fomento Industrial.

Dirección General de Normas (1988). “Varillas Corrugadas de Acero de Baja Aleación Procedentes de Lingote o Palanquilla para Refuerzo de Concreto”. *Norma Mexicana NMX-B-457-1988*.

Dirección General de Normas (2001), “Varilla Corrugada de Acero Proveniente de Lingote y Palanquilla para Refuerzo de Concreto” *Norma Mexicana NMX-C-407-ONNCCE-2001*, Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación, S. C.

- Domínguez, Esteban José; Ferrer, Julián (6 de octubre de 2014). FP Básica - Mecanizado y soldadura. Editex. ISBN 9788490039632. Consultado el 01 de septiembre de 2019.
- Gaceta Oficial del Distrito Federal (2004), "Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de Concreto" *Reglamento de Construcciones del Distrito Federal*. México DF.
- Gustafson D P, (2007), "Revisiting Low-Alloy Steel Reinforcing Bars", *Concrete International*, ACI, Enero, 55-59.
- Gustafson, D P y A L Felder, (1991), "Questions and Answers on ASTM A 706 Reinforcing Bars", *Concrete International*, ACI, Vol 13, No 7, pp 54-57.
- Hernández Riesco G. (2006). Manual del Soldador. (15° Edición). Madrid. CESOL.
- Hurtado Espejo, R. C. (2011) "*Estudio de la soldabilidad de barras corrugadas de acero para concreto reforzado Belgo 60.*" [Tesis de pre grado para optar por el título de Ingeniero Mecánico] Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima.
- Hurtado, R. (2011). Estudio de la soldabilidad de barras corrugadas de acero para concreto reforzado BELGO 60. (tesis de pregrado). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú.
- IBERTEST, «Máquina de ensayo universal hidráulica – Serie IBMU4,» [En línea]. Available: <https://www.ibertest.es/products/maquina-de-ensayos-universal-hidraulicaserie-ibmu4/>.
- Norma Técnica Peruana (NTP 341.03, 2008). *HORMIGÓN (CONCRETO). Barras de acero al carbono con resaltes y lisas para hormigón (concreto) armado. Especificaciones (Grado 60)*. Lima, Perú.
- Priestley N J M, (2000), "Performance Based Seismic Design", *Proc. 12 World Conference on Earthquake Engineering*, Auckland, Nueva Zelanda, paper No 2831,
- Reglamento Nacional de Edificaciones (2009) *Normal E.060 Concreto Armado*. ISBN 978-9972-9433-4-8. Lima, Perú.

- Rivera, W. E., & Romero, P. A. (2016) “*Estudio de la soldabilidad de barras corrugadas de acero NTP 341.031 de  $\phi$ 5/8, en junta traslapada y a tope, para concreto armado.*” [Tesis de pre grado para optar por el título de Ingeniero Civil] Universidad Nacional Hermilio Valdizán, Huánuco, Perú.
- Rivera, W., Romero, P. (2016). Estudio de la soldabilidad de barras corrugadas de acero NTP 341.031 de  $\phi$ 5/8 , en junta traslapada y a tope, para concreto armado. (tesis de pregrado). Universidad Nacional Hermilio Valdizán, Huánuco, Perú.
- Rodríguez M y J C Botero, (1996), “Aspectos del comportamiento sísmico de estructuras de concreto reforzado considerando las propiedades mecánicas de aceros de refuerzo producidos en México”. *Publicación Series del Instituto de Ingeniería, UNAM*, No 575, enero 1996.
- Rodríguez M y J Rodríguez, (2007), “Soldadura de barras de refuerzo para estructuras de concreto reforzado en zonas sísmicas”. SID 653, *Serie Investigación y Desarrollo del Instituto de Ingeniería, UNAM*.
- Rodríguez, M. E., & Asabay, J. R. (2006). Se debe evitar la soldadura de barras de refuerzo en estructuras de concreto reforzado en zonas sísmicas de México. *Revista de Ingeniería Sísmica*, (75), 69-94.
- Rodríguez, M., Rodríguez, J. (2006). Se debe evitar la soldadura de barras de refuerzo en estructuras de concreto reforzado en zonas sísmicas de México. *Revista de Ingeniería Sísmica* No. 75, pp. 69-94. D.F, México.
- SOLDEXA S.A. (2006). Manual de Soldadura y Catálogos de Productos. 2da edición *Revista Oerlikon* (1)1-283
- World Steel Association (WORLDSTEEL, 2019). World Steel in figures 2019. <https://www.worldsteel.org/media-centre/press-releases/2019.html>

## ANEXOS

### ANEXO 1. Resultados del ensayo de tracción

**Tabla 21.**

*Resultados del límite de fluencia de las barras de refuerzo grado 60*

Marca	Muestra	Sección transversal		Límite de fluencia	
		Diámetro	Área	Fluencia (N)	Fluencia (MPa)
ACEROS AREQUIPA	Patrón	5/8	198.56	89319	450
	Soldada	5/8	198.56	90188	454
	Soldada	5/8	198.56	90421	455
	Patrón	3/4	286.52	132725	463
	Soldada	3/4	286.52	132661	463
	Soldada	3/4	286.52	132050	461
ARCELOR MITTAL	Patrón	5/8	198.56	100998	509
	Soldada	5/8	198.56	101254	510
	Soldada	5/8	198.56	100880	508
	Patrón	3/4	286.52	149007	520
	Soldada	3/4	286.52	145277	507
	Soldada	3/4	286.52	145377	507
SIDERPERU	Patrón	5/8	198.56	90841	458
	Soldada	5/8	198.56	88628	446
	Soldada	5/8	198.56	89990	453
	Patrón	3/4	286.52	126135	440
	Soldada	3/4	286.52	124009	433
	Soldada	3/4	286.52	124098	433

**Tabla 22.**

*Resultados de la resistencia a la tracción de las barras de refuerzo grado 60*

Marca	Muestra	Sección transversal		Resistencia a la tracción	
		Diámetro	Área	Máxima (N)	Máxima (MPa)
ACEROS AREQUIPA	Patrón	5/8	198.56	143069	721
	Soldada	5/8	198.56	145396	732
	Soldada	5/8	198.56	145582	733
	Patrón	3/4	286.52	220789	771
	Soldada	3/4	286.52	220579	770
	Soldada	3/4	286.52	215246	751
ARCELOR MITTAL	Patrón	5/8	198.56	132448	667
	Soldada	5/8	198.56	132984	670
	Soldada	5/8	198.56	133103	670
	Patrón	3/4	286.52	194710	680
	Soldada	3/4	286.52	194242	678
	Soldada	3/4	286.52	193720	676
SIDERPERU	Patrón	5/8	198.56	141522	713
	Soldada	5/8	198.56	140949	710
	Soldada	5/8	198.56	142023	715
	Patrón	3/4	286.52	194603	679
	Soldada	3/4	286.52	195773	683
	Soldada	3/4	286.52	195300	682

**Tabla 23.**
*Resumen del límite de fluencia de las barras de refuerzo grado 60*

<b>Límite de Fluencia (MPa)</b>			
<b>Marca</b>	<b>Tipo de muestra</b>	<b>Diámetro</b>	
		<b>5/8</b>	<b>3/4</b>
ACEROS AREQUIPA	Patrón	450	463
	Soldada	455	462
ARCELOR MITTAL	Patrón	509	520
	Soldada	509	507
SIDERPERU	Patrón	458	440
	Soldada	450	433

**Tabla 24.**
*Resumen de la resistencia a la tracción de las barras de refuerzo grado 60*

<b>Resistencia a la tracción (MPa)</b>			
<b>Marca</b>	<b>Tipo de muestra</b>	<b>Diámetro</b>	
		<b>5/8</b>	<b>3/4</b>
ACEROS AREQUIPA	Patrón	721	771
	Soldada	733	761
ARCELOR MITTAL	Patrón	667	680
	Soldada	670	677
SIDERPERU	Patrón	713	679
	Soldada	713	683

**Tabla 25.**
*Resumen de la relación R/fy de las barras de refuerzo grado 60*

<b>Relación R/fy</b>			
<b>Marca</b>	<b>Tipo de muestra</b>	<b>Diámetro</b>	
		<b>5/8</b>	<b>3/4</b>
ACEROS AREQUIPA	Patrón	1.60	1.67
	Soldada	1.61	1.65
ARCELOR MITTAL	Patrón	1.31	1.31
	Soldada	1.32	1.34
SIDERPERU	Patrón	1.56	1.54
	Soldada	1.59	1.58

## ANEXO 2. Resultados del ensayo de macroataque

**Tabla 26.**

*Resultados del ensayo de macroataque*

Marca	Penetración (mm)	Resultados	Detalles
ACEROS AREQUIPA	0.50	Aceptable	Fusión Parcial - Porosidades 0.10mm
	0.20	Aceptable	Fusión Parcial - Porosidades 0.20mm
ARCELOR MITTAL	0.20	Aceptable	Fusión Parcial - Porosidades 0.10mm
	0.20	Aceptable	Fusión Parcial - Porosidades 0.10mm
SIDERPERU	0.20	Aceptable	Fusión Parcial - Porosidades 0.20mm
	0.40	Aceptable	Fusión Parcial - Porosidades 0.20mm

Observaciones :

Material Base: ASTM 615 Grado 60

Material de Aporte: E9018-G

Proceso: SMAW

Posición: 1G

### ANEXO 3. Fichas técnicas

# Fierro Corrugado

ASTM A615 - GRADO 60  
NTP 341.031 - GRADO 420



**ACEROS AREQUIPA**  
LA **SEGURIDAD** DE UN **FIERRAZO**

# Fierro Corrugado

## ASTM A615 - GRADO 60 / NTP 341.031 - GRADO 420

**DENOMINACIÓN:**

Fierro Corrugado ASTM A615-Grado 60 / NTP 341.031 - Grado 60.

**DESCRIPCIÓN:**

Barras de acero rectas de sección circular, con resaltes Hi-bond de alta adherencia con el concreto.

**USOS:**

Se utiliza en la construcción de edificaciones de concreto armado de todo tipo en viviendas, edificios, puentes, obras industriales, etc.

**NORMAS TÉCNICAS:**

Composición Química, Propiedades Mecánicas y Tolerancias Dimensionales:

Norma internacional ASTM A615 Grado 60.

Norma Técnica Peruana NTP 341.031:2018 Grado 420.

NTE E.060:2009 CONCRETO ARMADO.

**PRESENTACIÓN:**

Se produce en barras de 9 m y 12 m de longitud en los siguientes diámetros: 6mm, 8mm, 3/8", 12mm, 1/2", 5/8", 3/4", 1", 1 3/8". Previo acuerdo, se puede producir en otros diámetros y longitudes requeridos por los clientes.

Se suministra en paquetes de 2 toneladas y en varillas.

**DIMENSIONES Y PESOS NOMINALES:**

DIÁMETRO DE BARRA		SECCIÓN (mm <sup>2</sup> )	PERÍMETRO (mm)	PESO NOMINAL (kg/m)
Pulg.	mm			
-	6	28	18.8	0.222
-	8	50	25.1	0.395
3/8	-	71	29.9	0.560
-	12	113	37.7	0.888
1/2	-	129	39.9	0.994
5/8	-	199	49.9	1.552
3/4	-	284	59.8	2.235
7/8	-	387	69.8	3.042
1	-	510	79.8	3.973
1 3/8	-	1,006	112.5	7.907

**PROPIEDADES MECÁNICAS:**

Límite de Fluencia (fy) = 420 MPa (4, 280 kg/cm<sup>2</sup>) mínimo  
 Resistencia a la Tracción (R) = 620 MPa (6, 320 kg/cm<sup>2</sup>) mínimo  
 Relación R/fy = 1.49 (sismo resistencia)

Alargamiento en 200 mm:

Diámetros:  
 6mm, 8mm = 11% mínimo(\*).  
 3/8", 12 mm, 1/2", 5/8" y 3/4" = 14% mínimo(\*).  
 1" = 12% mínimo.  
 1 3/8" = 12% mínimo.

Doblado a 180° = Bueno en todos los diámetros

(\* ) El alambrión corrugado y las barras enderezadas obtenidas por el alambrión, pueden tener valores de alargamiento menores, pero siempre cumplen con el 9% mínimo requerido por la norma ASTM A615 Grado 60.

Los diámetros de doblado especificados por las Normas Técnicas para la pueba de doblado son:

DIÁMETRO BARRA (d)	6 mm	8 mm	3/8"	12 mm	1/2"	5/8"	3/4"	1"	1 3/8"
DIÁMETRO DOBLADO	3d	3d	3d	3d	3d	3d	5d	5d	7d
mm	18	24	28.6	36	38.1	47.6	95.3	127	244.5

"d" .- se considera el diámetro de la barra establecido por la norma ASTM A615

**IDENTIFICACIÓN:**

Los fierros son identificados por marcas de laminación en alto relieve que indican el fabricante, el diámetro, la norma, el grado del acero y el país de fabricación.



