



UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

CLASIFICACIÓN DE VARILLAS CON RESALTES DE ACERO
TRADICIONAL POCO FLEXIBLE

JUMBO GALLEGO LIVINGTON GABRIEL
INGENIERO CIVIL

MACHALA
2022



UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

CLASIFICACIÓN DE VARILLAS CON RESALTES DE ACERO
TRADICIONAL POCO FLEXIBLE

JUMBO GALLEGO LIVINGTON GABRIEL
INGENIERO CIVIL

MACHALA
2022



UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

EXAMEN COMPLEXIVO

CLASIFICACIÓN DE VARILLAS CON RESALTES DE ACERO TRADICIONAL POCO FLEXIBLE

JUMBO GALLEGO LIVINGTON GABRIEL
INGENIERO CIVIL

CABRERA GORDILLO JORGE PAUL

MACHALA, 17 DE FEBRERO DE 2022

MACHALA
17 de febrero de 2022

TESIS

por Gabriel Jumbo

Fecha de entrega: 11-feb-2022 12:37p.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 1760171329

Nombre del archivo: JUMBO_GABRIEL.docx (526.45K)

Total de palabras: 2897

Total de caracteres: 14596

TESIS

INFORME DE ORIGINALIDAD

6%

INDICE DE SIMILITUD

0%

FUENTES DE INTERNET

0%

PUBLICACIONES

6%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

Submitted to Universidad Técnica de Machala

Trabajo del estudiante

6%

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 5%

Excluir bibliografía

Activo

CLÁUSULA DE CESIÓN DE DERECHO DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL

El que suscribe, JUMBO GALLEGO LIVINGTON GABRIEL, en calidad de autor del siguiente trabajo escrito titulado Clasificación de varillas con resaltes de acero tradicional poco flexible, otorga a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia, sobre la cual tiene potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

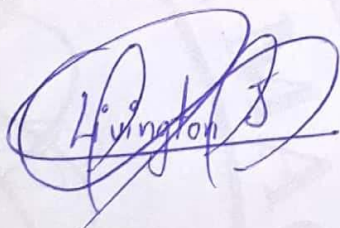
El autor declara que el contenido que se publicará es de carácter académico y se enmarca en las disposiciones definidas por la Universidad Técnica de Machala.

Se autoriza a transformar la obra, únicamente cuando sea necesario, y a realizar las adaptaciones pertinentes para permitir su preservación, distribución y publicación en el Repositorio Digital Institucional de la Universidad Técnica de Machala.

El autor como garante de la autoría de la obra y en relación a la misma, declara que la universidad se encuentra libre de todo tipo de responsabilidad sobre el contenido de la obra y que asume la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera exclusiva.

Aceptando esta licencia, se cede a la Universidad Técnica de Machala el derecho exclusivo de archivar, reproducir, convertir, comunicar y/o distribuir la obra mundialmente en formato electrónico y digital a través de su Repositorio Digital Institucional, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico.

Machala, 17 de febrero de 2022



JUMBO GALLEGO LIVINGTON GABRIEL
0706705555

AGRADECIMIENTO

Agradezco primeramente a Dios por darme la vida, por darme cada día la oportunidad de ser alguien mejor, por darme la fuerza necesaria para seguir adelante. Agradezco a la Santísima Virgen del Cisne por sus milagros.

Agradezco a mi madre por sus consejos, por inculcarme sus valores y por enseñarme a nunca rendirme que a pesar de las adversidades siempre debo orar a Dios y la Virgen del Cisne. Agradezco a toda mi familia en especial a mis abuelos y tío, quienes fueron pilar fundamental para que pueda lograr este objetivo que a pesar de las circunstancias estuvieron ahí apoyando en todo momento.

Agradezco a mi señorita enamorada que desde el momento en que nos conocimos no dejo de apoyarme y siempre me alentó a seguir adelante.

Agradezco a mis compañeros y amigos que también estuvieron en mi formación profesional brindándome su apoyo.

Y por último muy agradecido con los profesores de la Universidad Técnica de Machala, por impartir sus grandes conocimientos y sus experiencias para que seamos buenos profesionales.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de titulación a la Sra. Narcisa Marina Gallego Tandazo, por ser una mujer fuerte y luchadora, que supo sacar adelante a su único hijo para que cumpla sus sueños.

A mi novia porque es pilar fundamental en mi vida quien me ha enseñado que jamás debo rendirme a pesar de las situaciones complicadas que se nos presenta en la vida.

A mi familia porque sin ellos nada de esto fuera posible, me apoyaron en todo momento.

A mis compañeros y amigos que con sus fuerzas de apoyo me motivaron a seguir adelante.

RESUMEN

La construcción es uno de los sectores más importante del país ya que tiene una demanda anual de \$1.900 millones de dólares en el sistema financiero tanto público como privado. En este estudio se busca identificar las propiedades mecánicas de las varillas con resaltes de acero tradicional para comprobar si cumplen con la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 102.

En primer lugar, se llevará a cabo un análisis visual de las barras de acero con los diferentes diámetros para evitar que contengan óxido ya que esto afecta a las propiedades del material. A continuación, mediante el ensayo de tracción se aplicará a las varillas una fuerza a tensión para determinar su esfuerzo de fluencia, la resistencia a la tracción mediante el gráfico de la curva de esfuerzo-deformación como también el porcentaje de alargamiento de las varillas para finalmente observar si el comportamiento mecánico cumple con la NTE INEN 102.

En los resultados se encuentra toda la información detallada sobre el ensayo de tracción de las varillas experimentadas en el laboratorio de comportamiento de materiales de la Universidad Técnica de Machala de la Facultad de Ingeniería Civil. En base a ello, determinar las propiedades mecánicas de las varillas para su posterior comprobación con la Norma Técnica Ecuatoriana INEN.

Palabras Clave: Varillas de acero, límite de fluencia, resistencia a la tensión, alargamiento, propiedades mecánicas.

ABSTRACT

Construction is one of the most important sectors in the country since it has an annual demand of \$1.900 billion dollars in the public and private financial system. This study seeks to identify the mechanical properties of rods with traditional steel projections to check if they comply with the Ecuadorian Technical Standard INEN 102.