QCQA01-F100 / 06 / JUN19



**CERTIFICACIÓN Y ACREDITACIÓN**

Las barras de Aceros Arequipa son las únicas exclusivamente fabricadas en el Perú. La certificación de calidad se sustenta en las pruebas y ensayos efectuados en nuestro laboratorio acreditado ante el Instituto Nacional de Calidad del Perú (INACAL).

**PERÚ**

LIMA: Av. Antonio Miró Quesada N.º 425, piso 17, Magdalena del Mar. Tel. (51-01) 517 1800.

PISCO: Panamericana Sur Km. 240. Ica. Tel. (51-056) 58 0830.

AREQUIPA: Variante de Uchumayo Km 5.5, Cerro Colorado, Arequipa. Tel. (51-01) 517 1800.

**BOLIVIA**

**SANTA CRUZ:**

-Calle E - Lote 14 manzano A-08 Urbanización Cervecería Boliviana Nacional - Bellavista Viacha.

-Av. Hilbo N.º 100, Zona El Kenko. Tel. (591) 75555819/77641658. E-mail: contactobolivia@caa.com.bo

SANTA CRUZ: Urb. Parque Industrial Latinoamericano, Unidad Industrial UI 06,

Mz. 1, lote 4 - Warnes. Tel. (591) 75555819/77303688. E-mail: contactobolivia@caa.com.bo

Encuétranos en:

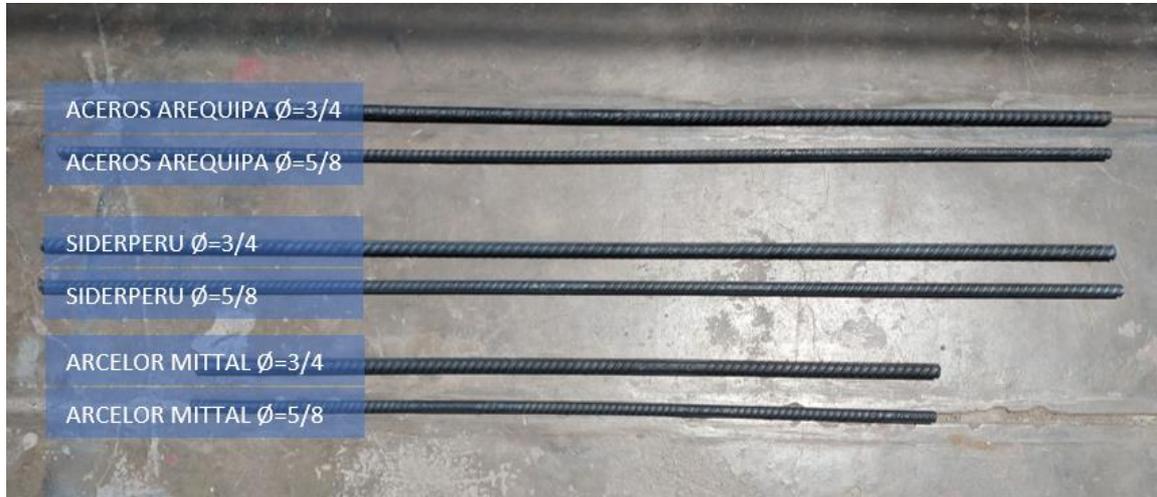
[www.acerosarequipa.com](http://www.acerosarequipa.com)



#### ANEXO 4. Registro Fotográfico

**Figura 19.**

*Barras de refuerzo de diámetro 3/4” y 5/8” de las marcas Aceros Arequipa, Arcelor Mittal, y Siderperu*



**Figura 20.**

*Cortado de muestras de barras de refuerzo de 0.40m de longitud.*



**Figura 21.**

*Cortado de muestras de barras de refuerzo de 0.20m de longitud*



**Figura 22.**

*Proceso de cortado de probetas de 0.20 y 0.40 metros*



**Figura 23.**

*Verificación de medidas de las probetas de acero de refuerzo de 0.40m de longitud.*



**Figura 24.**

*Verificación de medidas de las probetas de acero de refuerzo de 0.20m de longitud.*



**Figura 25.**

*Probetas de acero de refuerzo de 0.20m y 0.40m de longitud.*



**Figura 26.**

*Biselado en V de probetas con bisel de 22.5° y espesor de raíz de 3 milímetros*



**Figura 27.**

*Verificación de ángulo de bisel en V de 22.5° con goniómetro*



**Figura 28.**

*Vista lateral de junta a tope de barras de refuerzo con un espaciamento de 3 milímetros.*



**Figura 29.**

*Vista en planta de junta a tope de barras de refuerzo con un espaciado de 3 milímetros.*



**Figura 30.**

*Barras de acero de refuerzo soldadas de diámetro 5/8" y 3/4" con unión a tope y bisel en V de la marca Aceros Arequipa*



**Figura 31.**

*Barras de acero de refuerzo soldadas de diámetro 5/8" y 3/4" con unión a tope y bisel en V de la marca Siderperu.*



**Figura 32.**

*Barras de acero de refuerzo soldadas de diámetro 5/8" y 3/4" con unión a tope y bisel en V de la marca Arcelor Mittal.*



**Figura 33.**

*Probetas de barras de refuerzo sometidas al ensayo de esfuerzo de tracción mecánica*



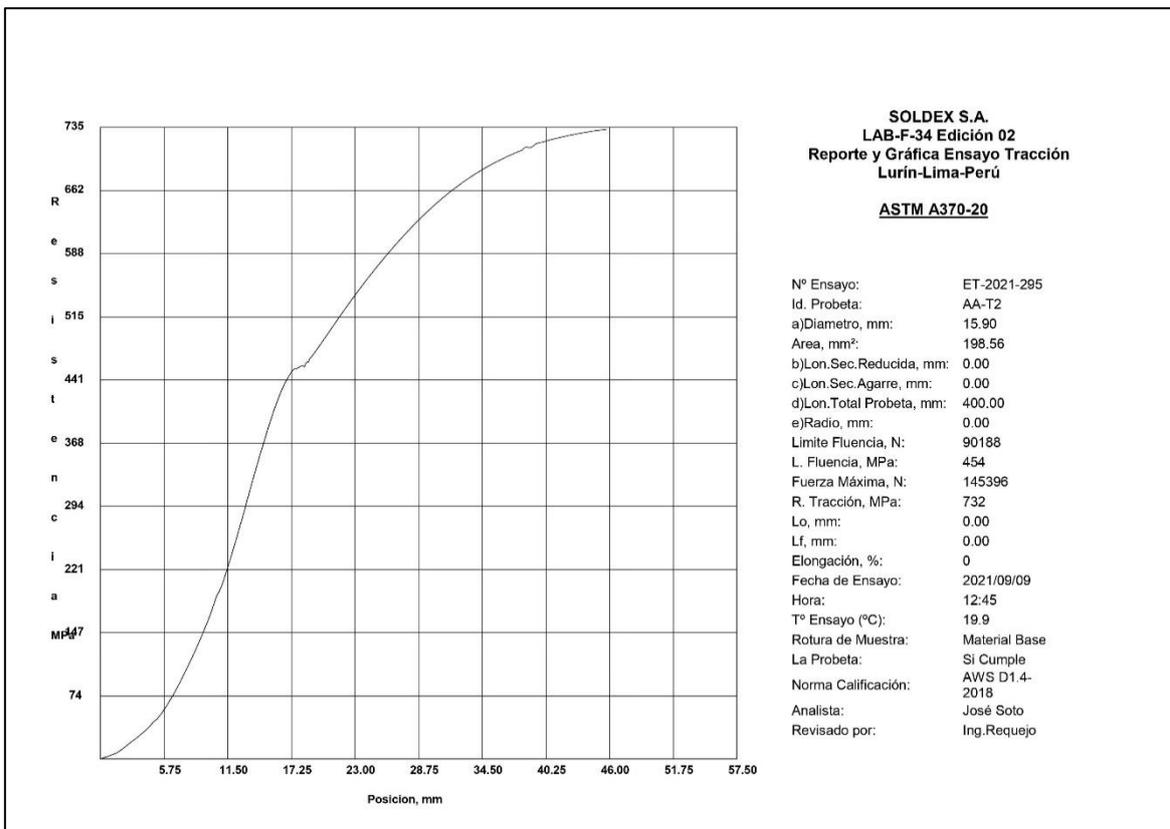
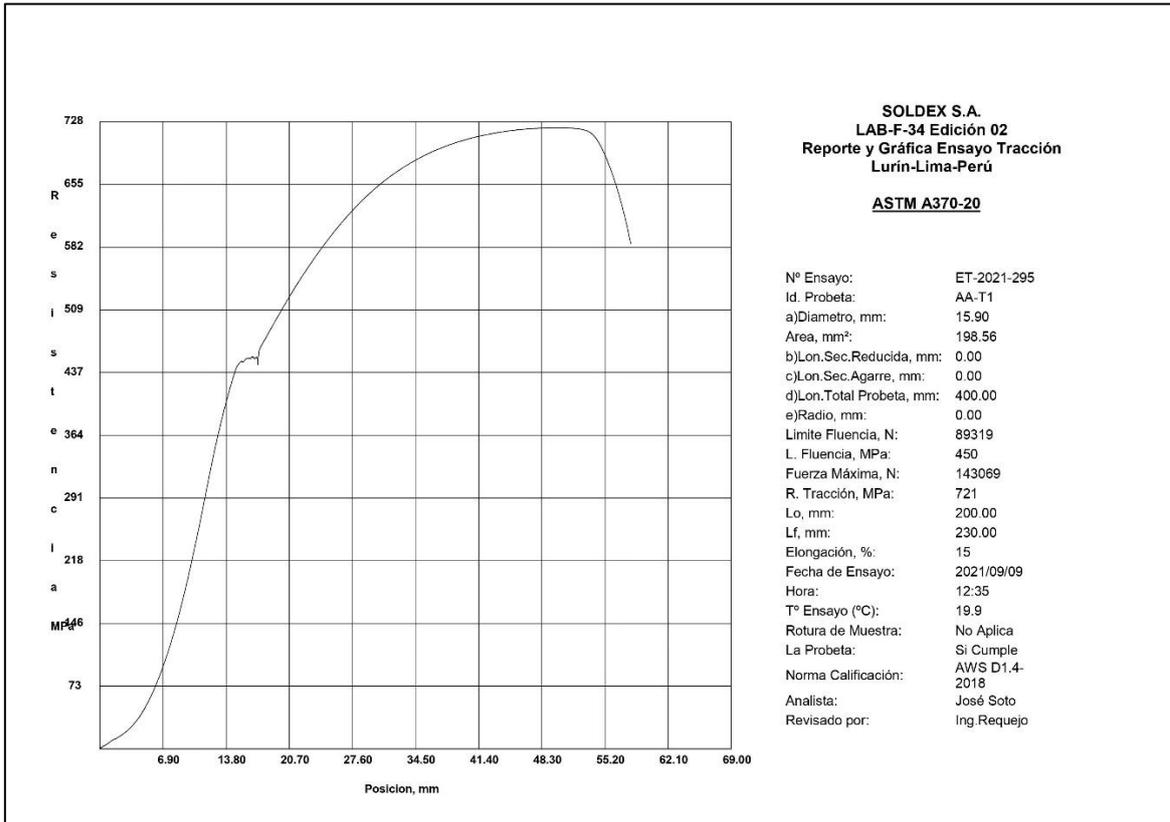
## ANEXO 5. Ensayos de laboratorio