First, a visual analysis of the steel rods with the different diameters will be carried out to avoid that they contain rust since this affects the properties of the material. Then, by means of the tensile test, a tensile force will be applied to the rods to determine their yield stress, the tensile strength by means of the stress-strain curve graph as well as the percentage of elongation of the rods to finally observe if the mechanical behavior complies with NTE INEN 102.

In the results you can find all the detailed information about the tensile test of the rods experimented in the laboratory of material behavior of the Technical University of Machala, Faculty of Civil Engineering. Based on this, determine the mechanical properties of the rods for subsequent verification with the Ecuadorian Technical Standard INEN.

Key words: Steel rods, yield strength, tensile strength, elongation, mechanical properties.

ÍNDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTO	7
DEDICATORIA	8
RESUMEN	9
ABSTRACT.....	10
ÍNDICE DE CONTENIDO	11
ÍNDICE DE FIGURAS	12
ÍNDICE DE TABLAS	12
1. INTRODUCCIÓN	13
1.1 Objetivo General	14
1.1.1 Objetivos Específicos	14
2. DESARROLLO	14
2.1 FUNDAMENTOS TEÓRICOS	14
2.1.1 Módulo de Young o Elasticidad	14
2.1.2 Esfuerzo de fluencia	14
2.1.3 Esfuerzo máximo.....	14
2.1.4 Deformación unitaria.....	15
2.1.5 Alargamiento (%)	15
2.1.6 Diagrama de esfuerzo – deformación unitaria.....	15
2.1.7 Resaltes de las varillas de acero	16
2.1.8 Clasificación de las varillas con resaltes	16
2.2 REQUISITOS	17
2.2.1 Requisitos dimensionales	17
2.2.2 Requisitos mecánicos	17
2.3 METODOLOGÍA	18
2.3.1 Ensayo de tracción.....	18
2.4 RESULTADOS.....	21
3. CONCLUSIONES	21
4. RECOMENDACIONES.....	22
5. BIBLIOGRAFÍA	23
6. ANEXOS	25

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Deformación unitaria	15
Figura 2: Diagramas esfuerzo-deformación unitaria, convencional y real, para un material dúctil.	15
Figura 3: Varillas con resaltes transversales inclinados	16
Figura 4: Varillas de acero con sus respectivos diámetros.....	16
Figura 5: Máquina de ensayo combinado compresión-tracción.....	19
Figura 6: Extensómetro de tipo B.....	19

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Características dimensionales y físicas de las varillas con resaltes para hormigón armado.	17
Tabla 2: Especificaciones mecánicas de las varillas lisas y corrugadas para hormigón armado	17
Tabla 3: Datos Obtenidos	20
Tabla 4: Resultados Obtenidos	21

1. INTRODUCCIÓN

En nuestro país la mayor parte de sus edificaciones están construidas con concreto, lo cual no es suficiente para cubrir la demanda de las cargas aplicadas que están impuestas en el diseño, para cumplir con dicha solicitud se implementó un refuerzo adicional con el acero. En la actualidad, se utilizan diversos tipos de acero para el reforzamiento de las estructuras de hormigón armado [1]. En el mercado hay una gran variedad de aceros disponibles con la documentación detallada que proporcionan los proveedores en sus catálogos, la mayoría de ellos solo dan información basados en datos teóricos, para comprobar de una manera precisa se realizan los respectivos ensayos [2].

Para caracterizar las propiedades de un material tradicionalmente se aplican las diferentes pruebas mecánicas. Generalmente los ensayos de tracción, se realizan manteniendo una muestra del material, a una carga aplicada axialmente y registrándose las deformaciones en función del esfuerzo. Actualmente, para el estudio del comportamiento de un material se realiza el ensayo en una máquina universal combinada tracción-compresión. Estas pruebas nos permiten evaluar las cargas y los esfuerzos máximos que puede soportar un material [3] [4].

El presente trabajo se enfoca en la detección de los esfuerzos de fluencia, esfuerzo máximo de tensión y el porcentaje del alargamiento de las muestras sometidas al ensayo [5]. En el ensayo de tracción consiste en aplicar una fuerza axialmente a una barra de acero hasta que llegue a su rotura para comprobar sus propiedades mecánicas con la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 102.

1.1 Objetivo General

Analizar las propiedades mecánicas de las varillas con resaltes de acero tradicional poco flexible mediante el ensayo de carga y deformación para evaluarlo con la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 102.

1.1.1 Objetivos Específicos

- Realizar el ensayo de tracción de las varillas de 12mm, 14mm y 16mm de diámetro.
- Graficar los diagramas de esfuerzo - deformación de las barras con los diferentes diámetros.
- Determinar el límite de fluencia, la resistencia máxima a tensión y el porcentaje de alargamiento.
- Evaluar los resultados con la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 102.

2. DESARROLLO

2.1 FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.1.1 Módulo de Young o Elasticidad

Es la forma de caracterizar el comportamiento de un material elástico, dependiendo de la dirección en que se aplique la fuerza. El módulo de elasticidad del acero es uno de los parámetros más importantes para el diseño y cálculo de estructuras [6] [7].

2.1.2 Esfuerzo de fluencia

Es una magnitud que separa las regiones elásticas y plásticas de un material. Cuando se origina un aumento de valor más allá de la zona elástica esto producirá que se deforme permanentemente hasta llegar a la rotura. A este comportamiento se lo conoce como esfuerzo de fluencia [8].

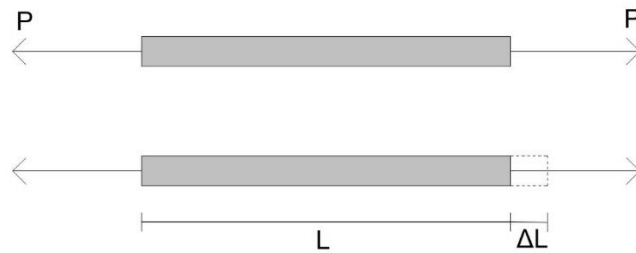
2.1.3 Esfuerzo máximo

Este esfuerzo se produce con la carga máxima aplicada por la máquina de ensayo a tracción, la cual suele ser superior a la carga de rotura. Este comportamiento es esencial ya que nos determina la resistencia máxima que tiene el material [8].