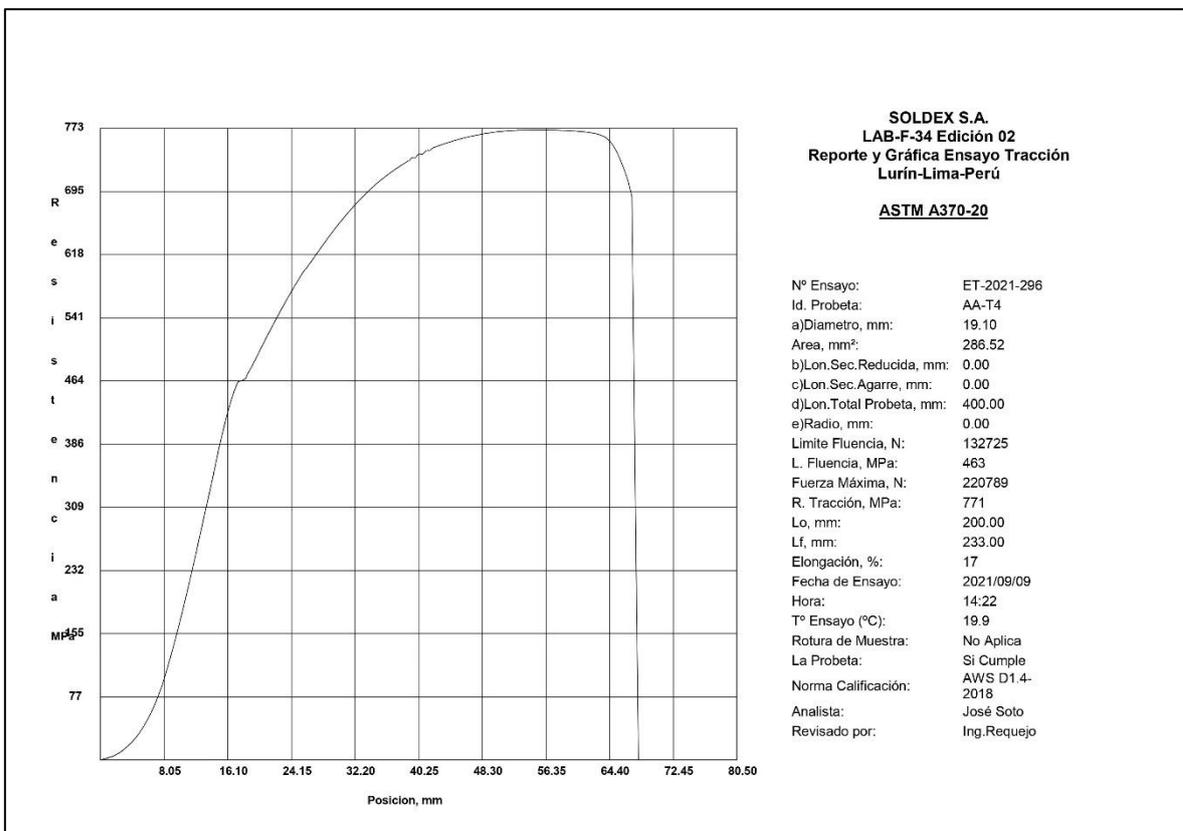
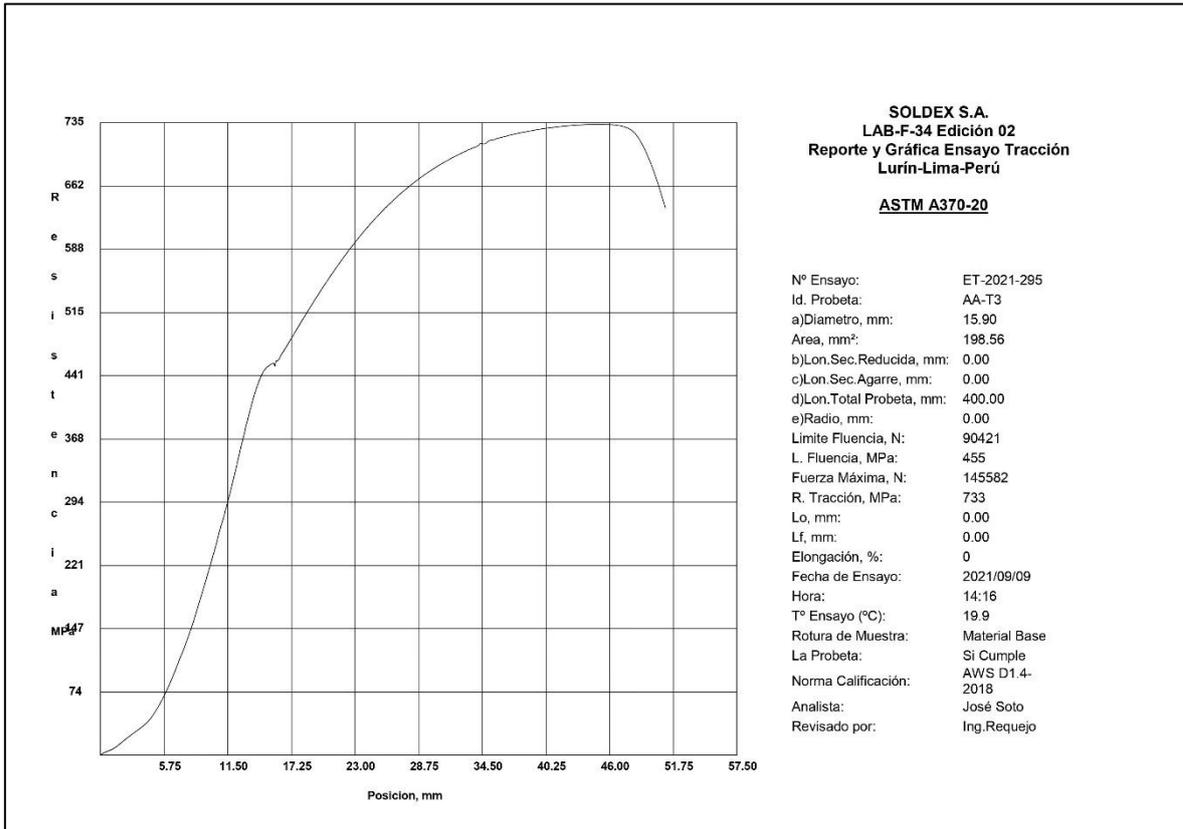
SOLDEXA		INFORME DE ENSAYO DE TRACCIÓN							LAB-F-12
UNA COMPAÑÍA ESAB									Edición 08
<b>LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE-052</b>									
Razón Social (Nombre Cliente) :	Bach. Carlos Leandro Cruz Pérez								
Dirección :	Mz L5 Lote 12 Urb. Los Rosales de San Andres								
Teléfono :	Movil 988-397-480								
Contacto :	Bach. Carlos Leandro Cruz Pérez								
Referencia:	Tesis para Obtener el Título de Ingeniero Civil								
Descripción de la Muestra:	Barras Corrugadas patrón y soldadas								
Fecha de Informe :	2021-09-17								
Informe de Ensayo N° :	ET-2021-295								
Identificación de las Probetas	Sección Transversal				Limite de Fluencia		Resistencia a la Tracción		% Elongación
	Ancho mm	Espesor mm	Diámetro mm	Area mm <sup>2</sup>	Fluencia N	Fluencia MPa	Máxima N	Máxima MPa	
AA-T1	No Aplica	No Aplica	15.90	198.56	89319	450	143069	721	15
AA-T2	No Aplica	No Aplica	15.90	198.56	90188	454	145396	732	No Aplica
AA-T3	No Aplica	No Aplica	15.90	198.56	90421	455	145582	733	No Aplica
Observaciones :									
Material Base: ASTM 615 Grado 60									
Material de Aporte: E9018-G									
Proceso: SMAW									
Posición: 1G									
Para la roturas ver gráficas adjuntas.									
Las Dimensiones de las Probetas Si (X) / No ( ) Cumplen con la Norma: AWS D1.4 - 2018									
Método de Ensayo :	ASTM A370-20								
Equipo Usado :	Marca Tinius Olsen Super L 120 - N° Serie 173635								
Código Interno del Equipo :	LAB-E-041								
Temperatura de Ensayo (°C) :	19.9°C								
Nombre del Analista :	José Soto								
Fecha de Recepción de las Probetas :	2021-09-09								
Fecha de Ejecución de Ensayo :	2021-09-09								
<p>1.-Los datos del cliente, la identificación de las probetas e información adicional proporcionada por el cliente; queda bajo su responsabilidad.</p> <p>2. La Incertidumbre Expandida es 5 MPa (Tracción y Fluencia) y 1% (Elongación) para un Nivel de Confianza al 95% y un K=2.</p> <p>3. Prohibida la Reproducción Total o Parcial del Informe sin la Autorización escrita del Laboratorio de Soldexa.</p> <p>4. Los Resultados de este Informe solo son válidos para las Probetas Ensayadas.</p> <p>5. Los Resultados no deben ser utilizados como una Certificación de Conformidad con Norma de Producto o Certificación del Sistema de Calidad.</p>									
Antigua Panamericana Sur Km 38.5 - Lurin - Lima - Perú			Correo: jose.soto@esab.com.pe				Teléfono: 619-9600 Anexos 2240 - 2233		

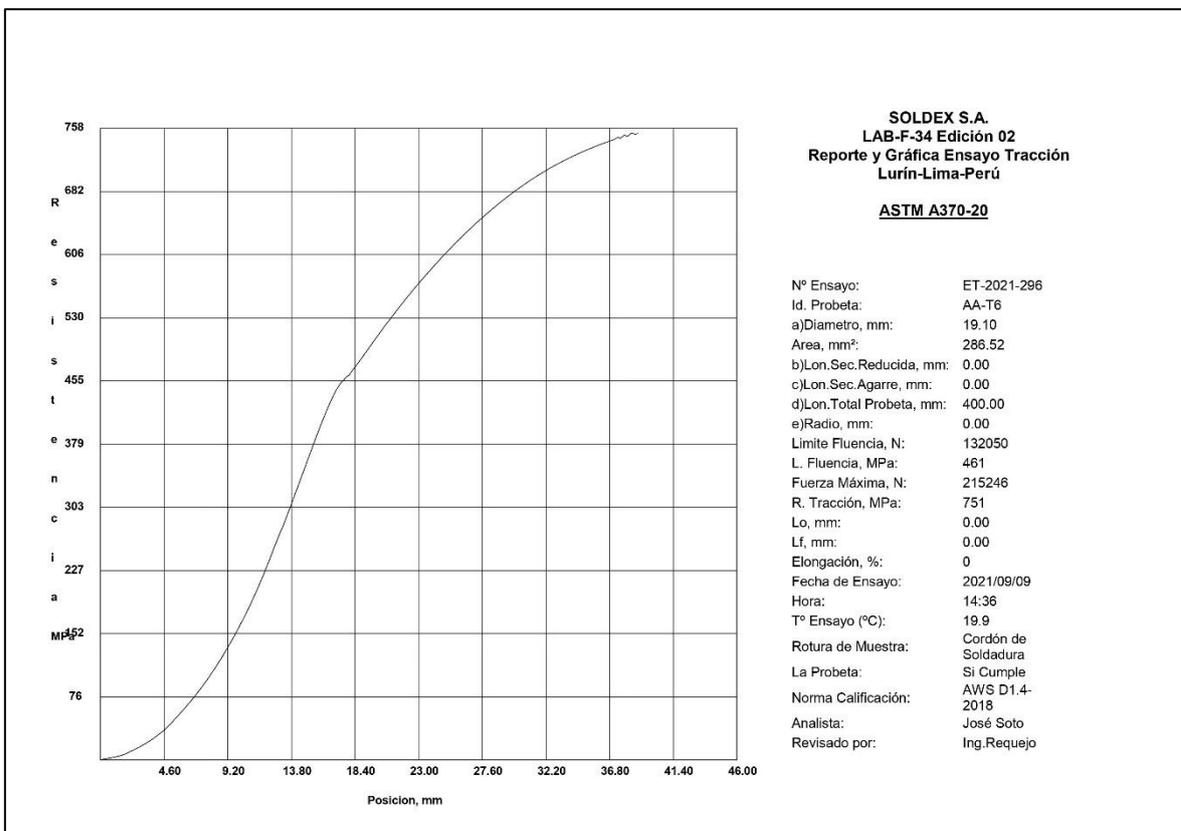
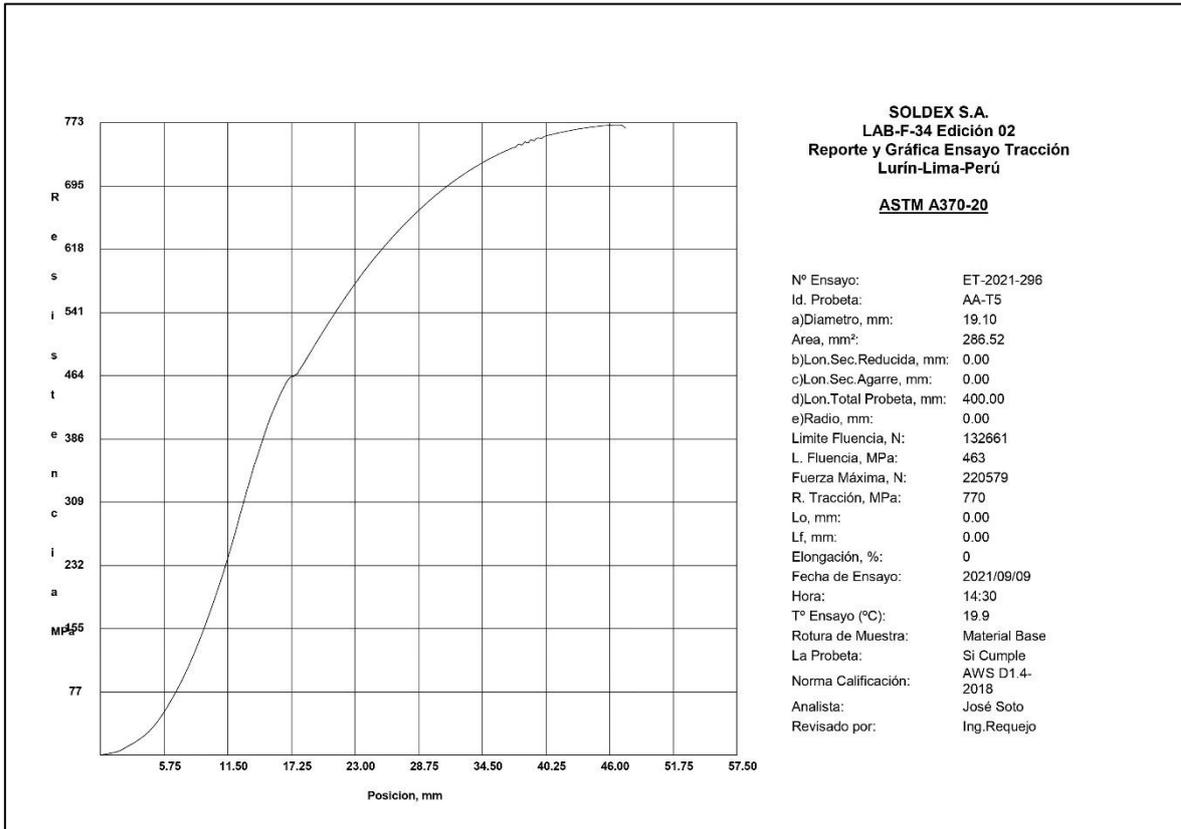
1 de 1

SOLDEXA		INFORME DE ENSAYO DE TRACCIÓN							LAB-F-12
UNA COMPAÑÍA ESAB									Edición 08
<b>LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE-052</b>									
Razón Social (Nombre Cliente) :	Bach. Carlos Leandro Cruz Pérez								
Dirección :	Mz L5 Lote 12 Urb. Los Rosales de San Andres								
Teléfono :	Movil 988-397-480								
Contacto :	Bach. Carlos Leandro Cruz Pérez								
Referencia:	Tesis para Obtener el Título de Ingeniero Civil								
Descripción de la Muestra:	Barras Corrugadas patrón y soldadas								
Fecha de Informe :	2021-09-17								
Informe de Ensayo N° :	ET-2021-296								
Identificación de las Probetas	Sección Transversal				Limite de Fluencia		Resistencia a la Tracción		% Elongación
	Ancho mm	Espesor mm	Diámetro mm	Area mm <sup>2</sup>	Fluencia N	Fluencia MPa	Máxima N	Máxima MPa	
AA-T4	No Aplica	No Aplica	19.10	286.52	132725	463	220789	771	17
AA-T5	No Aplica	No Aplica	19.10	286.52	132661	463	220579	770	No Aplica
AA-T6	No Aplica	No Aplica	19.10	286.52	132050	461	215246	751	No Aplica
Observaciones :									
Material Base: ASTM 615 Grado 60									
Material de Aporte: E9018-G									
Proceso: SMAW									
Posición: 1G									
Para la roturas ver gráficas adjuntas.									
Las Dimensiones de las Probetas Si (X) / No ( ) Cumplen con la Norma: AWS D1.4 - 2018									
Método de Ensayo :	ASTM A370-20								
Equipo Usado :	Marca Tinius Olsen Super L 120 - N° Serie 173635								
Código Interno del Equipo :	LAB-E-041								
Temperatura de Ensayo (°C) :	19.9°C								
Nombre del Analista :	José Soto								
Fecha de Recepción de las Probetas :	2021-09-09								
Fecha de Ejecución de Ensayo :	2021-09-09								
<p>1.-Los datos del cliente, la identificación de las probetas e información adicional proporcionada por el cliente; queda bajo su responsabilidad.</p> <p>2. La Incertidumbre Expandida es 5 MPa (Tracción y Fluencia) y 1% (Elongación) para un Nivel de Confianza al 95% y un K=2.</p> <p>3. Prohibida la Reproducción Total o Parcial del Informe sin la Autorización escrita del Laboratorio de Soldexa.</p> <p>4. Los Resultados de este Informe solo son válidos para las Probetas Ensayadas.</p> <p>5. Los Resultados no deben ser utilizados como una Certificación de Conformidad con Norma de Producto o Certificación del Sistema de Calidad.</p>									
Antigua Panamericana Sur Km 38.5 - Lurin - Lima - Perú			Correo: jose.soto@esab.com.pe				Teléfono: 619-9600 Anexos 2240 - 2233		

1 de 1







SOLDEXA UNA COMPAÑÍA ERSAE		INFORME DE ENSAYO DE TRACCIÓN						LAB-F-12	
								Edición 08	
<b>LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE-052</b>									
Razón Social (Nombre Cliente) :		Bach. Carlos Leandro Cruz Pérez							
Dirección :		Mz L5 Lote 12 Urb. Los Rosales de San Andres							
Telefono :		Movil 965-397-400							
Contacto :		Bach. Carlos Leandro Cruz Pérez							
Referencia :		Tesis para Obtener el Título de Ingeniero Civil							
Descripción de la Muestra :		Barras Corrugadas patrón y soldadas							
Fecha de Informe :		2021-09-17							
Informe de Ensayo N° :		ET-2021-297							
Identificación de las Probetas	Sección Transversal				Límite de Fluencia		Resistencia a la Tracción		% Elongación
	Ancho mm	Espesor mm	Diámetro mm	Área mm <sup>2</sup>	Fluencia N	Fluencia Mpa	Máxima N	Máxima MPa	
AM-T7	No Aplica	No Aplica	15.90	196.56	100996	509	132445	667	18
AM-T8	No Aplica	No Aplica	15.90	196.56	101254	510	132964	670	No Aplica
AM-T9	No Aplica	No Aplica	15.90	196.56	100860	508	133103	670	No Aplica
Observaciones :									
Material Base: ASTM 615 Grado 60									
Material de Aporte: E9016-G									
Proceso: SMAW									
Posición: 1G									
Para la roturas ver gráficas adjuntas.									
Las Dimensiones de las Probetas <b>SI (X) / No ( )</b> Cumplen con la Norma: AWS D1.4 - 2018									
Método de Ensayo :		ASTM A370-20							
Equipo Usado :		Marca Tinius Olsen Super L 120 - N° Serie 173635							
Código Interno del Equipo :		LAB-E-041							
Temperatura de Ensayo (°C) :		19.9°C							
Nombre del Analista :		José Soto							
Fecha de Recepción de las Probetas :		2021-09-09							
Fecha de Ejecución de Ensayo :		2021-09-09							
<p>1.-Los datos del cliente, la identificación de las probetas e información adicional proporcionada por el cliente; queda bajo su responsabilidad.</p> <p>2. La Incertidumbre Expandida es 5 MPa (Tracción y Fluencia) y 1% (Elongación) para un Nivel de Confianza al 95% y un K=2.</p> <p>3. Prohibida la Reproducción Total o Parcial del Informe sin la Autorización escrita del Laboratorio de Soldexa.</p> <p>4. Los Resultados de este informe solo son válidos para las Probetas Ensayadas.</p> <p>5. Los Resultados no deben ser utilizados como una Certificación de Conformidad con Norma de Producto o Certificación del Sistema de Calidad.</p>									
Antigua Panamericana Sur Km 38.5 - Lurin - Lima - Perú				Correo: jose.soto@esab.com.pe			Teléfono: 619-9600 Anexos 2240 - 2233		

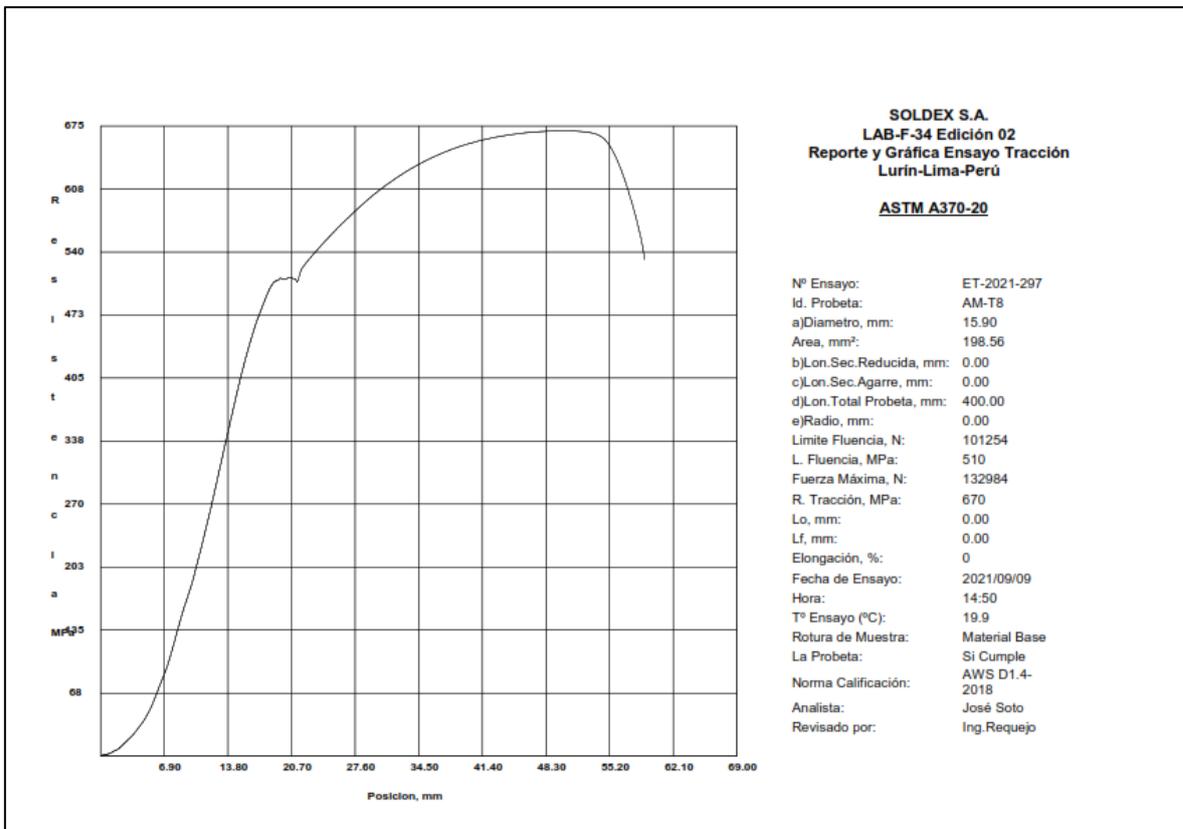
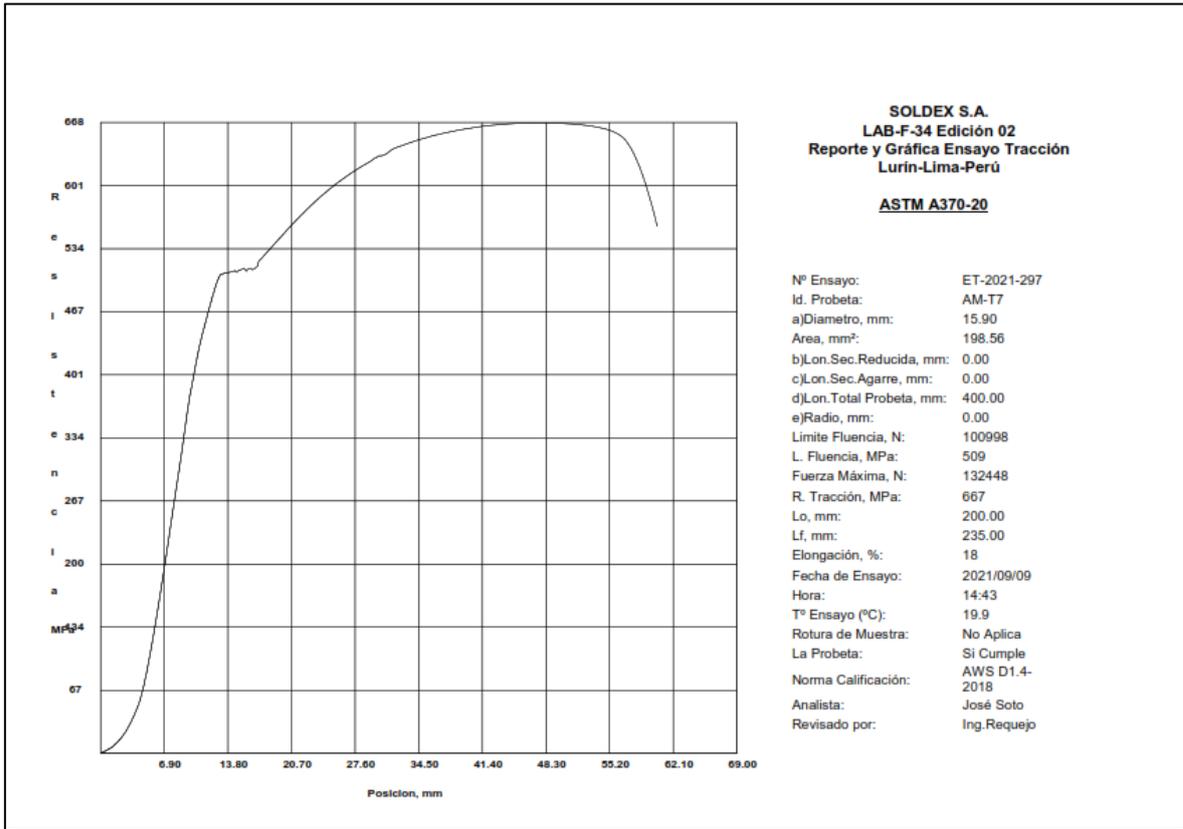
Jefe de Aseguramiento y Desarrollo de la Calidad  
Ing. Ronald Requejo Villanueva  
CIP: 101024