2.1.4 Deformación unitaria

Cuando se alarga o contrae un segmento de línea por unidad de longitud se llama deformación unitaria [9]. Esto quiere decir que la deformación es el cociente entre la variación de la longitud sobre la longitud inicial.

Figura 1: Deformación unitaria



Fuente: Elaboración propia

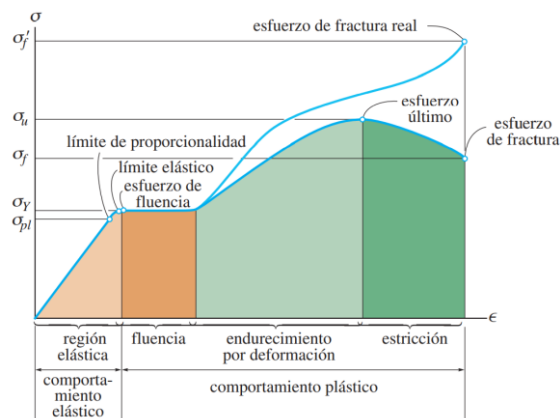
2.1.5 Alargamiento (%)

Es la máxima variación de longitud que alcanza un material cuando se realiza el ensayo a tracción y se lo representa de manera porcentual [8].

2.1.6 Diagrama de esfuerzo – deformación unitaria

Para obtener la curva de esfuerzo-deformación unitaria se debe tener los datos que resultan de un ensayo de tracción o compresión. Para graficar debemos tener los valores de esfuerzo en las ordenadas y la deformación en las abscisas. En la ingeniería es muy importante tener definido el diagrama ya que nos proporciona información para obtener la resistencia a tensión de un material [9].

Figura 2: Diagramas esfuerzo-deformación unitaria, convencional y real, para un material dúctil.



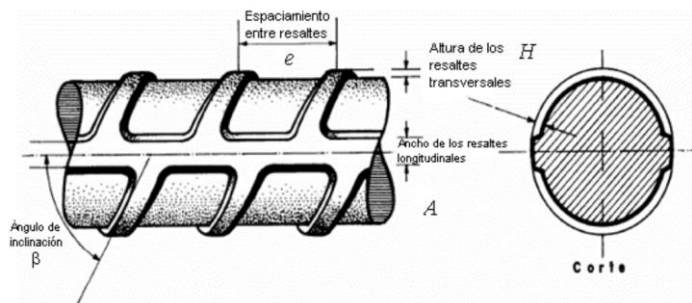
Fuente: Imagen tomada del libro “Mecánica de Materiales”, R.C Hibbeler

2.1.7 Resaltes de las varillas de acero

La NTE INEN 102 establece que: “Los resaltes pueden ser perpendiculares o inclinados con respecto al eje de la varilla, y deben estar espaciados a lo largo de la varilla a distancia uniforme. Los resaltes de los lados opuestos de la varilla deben ser similares en tamaño y forma” [10].

Para nuestro caso experimental las varillas con resaltes se determinaron en el ANEXO B de la NTE INEN 2167.

Figura 3: Varillas con resaltes transversales inclinados



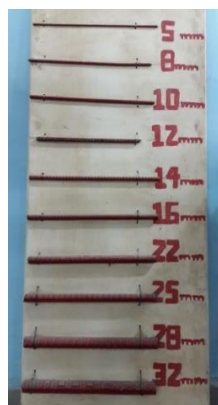
Fuente: Norma Técnica Ecuatoriana, NTE INEN 2167

2.1.8 Clasificación de las varillas con resaltes

La NTE INEN 102 clasifica a las varillas de acero de acuerdo a su calidad, que corresponde con su límite de fluencia mínimo en:

- Varillas de acero grado A42 a las de fluencia mínima 420 MPa (42 kgf/mm²).
- Varillas de acero grado A52 a las de fluencia mínima 520 MPa (52 kgf/mm²).
- Varillas de acero grado A55 a las de fluencia mínima 550 MPa (55 kgf/mm²).

Figura 4: Varillas de acero con sus respectivos diámetros.



Fuente: Elaboración propia

2.2 REQUISITOS

2.2.1 Requisitos dimensionales

Para el cumplimiento de las dimensiones los proveedores se basan en la NTE INEN 102 para fabricar varillas con resaltes como se indica en la Tabla 1.

Tabla 1: Características dimensionales y físicas de las varillas con resaltes para hormigón armado.

Diámetro nominal (mm)	Dimensiones de los resaltes (mm)			Masa (kg/m)		
	e máx. ^(a)	H promedio mín. ^(b)	A máx. ^(c)	Nominal ^(d)	máx. ^(e)	mín. ^(e)
8	5,60	0,32	3,10	0,395	0,418	0,371
10	7,00	0,40	3,90	0,617	0,654	0,580
12	8,40	0,48	4,70	0,888	0,941	0,835
14	9,80	0,67	5,50	1,208	1,281	1,136
16	11,20	0,72	6,20	1,578	1,673	1,484
18	12,60	0,88	7,00	1,998	2,117	1,878
20	14,00	1,01	7,80	2,466	2,614	2,318
22	15,40	1,11	8,60	2,984	3,163	2,805
25	17,50	1,26	9,60	3,853	4,085	3,622
28	19,60	1,39	11,00	4,834	5,124	4,544
32	22,40	1,64	12,00	6,313	6,692	5,935
36	25,20	1,84	14,00	7,990	8,470	7,511
40	28,00	1,96	15,70	9,865	10,456	9,273

^(a) Espacio promedio de los resaltes transversales
^(b) Altura promedio mínima de los resaltes transversales.
^(c) Separación entre los extremos de los resaltes transversales (máximo 12,5 % del perímetro nominal).
^(d) Valor calculado a partir del diámetro nominal, considerando una densidad del acero de 7 850 kg/m³
^(e) Límites en la masa por metro para cada una de las unidades de muestreo (= 6 % según 5.4.3.1 literal b)).

Fuente: Norma Técnica Ecuatoriana, NTE INEN 102

2.2.2 Requisitos mecánicos

Las varillas con resaltes deben cumplir con las propiedades mecánicas que indican en la Tabla 2 de la NTE INEN 102, que suministra las propiedades de fluencia/tracción.

La NTE INEN 102 establece que: “La resistencia a la rotura real debe ser igual o mayor a 1.25 veces el límite de fluencia real registrado en el ensayo de la probeta” [10] [11].

Tabla 2: Especificaciones mecánicas de las varillas lisas y corrugadas para hormigón armado

Ensayo	Propiedad	Unidad	Grado de acero		
			A42	A52	A55
Tracción	Límite de fluencia, mínimo	MPa	420	520	550
	Límite de fluencia, máximo		540	645	675
	Resistencia a la tracción, mínima		620	690	725
	Alargamiento, mínimo en $L_0 = 200$ mm	%			
	$d \leq 20$		9	7	7
	$22 \leq d \leq 25$		8	7	7
	$d > 25$		7	6	6
Doblado a 180° ^(a)	$d < 18$	mm	$D = 3,5d$	$D = 5d$	$D = 5d$
	$18 \leq d \leq 20$		$D = 5d$	$D = 5d$	$D = 5d$
	$20 < d \leq 25$		$D = 5d$	$D = 5d$	$D = 5d$
	$25 < d \leq 36$		$D = 7d$	$D = 7d$	$D = 7d$
	$d > 36$		$D = 9d$	$D = 9d$	$D = 9d$

^(a) d = diámetro de la varilla en mm
 D = diámetro del mandril en mm
 L_0 = longitud inicial
NOTA . 1 MPa equivale a 10,197 kgf/cm².

Fuente: Norma Técnica Ecuatoriana, NTE INEN 102

2.3 METODOLOGÍA

En el presente trabajo experimental se utilizó varillas corrugadas de la marca Adelca con las especificaciones mecánicas que se rigen en base a la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 2167, se utilizaron 9 barras de acero con dimensiones de 40 cm de largo. Se ensayaron tres (3) probetas con diámetro 12 mm, tres (3) probetas con diámetro 14 mm y tres (3) probetas con diámetro 16 mm.

2.3.1 Ensayo de tracción

Para el ensayo de tracción se utilizaron la máquina de pruebas a tracción de varillas (DIGIMAX PLUS) y el extensómetro de tipo B, perteneciente al laboratorio de comportamiento de materiales de la Universidad Técnica de Machala de la Facultad de Ingeniería Civil. A continuación, se detallará las especificaciones de la máquina [12].

Máquina de pruebas a tracción de varillas

Se compone de un marco rígido, un cilindro de doble efecto, un motor hidráulico con una válvula espacial, una válvula selectora y un manómetro de presión de \varnothing 300 mm a doble escala de 0 a 500 kN para ensayos de tracción y de 0 a 1000 kN para ensayos de compresión [13].

Pasos para la utilización de la máquina DIGIMAX PLUS

- a) Inserción de datos descriptivos y dimensiones de la muestra.
- b) La base de la medición para el cálculo de la elongación.
- c) Configurar la selección del tipo y modelo de extensómetro y sensibilidad del pico.
- d) Selección respecto al tipo de muestra que vaya a prueba de tracción con una selección entre redondo, plano y otro tipo.
- e) Sucesivamente se puede acceder a la pantalla de entrada de datos.
- f) Resistencia lo que permite seleccionar el tipo de procesamiento que se desea ejecutar al final de la prueba.
- g) Permitir el posicionamiento del cursor en relación con ReH (Límite elástico superior) y ReL (Límite elástico inferior).
- h) Las teclas de flechas verticales permiten el establecimiento de los valores, el botón “Intro” le permite pasar de un campo a otro.
- i) Active gráfico. La prueba a tracción se puede realizar con gráfico deshabilitado o habilitado.

- j) Durante la ejecución de la prueba los valores de carga y elongación son visualizados y actualizados en la pantalla en tiempo real. Del mismo modo muestra un gráfico que reporta la carga (eje X) y la elongación (eje Y).
- k) Después de efectuar las configuraciones necesarias para iniciar el procedimiento de prueba seleccionado pulse el botón correspondiente a la función “inicio de prueba”.

Figura 5: Máquina de ensayo combinado compresión-tracción



Fuente: Imagen tomado de “Metrología Adatec”, página web

Extensómetro

Es un dispositivo que mide el alargamiento o elongación de una muestra en el ensayo de compresión-tracción.

Figura 6: Extensómetro de tipo B



Fuente: Elaboración propia

Procedimiento para la realización del ensayo a tracción de varillas

- La varilla de muestra para el ensayo debe ser exactamente 40 cm de largo.
- Marcamos la varilla en espacios de 10 cm, para que podamos centrar al momento de colocarla en la máquina.
- Enceramos la balanza para seguidamente pesar la varilla.
- Procedemos a pesar la varilla a ensayar, la que nos da como resultado de su peso en gr.
- Seguidamente ingresamos al software de la máquina instalado en el computador y le damos las especificaciones que vamos a necesitar, elegimos tensión y el tipo de extensómetros, en este caso es tipo B. Luego ingresamos el peso de la varilla previamente obtenido.
- Luego procedemos a colocar el soporte y el sensor en el centro de la varilla y con una llave hexagonal aseguramos el extensómetro.
- Adecuamos la máquina poniéndola primero a compresión hasta obtener el espacio requerido entre los dientes de la misma para que la varilla pueda caber fácilmente.
- Colocamos la varilla lista en el equipo.
- Volvemos a poner el equipo a tensión. Encendemos el cerebro del equipo (DIGIMAX PLUS) y le damos las configuraciones que nosotros requerimos.
- Ingresamos el peso de la varilla a trabajar.
- Encendemos el equipo e iniciamos el ensayo y esperamos a que el equipo haga su trabajo.

En la Tabla 3 se observan los datos obtenidos en el laboratorio de comportamiento de materiales posterior al ensayo.