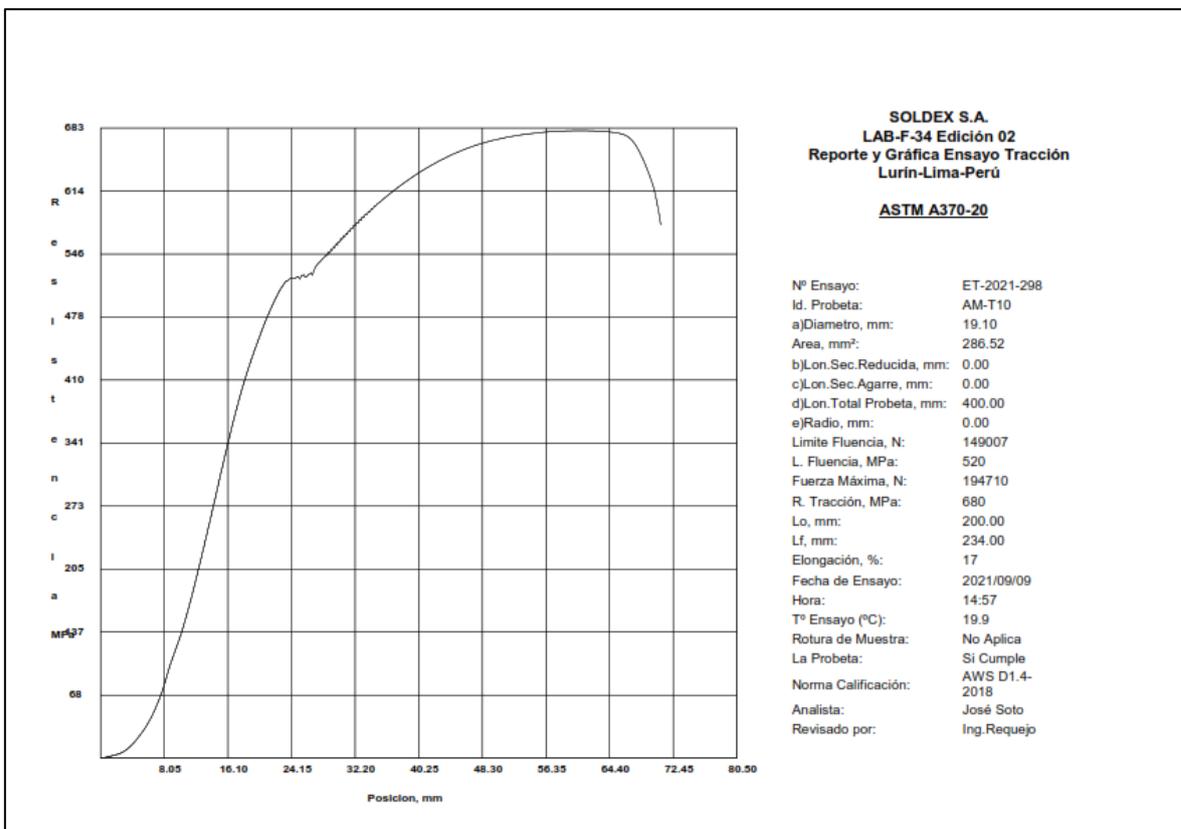
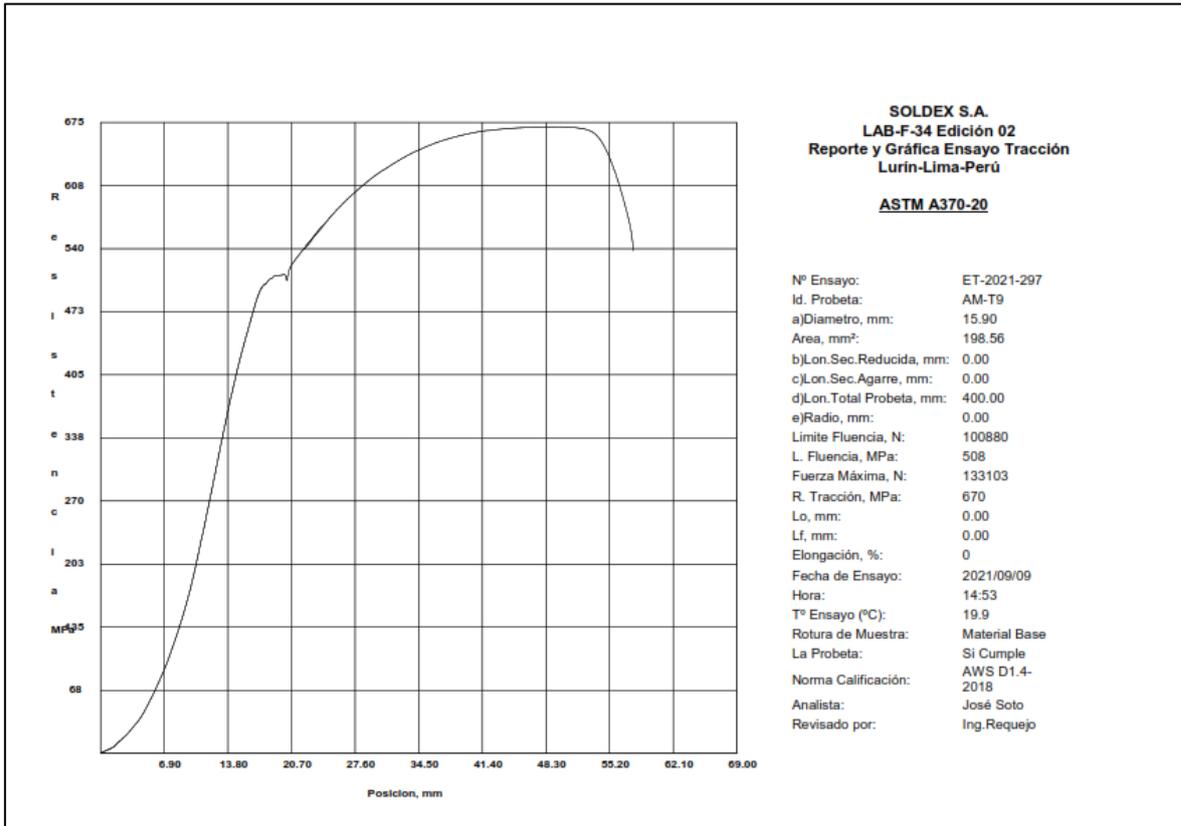


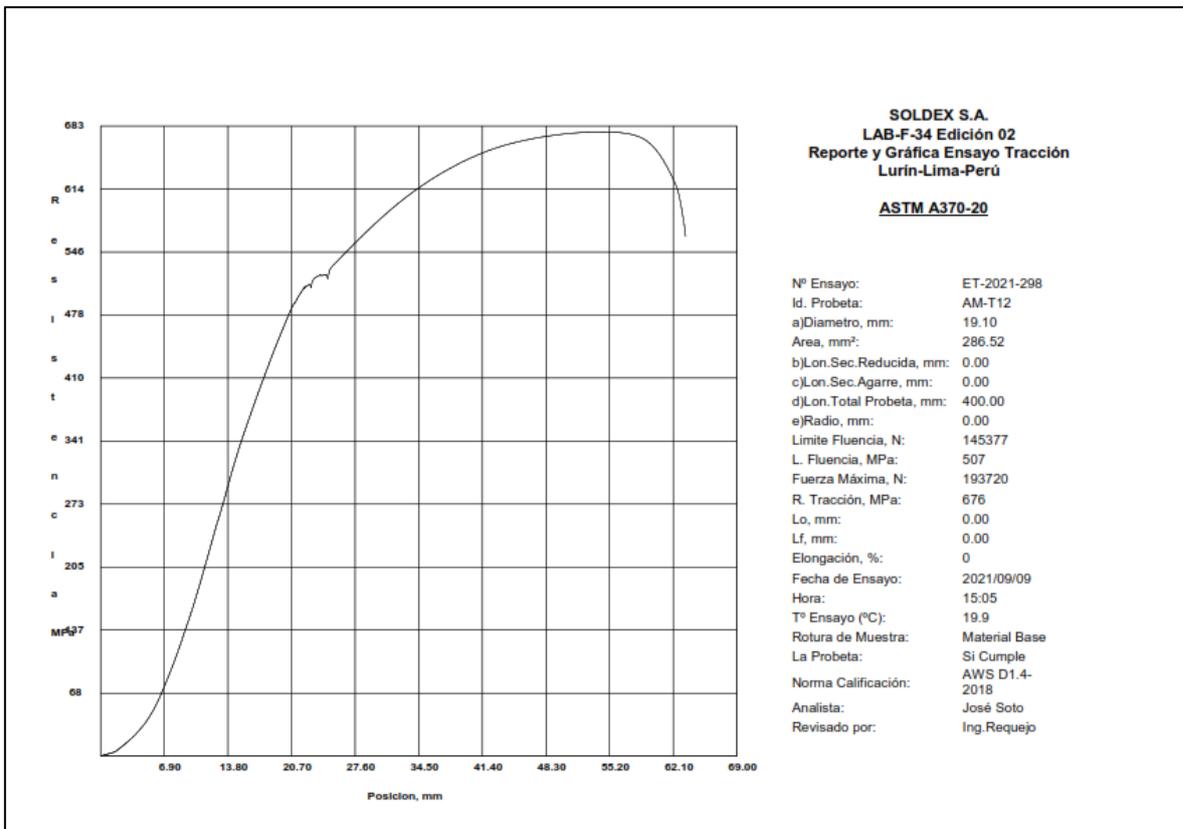
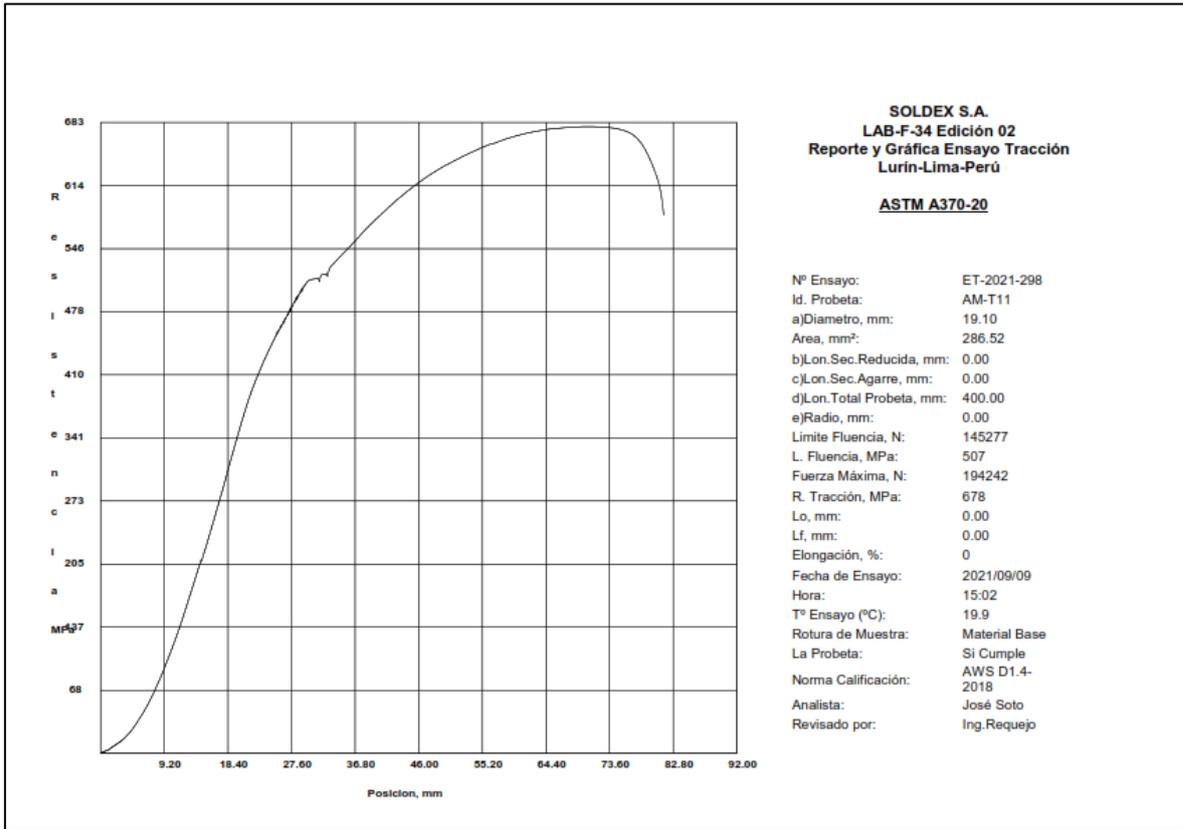
SOLDEXA UNA COMPAÑÍA ERSAE		INFORME DE ENSAYO DE TRACCIÓN						LAB-F-12	
								Edición 08	
<b>LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE-052</b>									
Razón Social (Nombre Cliente) :		Bach. Carlos Leandro Cruz Pérez							
Dirección :		Mz L5 Lote 12 Urb. Los Rosales de San Andres							
Telefono :		Movil 965-397-400							
Contacto :		Bach. Carlos Leandro Cruz Pérez							
Referencia :		Tesis para Obtener el Título de Ingeniero Civil							
Descripción de la Muestra :		Barras Corrugadas patrón y soldadas							
Fecha de Informe :		2021-09-17							
Informe de Ensayo N° :		ET-2021-298							
Identificación de las Probetas	Sección Transversal				Límite de Fluencia		Resistencia a la Tracción		% Elongación
	Ancho mm	Espesor mm	Diámetro mm	Área mm <sup>2</sup>	Fluencia N	Fluencia Mpa	Máxima N	Máxima MPa	
AM-T10	No Aplica	No Aplica	19.10	206.52	149007	520	194710	680	17
AM-T11	No Aplica	No Aplica	19.10	206.52	145277	507	194242	678	No Aplica
AM-T12	No Aplica	No Aplica	19.10	206.52	145377	507	193720	676	No Aplica
Observaciones :									
Material Base: ASTM 615 Grado 60									
Material de Aporte: E9016-G									
Proceso: SMAW									
Posición: 1G									
Para la roturas ver gráficas adjuntas.									
Las Dimensiones de las Probetas <b>SI (X) / No ( )</b> Cumplen con la Norma: AWS D1.4 - 2018									
Método de Ensayo :		ASTM A370-20							
Equipo Usado :		Marca Tinius Olsen Super L 120 - N° Serie 173635							
Código Interno del Equipo :		LAB-E-041							
Temperatura de Ensayo (°C) :		19.9°C							
Nombre del Analista :		José Soto							
Fecha de Recepción de las Probetas :		2021-09-09							
Fecha de Ejecución de Ensayo :		2021-09-09							
<p>1.-Los datos del cliente, la identificación de las probetas e información adicional proporcionada por el cliente; queda bajo su responsabilidad.</p> <p>2. La Incertidumbre Expandida es 5 MPa (Tracción y Fluencia) y 1% (Elongación) para un Nivel de Confianza al 95% y un K=2.</p> <p>3. Prohibida la Reproducción Total o Parcial del Informe sin la Autorización escrita del Laboratorio de Soldexa.</p> <p>4. Los Resultados de este informe solo son válidos para las Probetas Ensayadas.</p> <p>5. Los Resultados no deben ser utilizados como una Certificación de Conformidad con Norma de Producto o Certificación del Sistema de Calidad.</p>									
Antigua Panamericana Sur Km 38.5 - Lurin - Lima - Perú				Correo: jose.soto@esab.com.pe			Teléfono: 619-9600 Anexos 2240 - 2233		