Tabla 3: Datos Obtenidos

Id	Marca	Diámetro Nominal	Peso Inicial de las varillas	Longitud Inicial entre marcas	Longitud final entre marcas	Carga de fluencia	Carga máxima	Carga de rotura
		mm	gr	mm	mm	kN	kN	kN
Probeta 1	Adelca	12	342	400	450	55.24	69.26	67.54
Probeta 2	Adelca	12	339	400	445	65.67	70.35	62.74
Probeta 3	Adelca	12	342	400	449	61.80	71.06	58.43
Probeta 4	Adelca	14	452	400	451	76.04	99.10	89.44
Probeta 5	Adelca	14	452	400	445	73.83	96.21	86.84
Probeta 6	Adelca	14	452	400	446	72.38	94.33	85.13
Probeta 7	Adelca	16	602	400	451	102.5	129.37	126.98
Probeta 8	Adelca	16	603	400	449	100.49	122.82	125.08
Probeta 9	Adelca	16	602	400	445	99.51	125.60	123.28

Fuente: Elaboración Propia

2.4 RESULTADOS

A través de este ensayo se obtuvo los valores de límite de fluencia, resistencia a la tensión y el porcentaje de alargamiento de las probetas ensayadas. En la Tabla 4 se presentan los valores promedios obtenidos para los esfuerzos de fluencia, esfuerzo máximo y porcentaje de alargamiento. En los ANEXOS VIII, IX, X se puede observar las gráficas de las curvas esfuerzo – deformación donde las probetas son dúctiles.

Tabla 4: Resultados Obtenidos

Id	Diámetro nominal	Diámetro promedio	Carga máxima registrada	Límite de fluencia	Resistencia a la tracción	% Alargamiento
	mm	mm	kN	MPa	MPa	
Probeta 1	12	12	69.26	488.39	612.43	12.50
Probeta 2	12	12	70.35	580.65	622.03	11.25
Probeta 3	12	12	71.06	546.43	628.31	12.25
Promedio =			70.22	538.49	620.92	12.00
Probeta 4	14	14	99.10	493.98	643.76	12.75
Probeta 5	14	14	96.21	479.60	625.01	11.25
Probeta 6	14	14	94.33	470.19	612.75	11.50
Promedio =			96.55	481.26	627.17	11.83
Probeta 7	16	16	129.37	509.79	643.43	12.75
Probeta 8	16	16	122.82	499.80	610.87	12.25
Probeta 9	16	16	125.60	462.93	624.69	11.25
Promedio =			125.93	490.84	626.33	12.08

Fuente: Elaboración Propia

3. CONCLUSIONES

- Mediante este ensayo y en base a los resultados obtenidos podemos concluir lo siguiente:
- Las varillas de 12 mm el promedio del esfuerzo de fluencia fue de 538.49 MPa, en la NTE INEN 102 indica que debe estar entre 420 MPa y 540 MPa, esto quiere decir que se encuentran dentro del rango establecido por la norma. Para el esfuerzo máximo de tensión fue de 620.92 MPa y la NTE INEN 102 indica que el mínimo debe ser 620 MPa lo cual cumple con la norma. En cuanto al porcentaje de alargamiento el promedio fue del 12%, en la norma indica que para diámetros menores de 20 mm lo mínimo debe ser de 9% para este parámetro no cumple con la norma.
- Las varillas de 14 mm el promedio del esfuerzo de fluencia fue de 481.26 MPa, en la NTE INEN 102 indica que debe estar entre 420 MPa y 540 MPa, esto quiere decir que se encuentran dentro del rango establecido por la norma. Para el esfuerzo

máximo de tensión fue de 627.17 MPa y la NTE INEN 102 indica que el mínimo debe ser 620 MPa lo cual cumple con la norma. En cuanto al porcentaje de alargamiento el promedio fue del 11.83%, en la norma indica que para diámetros menores de 20 mm lo mínimo debe ser de 9% para este parámetro no cumple con la norma.

- Las varillas de 16 mm el promedio del esfuerzo de fluencia fue de 490.84 MPa, en la NTE INEN 102 indica que debe estar entre 420 MPa y 540 MPa, esto quiere decir que se encuentran dentro del rango establecido por la norma. Para el esfuerzo máximo de tensión fue de 626.33 MPa y la NTE INEN 102 indica que el mínimo debe ser 620 MPa lo cual cumple con la norma. En cuanto al porcentaje de alargamiento el promedio fue del 12.08%, en la norma indica que para diámetros menores de 20 mm lo mínimo debe ser de 9% para este parámetro no cumple con la norma.
- Las muestras ensayadas de los diferentes diámetros de 12 mm, 14 mm y 16 mm cumplen con los requisitos de la Tabla 1 de este documento con respecto a los resaltes ya que sus valores no superan con la NTE INEN 102.

4. RECOMENDACIONES

- Para una mayor optimización en las curvas de esfuerzo – deformación realizar más pruebas sobre el ensayo de tracción con diferentes marcas de varillas.
- Obtener las dimensiones claras y precisas de las varillas para que los cálculos salgan correctamente.
- Para un estricto cumplimiento con las especificaciones de los proveedores en sus barras de acero se debe también regir para el ensayo de tracción la norma ASTM A-615.
- Para obtener resultados de calidad las máquinas de tensión deben estar equipadas con la mejor tecnología ya que esto nos permite obtener datos más exactos y reales con respecto a las curvas de esfuerzo – deformación.

5. BIBLIOGRAFÍA

- [1] M. J. Castillo, V. L. d. I. C. María, C. D. Marconi y H. G. Svoboda, «Efecto de los parámetros de soldadura en mallas de acero electrosoldadas,» *Matéria (Rio de Janeiro)*, vol. 23, n° 2, pp. 1-15, 2018.
- [2] F. Bolaños, J. Caicedo, C. Alfonzo, A. Santeliz y A. Porrello, «Evaluación del comportamiento mecánico de un acero AISI 1045 sometido a tratamientos térmicos,» *INGENIERÍA UC*, vol. 25, n° 1, pp. 99-107, 2018.
- [3] D. Alessio, S. Robles, L. Moro y R. Molina, «ENSAYOS DE CREEP POR TORSIÓN Y TRACCIÓN,» *Avances en Ciencias e Ingeniería*, vol. 8, n° 4, pp. 39-45, 2017.
- [4] D. I. Pérez-González, J. E. Castro-Olivares, J. Flores-Méndez, J. A. Mendoza-Quíñonez, A. Michua-Camarillo y M. Aparicio-Razo, «Evaluación y comparación de resistencia a la tracción y flexión de Quiote del Maguey Manso,» *Ingeniería Investigación y Tecnología*, vol. 22, n° 3, pp. 1-6, 2021.
- [5] P. A. Limon Leyva, E. Aguilera Gómez, H. Plascencia Mora, E. R. Ledesma Orozco, A. d. J. Balvantín García y J. A. Diosdado de la Peña, «Análisis de esfuerzos residuales en el proceso de engargolado utilizando el Ruido Magnético de Barkhausen,» *Acta Universitaria*, vol. 28, n° 1, pp. 57-63, 2018.
- [6] SERVOSIS, 29 Junio 2020. [En línea]. Available: <https://www.servosis.com/noticias/el-modulo-de-young-o-modulo-de-elasticidad-longitudinal-38>. [Último acceso: 31 Enero 2022].
- [7] Sotomayor y Javier, «Módulo de elasticidad dinámico y factor de calidad de maderas mexicanas. Determinación por ondas de esfuerzo.,» *Ingeniería*, vol. 22, n° 1, pp. 49-63, 2018.
- [8] C. Andrade-Taca, N. E. Veliz Llayqui y C. Medina-Caceres, «ANÁLISIS DE DUREZA Y RESISTENCIA A LA TRACCIÓN DE COMPUESTO DE MATRIZ METÁLICA Al-SiO₂, UTILIZANDO LATAS DE ALUMINIO Y CÁSCARA DE

- ARROZ COMO MATERIA PRIMA,» *Revista Boliviana de Química*, vol. 36, n° 2, pp. 60-72, 2019.
- [9] R. Hibbeler, MECÁNICA DE MATERIALES, Sexta ed., México: PEARSON EDUCACIÓN, 2005, p. 896.
- [10] NTE INEN 102, «VARILLAS CORRUGADAS Y LISAS DE ACERO AL CARBONO LAMINADAS EN CALIENTE PARA HORMIGÓN ARMADO.,» *Servicio Ecuatoriano de Normalización*, 2017.
- [11] A. Bepin, N. Pérez, E. Martínez y S. Scola, «Efecto del fuego sobre la resistencia a tracción del acero de refuerzo en losas,» *INGENIERÍA UC*, vol. 25, n° 1, pp. 93-98, 2018.
- [12] I. Dauhajre, C. Alfonzo, A. Porrello y C. Torres, «Determinación del Comportamiento de la Dureza en función del Esfuerzo de Tracción en un Acero AISI 1005,» *INGENIERÍA UC*, vol. 24, n° 3, pp. 351-355, 2017.
- [13] R. Ortega, E. Estrada, O. Rocha y P. Bañuelos, «Desgasificación con NaCl: Un método para incrementar las propiedades mecánicas de una aleación de aluminio A 319,» *Investigación y Ciencia*, vol. 29, n° 81, pp. 50-57, 2021.

6. ANEXOS

ANEXO I: Varillas de acero de la marca Adelca con diámetro de 12, 14 y 16 mm.



ANEXO II: Varillas marcadas cada 10 cm



ANEXO III: Peso de las varillas para ensayarlas.



ANEXO IV: Colocación del extensómetro y posterior a la máquina de ensayo a tracción de las varillas.



ANEXO V: Toma de datos para graficar la curva de esfuerzo – deformación de las varillas.



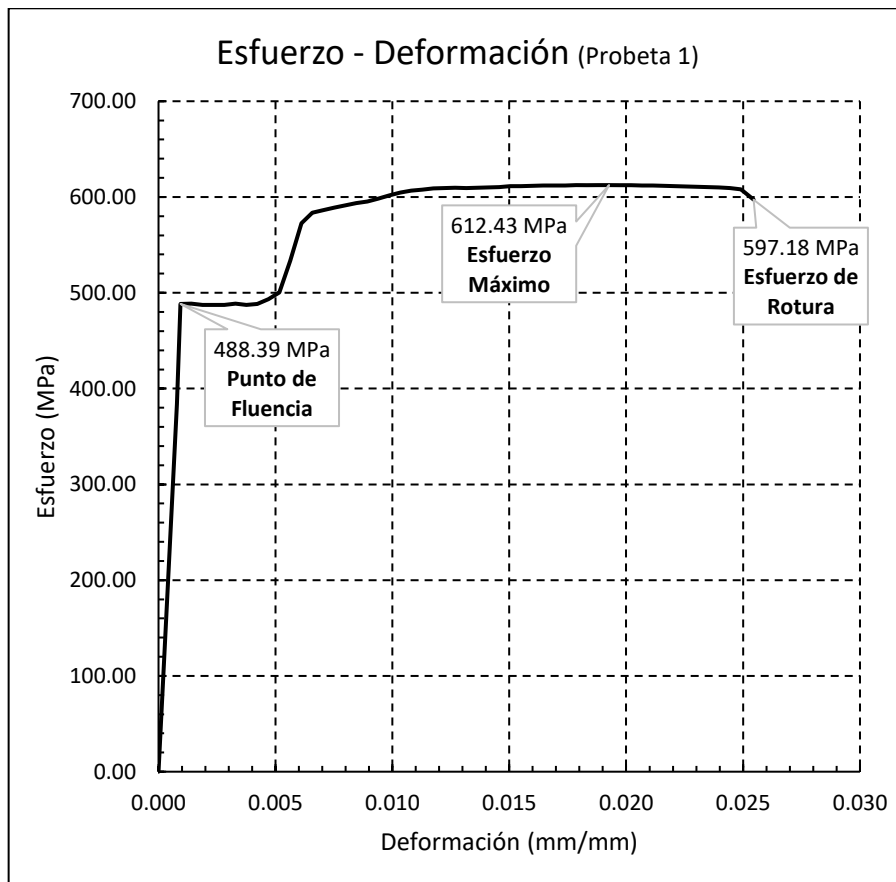
ANEXO VI: Determinación de la longitud final de las respectivas varillas.