Jefe de Aseguramiento y Desarrollo de la Calidad  
Ing. Ronald Requejo Villanueva  
CIP: 101024







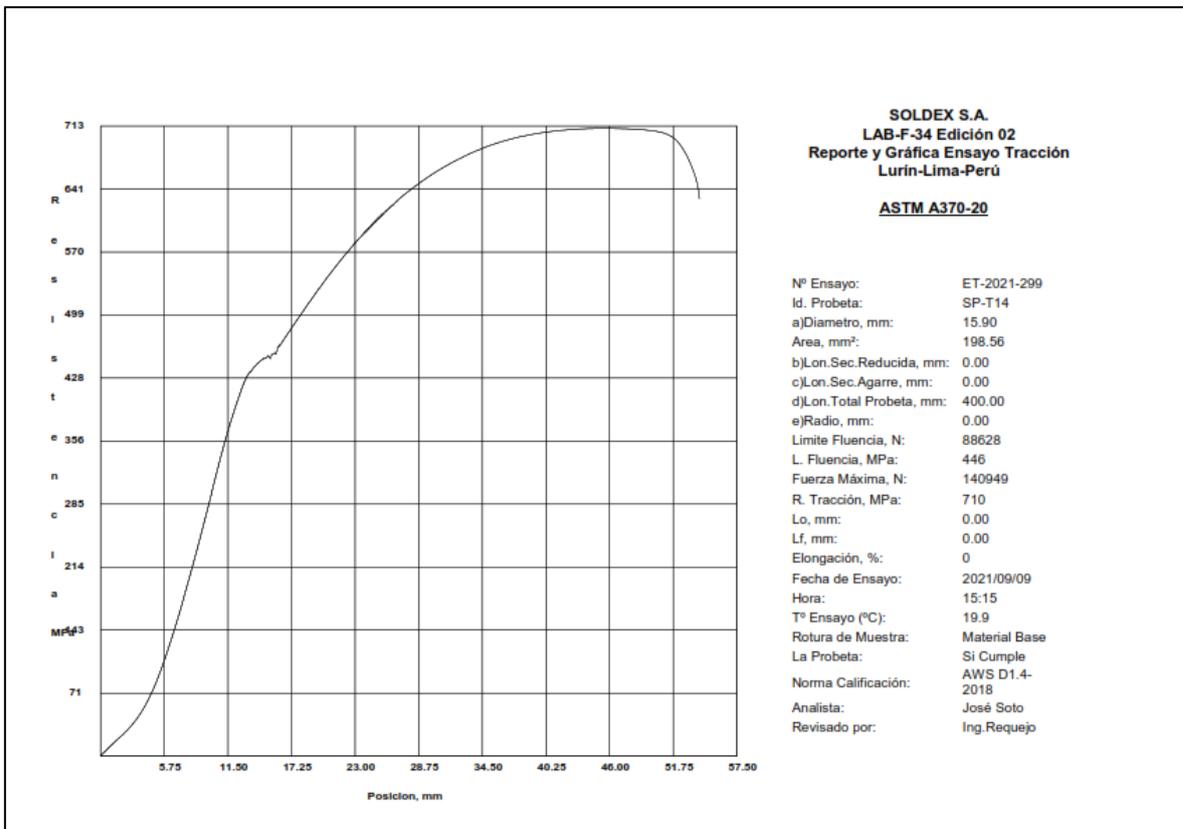
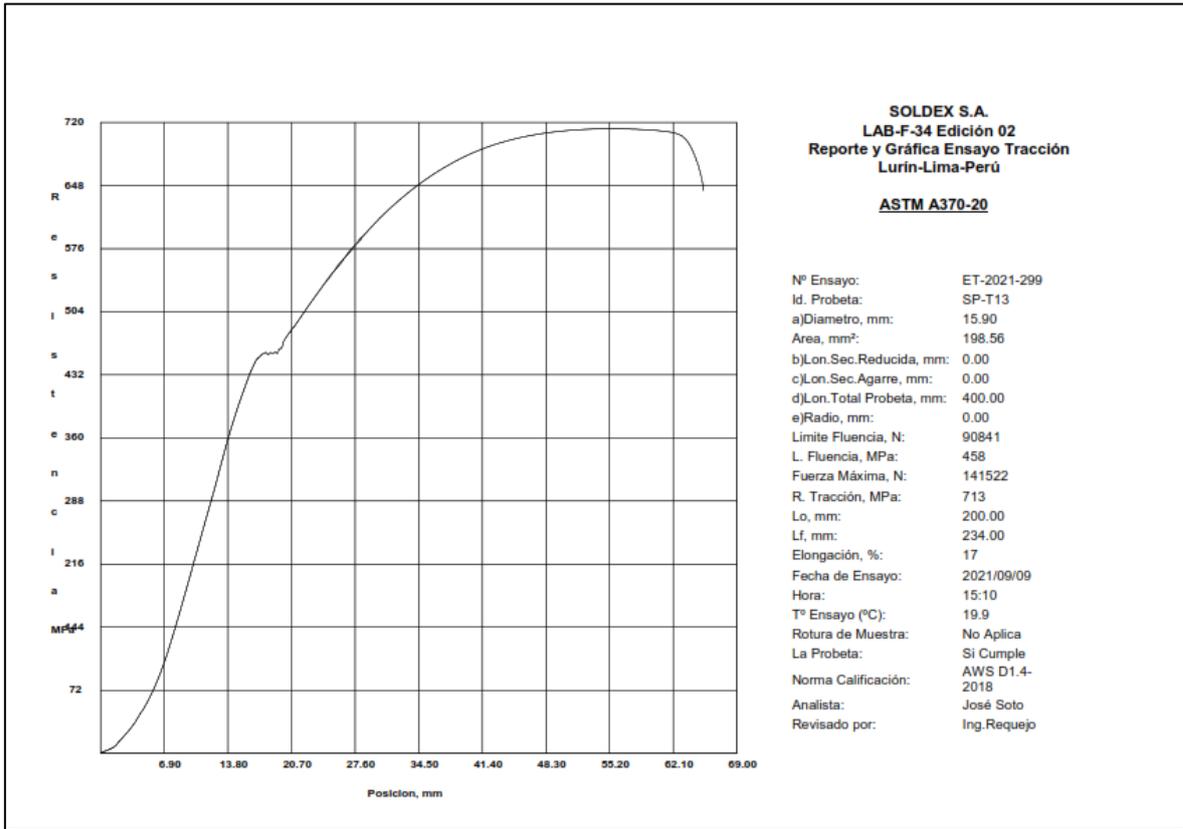