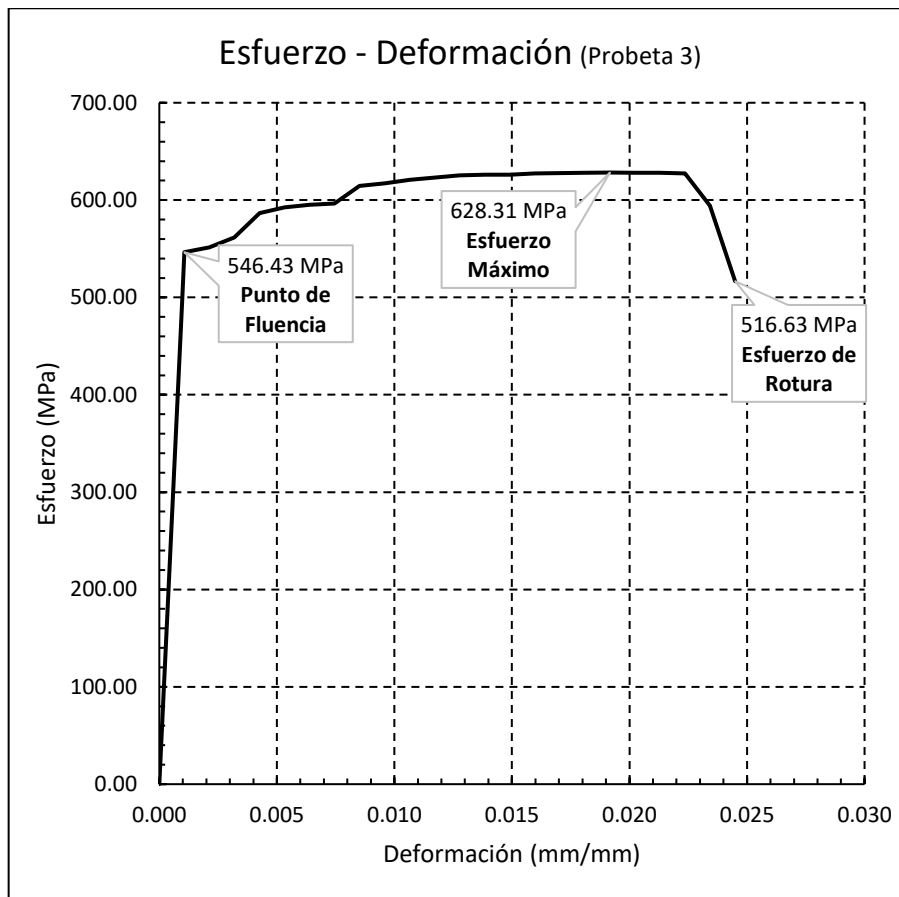
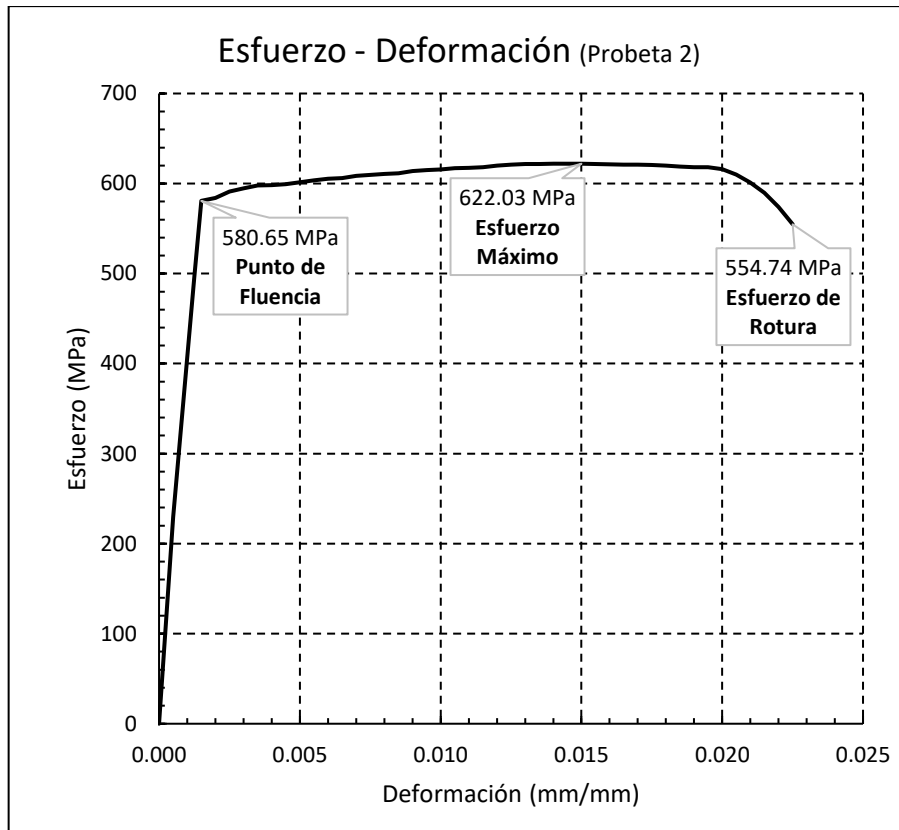


ANEXO VII: Varillas ensayadas.