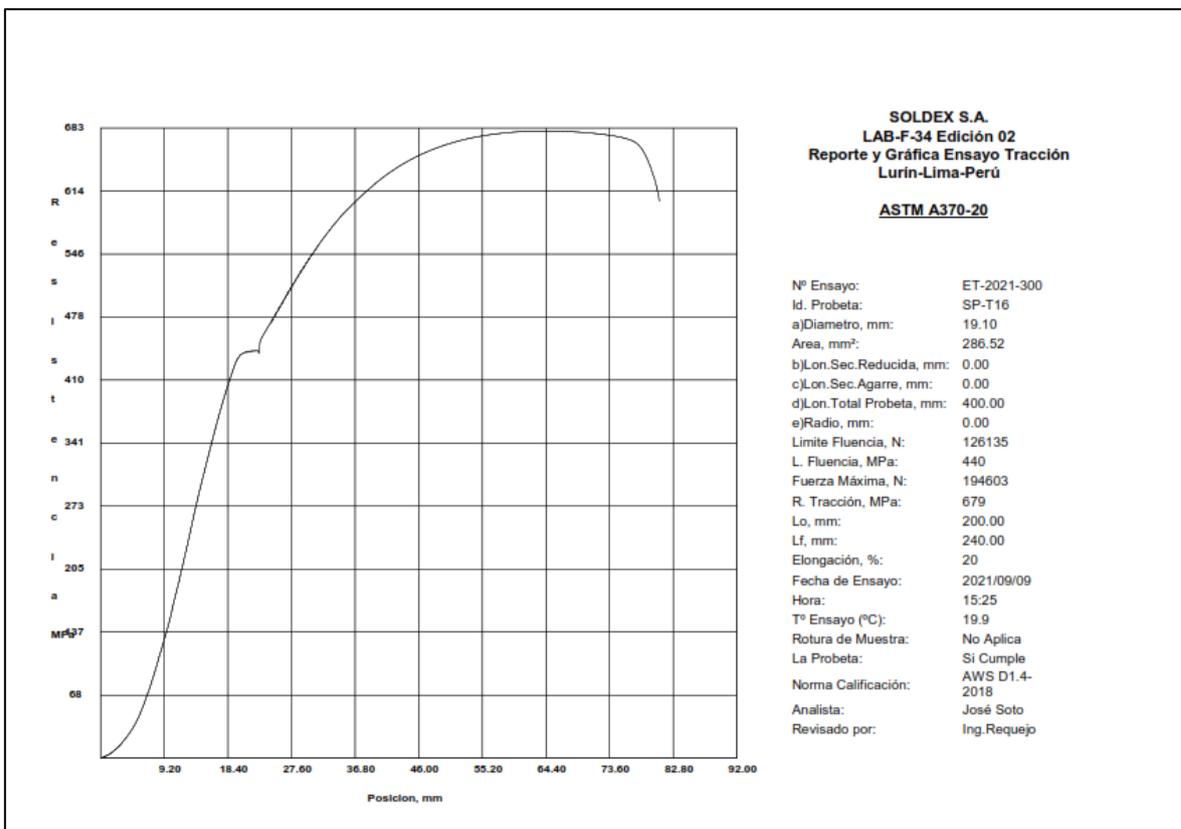
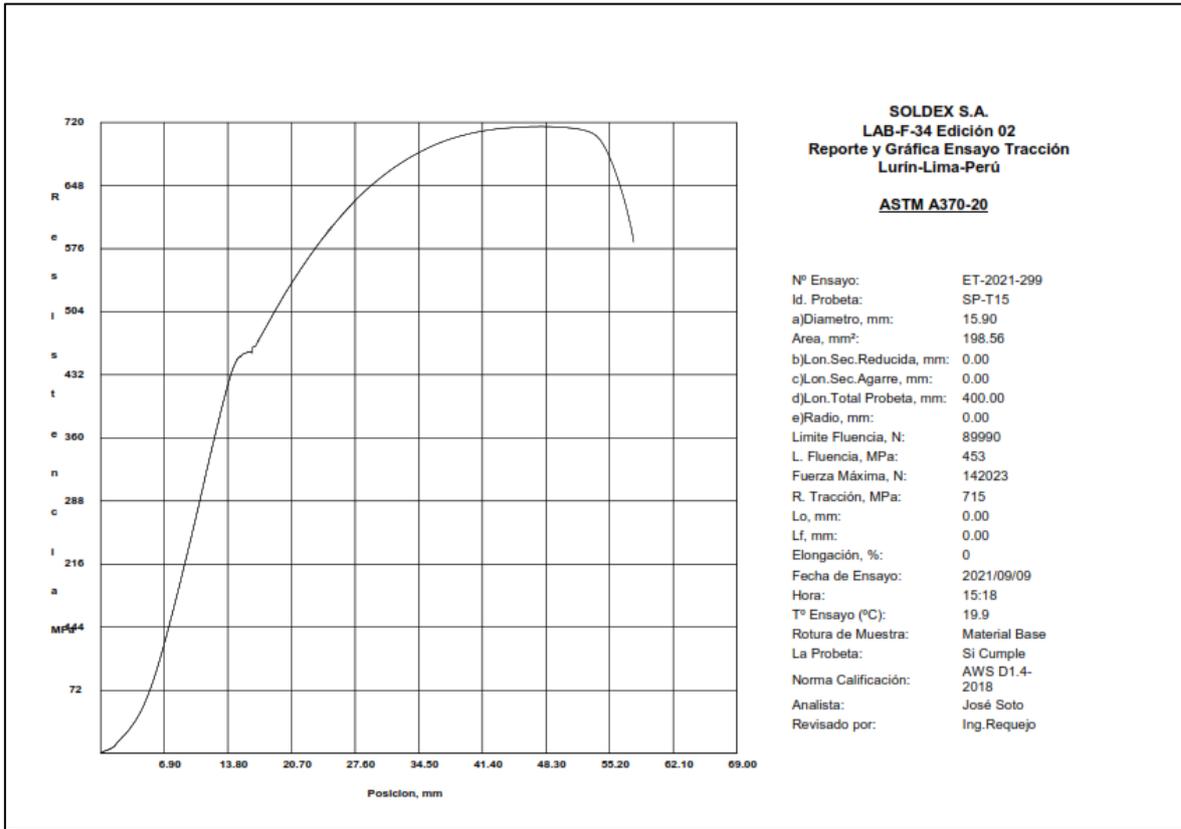
SOLDEXA UNA COMPAÑÍA ERAB		INFORME DE ENSAYO DE TRACCIÓN							LAB-F-12 Edición 08	
<b>LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE-052</b>										
Razón Social (Nombre Cliente) :		Bach. Carlos Leandro Cruz Pérez								
Dirección :		Mz L5 Lote 12 Urb. Los Rosales de San Andres								
Telefono :		Movil 965-397-400								
Contacto :		Bach. Carlos Leandro Cruz Pérez								
Referencia:		Tesis para Obtener el Título de Ingeniero Civil								
Descripción de la Muestra:		Barras Corrugadas patrón y soldadas								
Fecha de Informe :		2021-09-17								
Informe de Ensayo N° :		ET-2021-299								
Identificación de las Probetas	Sección Transversal				Límite de Fluencia		Resistencia a la Tracción		% Elongación	
	Ancho mm	Espesor mm	Diámetro mm	Area mm <sup>2</sup>	Fluencia N	Fluencia Mpa	Máxima N	Máxima MPa		
SP-T13	No Aplica	No Aplica	15.90	196.56	90441	458	141522	713	17	
SP-T14	No Aplica	No Aplica	15.90	196.56	65626	446	140949	710	No Aplica	
SP-T15	No Aplica	No Aplica	15.90	196.56	89990	453	142023	715	No Aplica	
Observaciones :										
Material Base: ASTM 615 Grado 60										
Material de Aporte: E9016-G										
Proceso: SMAW										
Posición: 1G										
Para la roturas ver gráficas adjuntas.										
Las Dimensiones de las Probetas SI (X) / No ( ) Cumplen con la Norma: AWS D1.4 - 2015										
Método de Ensayo :		ASTM A370-20								
Equipo Usado :		Marca Tinius Olsen Super L 120 - N° Serie 173635								
Código Interno del Equipo :		LAB-E-041								
Temperatura de Ensayo (°C) :		19.9°C								
Nombre del Analista :		José Soto								
Fecha de Recepción de las Probetas :		2021-09-09								
Fecha de Ejecución de Ensayo :		2021-09-09								
<p>1.-Los datos del cliente, la identificación de las probetas e información adicional proporcionada por el cliente; queda bajo su responsabilidad.</p> <p>2. La Incertidumbre Expandida es 5 MPa (Tracción y Fluencia) y 1% (Elongación) para un Nivel de Confianza al 95% y un K=2.</p> <p>3. Prohibida la Reproducción Total o Parcial del Informe sin la Autorización escrita del Laboratorio de Soldexa.</p> <p>4. Los Resultados de este informe solo son válidos para las Probetas Ensayadas.</p> <p>5. Los Resultados no deben ser utilizados como una Certificación de Conformidad con Norma de Producto o Certificación del Sistema de Calidad.</p>										
Antigua Panamericana Sur Km 38.5 - Lurin - Lima - Perú				Correo: jose.soto@esab.com.pe				Teléfono: 619-9600 Anexos 2240 - 2233		

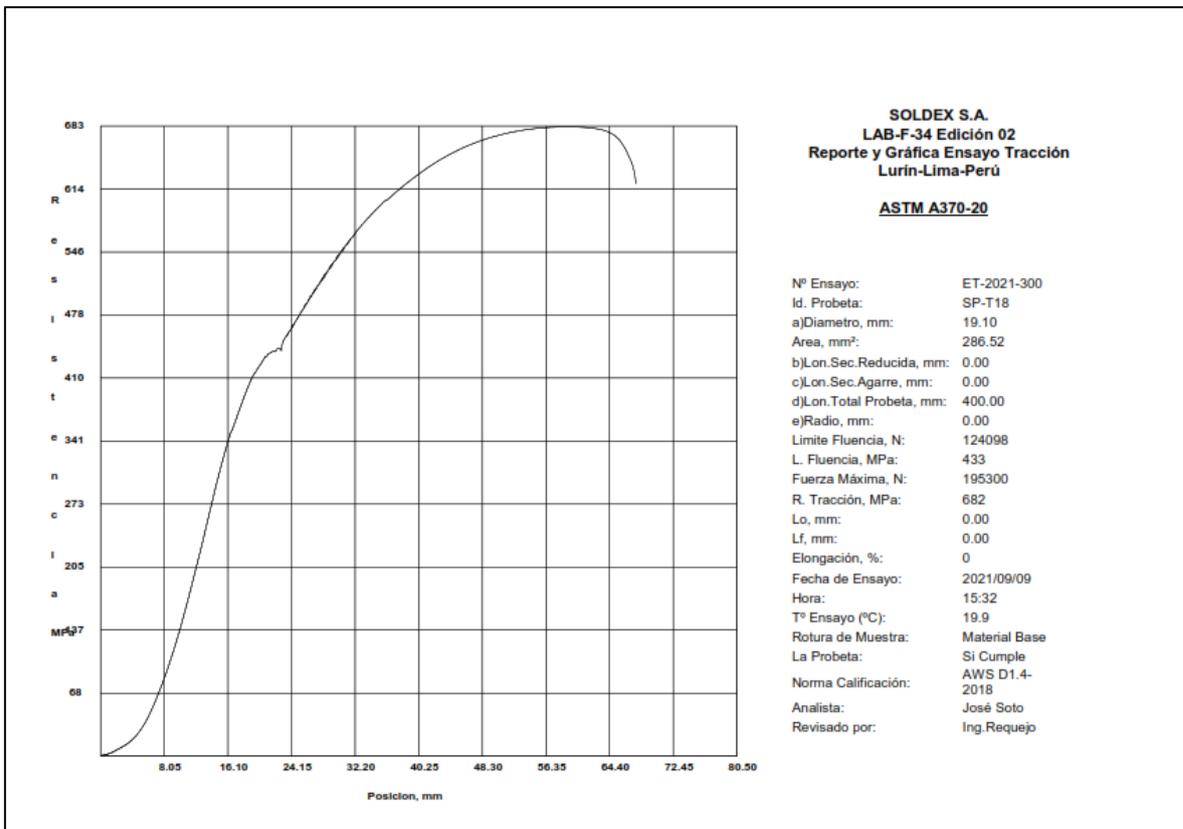
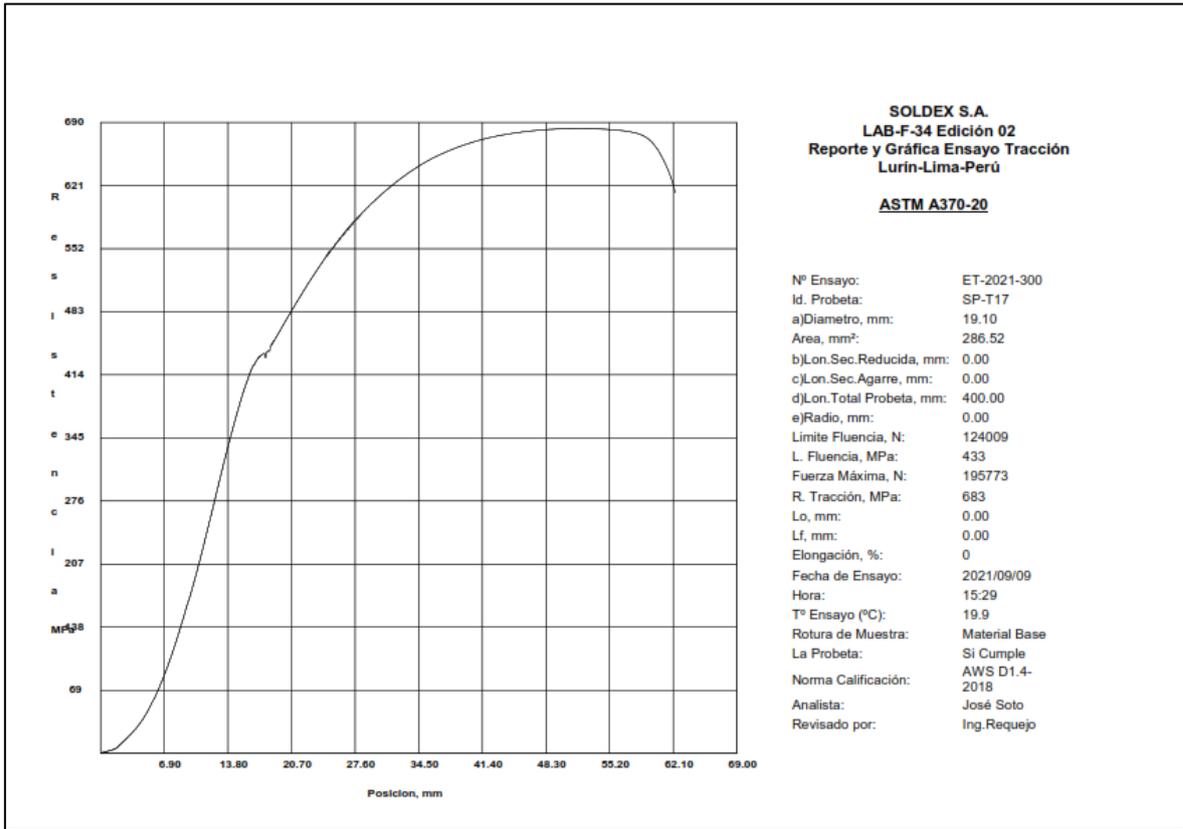
Jefe de Aseguramiento y Desarrollo de la Calidad  
Ing. Ronald Requejo Villanueva  
CIP: 101024

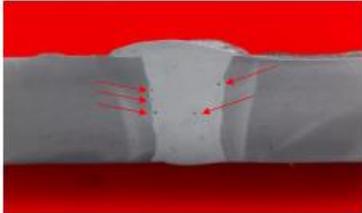
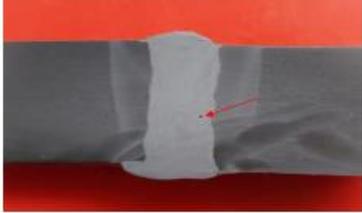
SOLDEXA UNA COMPAÑÍA ERAB		INFORME DE ENSAYO DE TRACCIÓN							LAB-F-12 Edición 08	
<b>LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE-052</b>										
Razón Social (Nombre Cliente) :		Bach. Carlos Leandro Cruz Pérez								
Dirección :		Mz L5 Lote 12 Urb. Los Rosales de San Andres								
Telefono :		Movil 965-397-400								
Contacto :		Bach. Carlos Leandro Cruz Pérez								
Referencia:		Tesis para Obtener el Título de Ingeniero Civil								
Descripción de la Muestra:		Barras Corrugadas patrón y soldadas								
Fecha de Informe :		2021-09-17								
Informe de Ensayo N° :		ET-2021-300								
Identificación de las Probetas	Sección Transversal				Límite de Fluencia		Resistencia a la Tracción		% Elongación	
	Ancho mm	Espesor mm	Diámetro mm	Area mm <sup>2</sup>	Fluencia N	Fluencia Mpa	Máxima N	Máxima MPa		
SP-T16	No Aplica	No Aplica	19.10	206.52	126135	440	194603	679	20	
SP-T17	No Aplica	No Aplica	19.10	206.52	124009	433	195773	683	No Aplica	
SP-T18	No Aplica	No Aplica	19.10	206.52	124098	433	195300	682	No Aplica	
Observaciones :										
Material Base: ASTM 615 Grado 60										
Material de Aporte: E9016-G										
Proceso: SMAW										
Posición: 1G										
Para la roturas ver gráficas adjuntas.										
Las Dimensiones de las Probetas SI (X) / No ( ) Cumplen con la Norma: AWS D1.4 - 2015										
Método de Ensayo :		ASTM A370-20								
Equipo Usado :		Marca Tinius Olsen Super L 120 - N° Serie 173635								
Código Interno del Equipo :		LAB-E-041								
Temperatura de Ensayo (°C) :		19.9°C								
Nombre del Analista :		José Soto								
Fecha de Recepción de las Probetas :		2021-09-09								
Fecha de Ejecución de Ensayo :		2021-09-09								
<p>1.-Los datos del cliente, la identificación de las probetas e información adicional proporcionada por el cliente; queda bajo su responsabilidad.</p> <p>2. La Incertidumbre Expandida es 5 MPa (Tracción y Fluencia) y 1% (Elongación) para un Nivel de Confianza al 95% y un K=2.</p> <p>3. Prohibida la Reproducción Total o Parcial del Informe sin la Autorización escrita del Laboratorio de Soldexa.</p> <p>4. Los Resultados de este informe solo son válidos para las Probetas Ensayadas.</p> <p>5. Los Resultados no deben ser utilizados como una Certificación de Conformidad con Norma de Producto o Certificación del Sistema de Calidad.</p>										
Antigua Panamericana Sur Km 38.5 - Lurin - Lima - Perú				Correo: jose.soto@esab.com.pe				Teléfono: 619-9600 Anexos 2240 - 2233		

Jefe de Aseguramiento y Desarrollo de la Calidad  
Ing. Ronald Requejo Villanueva  
CIP: 101024

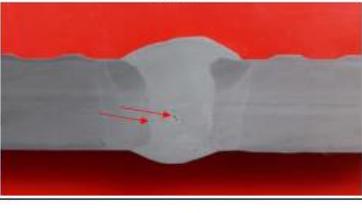
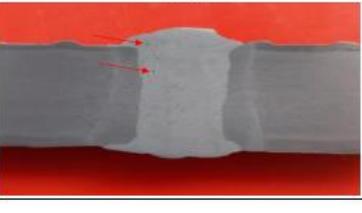




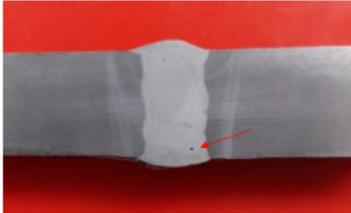
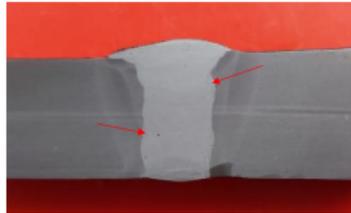


SOLDEXA		INFORME DE ENSAYO DE MACROGRAFÍA				LAB-F-06	
						Edición 02	
1. Informe de Ensayo N°:	EM-2021-013	2. Fecha de Informe:	2021-11-17	3. Descripción de Ensayo:	Macrografía		
4. Nombre de Cliente:	Bach. Carlos Leandro Cruz Pérez	5. Referencia:	Tesis para Obtener el Título de Ingeniero Civil	6. Persona de Contacto:	Bach. Carlos Leandro Cruz Pérez		
7. Descripción de Muestra:	Probeta Soldada	8. Material Base:	ASTM 615 Grado 60	9. Material de Aporte:	E9018-G		
10. Proceso de Soldadura:	SMAW	11. Posición:	1G	12. Soldador:	No Indica		
13. Normas de Ensayo Aplicadas:	AWS D1.4 - 2018	14. Analista:	José Soto	15. T° Ensayo (°C):	21.1°C		
16. Fecha-Recepción de Muestra:	2021-11-15	17. Fecha Ensayo:	2021-11-16	18. Solución Reveladora:	Nital 10%		
19. Fotografías							
AA-M1				AA-M2			
							
20. Equipos Empleados:							
Equipos de desbaste y pulido (abrasivos), Pie de Rey Digital CC-M-063							
Cámara Fotográfica Digital.							
21. Resultados:							
Muestra	Penetración		Resultados				
AA-M1	Fusión Parcial - Porosidades 0.10mm ( Suma 0.50mm)		Aceptable				
AA-M2	Fusión Parcial - Porosidad 0.20mm ( Suma 0.20mm)		Aceptable				
22. Observaciones:							
 <b>Jefe de Aseguramiento y Desarrollo de la Calidad.</b> <b>Ing. Ronald Requejo Villanueva</b> CIP-101024							
Prohibida la Reproducción total o parcial del Informe sin la autorización escrita del Laboratorio de SOLDEXA. Antigua Panamericana Sur Km 38.5 Lurín - Lima - Perú - Teléfono : 619-9600 Anexo 2240-2233 - Rpc 987-530-549							

1 de 1

SOLDEXA		INFORME DE ENSAYO DE MACROGRAFÍA				LAB-F-06	
						Edición 02	
1. Informe de Ensayo N°:	EM-2021-015	2. Fecha de Informe:	2021-11-17	3. Descripción de Ensayo:	Macrografía		
4. Nombre de Cliente:	Bach. Carlos Leandro Cruz Pérez	5. Referencia:	Tesis para Obtener el Título de Ingeniero Civil	6. Persona de Contacto:	Bach. Carlos Leandro Cruz Pérez		
7. Descripción de Muestra:	Probeta Soldada	8. Material Base:	ASTM 615 Grado 60	9. Material de Aporte:	E9018-G		
10. Proceso de Soldadura:	SMAW	11. Posición:	1G	12. Soldador:	No Indica		
13. Normas de Ensayo Aplicadas:	AWS D1.4 - 2018	14. Analista:	José Soto	15. T° Ensayo (°C):	21.1°C		
16. Fecha-Recepción de Muestra:	2021-11-15	17. Fecha Ensayo:	2021-11-16	18. Solución Reveladora:	Nital 10%		
19. Fotografías							
AM-M1				AM-M2			
							
20. Equipos Empleados:							
Equipos de desbaste y pulido (abrasivos), Pie de Rey Digital CC-M-063							
Cámara Fotográfica Digital.							
21. Resultados:							
Muestra	Penetración		Resultados				
AM-M1	Fusión Parcial - Porosidades 0.10mm ( Suma 0.20mm)		Aceptable				
AM-M2	Fusión Parcial - Porosidades 0.10mm ( Suma 0.20mm)		Aceptable				
22. Observaciones:							
 <b>Jefe de Aseguramiento y Desarrollo de la Calidad.</b> <b>Ing. Ronald Requejo Villanueva</b> CIP-101024							
Prohibida la Reproducción total o parcial del Informe sin la autorización escrita del Laboratorio de SOLDEXA. Antigua Panamericana Sur Km 38.5 Lurín - Lima - Perú - Teléfono : 619-9600 Anexo 2240-2233 - Rpc 987-530-549							

1 de 1

<b>SOLDEXA</b> <small>LABORATORIO DE ENSAYOS</small>		<b>INFORME DE ENSAYO DE MACROGRAFÍA</b>			<b>LAB-F-06</b>
					Edición 02
1. Informe de Ensayo N°:	EM-2021-014	2. Fecha de Informe:	2021-11-17	3. Descripción de Ensayo:	Macrografía
4. Nombre de Cliente:	Bach. Carlos Leandro Cruz Pérez	5. Referencia:	Traba para Obtener el Título de Ingeniero Civil	6. Persona de Contacto:	Bach. Carlos Leandro Cruz Pérez
7. Descripción de Muestra:	Probeta Soldada	8. Material Base:	ASTM 615 Grado 60	9. Material de Aporte:	E9018-G
10. Proceso de Soldadura:	SMAW	11. Posición:	1G	12. Soldador:	No Indica
13. Normas de Ensayo Aplicadas:	AWS D1.4 - 2018	14. Analista:	José Soto	15. T° Ensayo (°C):	21.1°C
16. Fecha-Recepción de Muestra:	2021-11-15	17. Fecha Ensayo:	2021-11-16	18. Solución Reveladora:	Nital 10%
19. Fotografías					
<p style="text-align: center;">SP-M1</p> 			<p style="text-align: center;">SP-M2</p> 		
20. Equipos Empleados:					
Equipos de desbaste y pulido (abrasivos), Pie de Rey Digital CC-M-063					
Cámara Fotográfica Digital.					
21. Resultados:					
Muestra	Penetración	Resultados			
SP-M1	Fusión Parcial - Porosidad 0.20mm ( Suma 0.20mm)	Aceptable			
SP-M2	Fusión Parcial - Porosidades 0.20mm ( Suma 0.40mm)	Aceptable			
22. Observaciones:					
 <b>Jefe de Aseguramiento y Desarrollo de la Calidad.</b> Ing. Ronald Requejo Villanueva CIP-101024					
Prohibida la Reproducción total o parcial del Informe sin la autorización escrita del Laboratorio de SOLDEXA. Antigua Panamericana Sur Km 38.5 Lurin - Lima - Perú - Teléfono : 619-9600 Anexo 2240-2233 - Rpc 987-530-549					

## ANEXO 6. Normas técnicas

---

<b>NORMA TÉCNICA</b>	<b>NTP 341.031</b>
<b>PERUANA</b>	<b>2018</b>

---

Dirección de Normalización - INACAL  
Calle Las Camelias 817, San Isidro (Lima 27)

Lima, Perú

### **PRODUCTOS DE ACERO. Barras de acero al carbono, corrugadas, para refuerzo de concreto armado. Requisitos**

STEEL PRODUCTS. Deformed carbon-steel bars for concrete reinforcement. Requirements

**2018-09-19**  
**4ª Edición**

R.D. N° 36-2018-INACAL/DN. Publicada el 2018-11-14  
I.C.S.: 77.140.15

Precio basado en 46 páginas

**ESTA NORMA ES RECOMENDABLE**

Descriptor: Acero, acero al carbono, barra, barra de acero, corrugado, concreto armado, concreto reforzado, requisito

© INACAL 2018

**ACI 318S-05**  
**ACI 318SR-05**

**Requisitos de Reglamento para  
Concreto Estructural (ACI 318S-05)  
y Comentario (ACI 318SR-05)**  
(Versión en español y en sistema métrico)  
Es un Estándar del ACI

Producido por el Comité ACI 318

**american concrete institute**  
P.O. BOX 9094  
FARMINGTON HILLS, MICHIGAN 48333-9094  
USA

**AWS D1.4/D1.4M:2018**  
**An American National Standard**



**Structural  
Welding Code—  
Steel  
Reinforcing Bars**





**NORMA TÉCNICA DE EDIFICACIÓN**  
**E.060 CONCRETO ARMADO**

---

DECRETO SUPREMO 010-2009-VIVIENDA DEL 08 DE MAYO DEL 2009