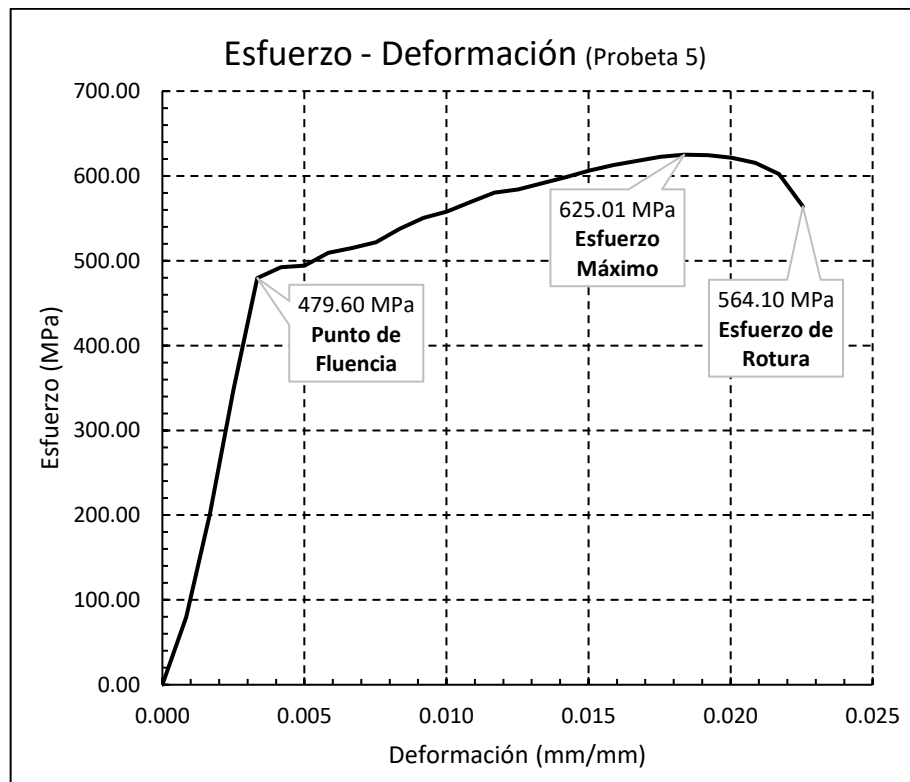
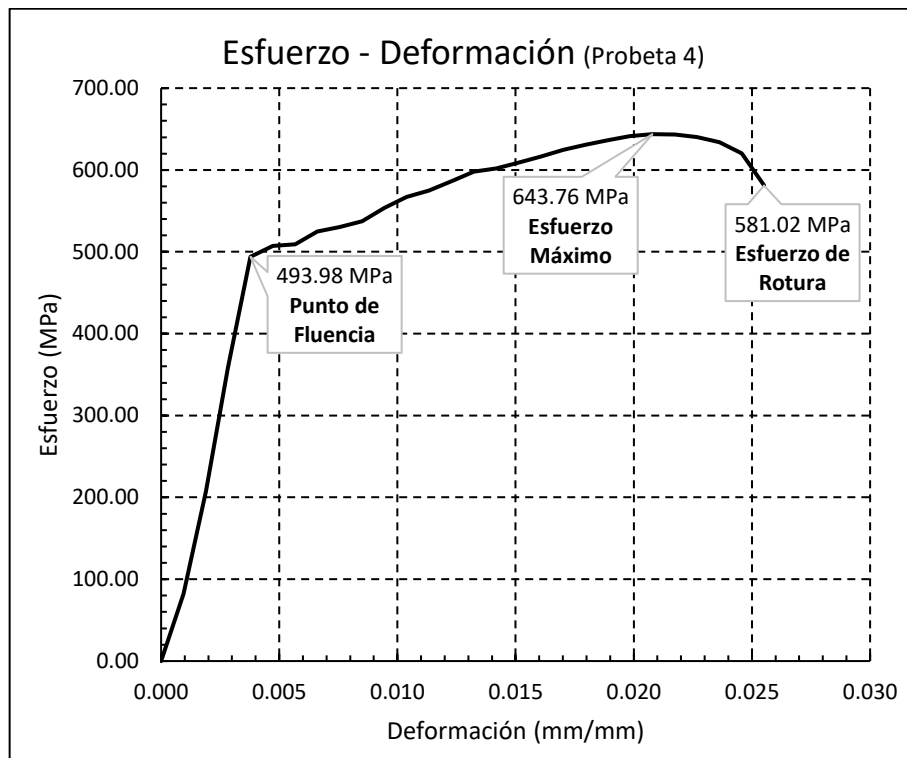


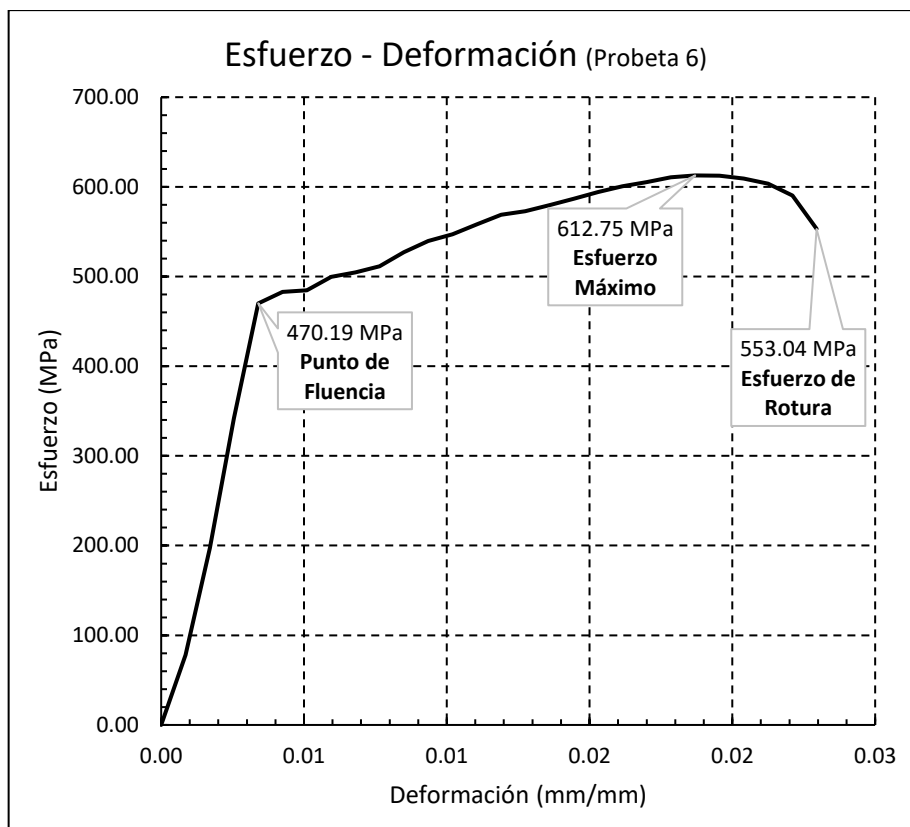
ANEXO VIII: Curva de esfuerzo - deformación de las varillas de 12 mm





ANEXO IX: Curva de esfuerzo - deformación de las varillas de 14 mm





ANEXO X: Curva de esfuerzo - deformación de las varillas de 16 mm

