



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO DE PUNO
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA,
ELECTRÓNICA Y SISTEMAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA
ELÉCTRICA



**ANÁLISIS EXPERIMENTAL EN PERNOS ESTRUCTURALES
COMERCIALES SOMETIDOS A ESFUERZOS DE TRACCIÓN,
MEDIANTE EL DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN EQUIPO DE
MEDICIÓN BAJO LA NORMA ASTM F606**

TESIS

PRESENTADA POR:

Bach. CARLOS JAEN LIMACHI RAMOS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

PUNO – PERÚ

2020



DEDICATORIA

A mis hijos JAEN ALBERT y LIAM NICOLA, que con su amor incondicional y sola presencia me inspiran a seguir adelante, quienes me hicieron entender que pese a las adversidades siempre se tiene un motivo para sobresalir y no rendirse, entender que con mis pasos encamino los suyos, los quiero mucho. Son los motores que impulsan mi existencia entrelazado este amor filial con un acero indeformable. *Ustedes son mi principal motivación.*

Carlos Jaen



AGRADECIMIENTOS

A mis padres FELIPE MARIANO y CARMELA FLORA, quienes vieron dar mis primeros pasos y crecer, quienes comprendieron mis errores y magnificaron mis virtudes, educándome con valores, apoyándome en todo momento incondicionalmente, por eso y muchas cosas más les estaré eternamente agradecidos.

A mis Docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica, quienes con su conocimiento y disciplina me formaron profesionalmente e instigaron a realizar esta tesis, exhortando a continuar con estudios de post grado.

A mis compañeros y amigos de estudio, esperando que todos nosotros lleguemos a estas instancias y continuemos desarrollándonos profesionalmente.

Carlos Jaen



ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTOS

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

ÍNDICE DE ANEXOS

RESUMEN..... 12

ABSTRACT..... 13

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 16

1.1.1. Descripción del problema 16

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA..... 16

1.2.1. Problema general 16

1.2.2. Problemas específicos 17

1.3. JUSTIFICACIÓN..... 17

1.3.1. Justificación técnica 17

1.3.2. Justificación científica 17

1.3.3. Justificación económica 17

1.3.4. Justificación social 18

1.4. OBJETIVOS 18

1.4.1. Objetivo general..... 18

1.4.2. Objetivos específicos 18

CAPITULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN..... 19

2.2. MARCO TEÓRICO..... 21

2.2.1. Sistema de unidades 21

2.2.2. Esfuerzo 22

2.2.3. Deformación 23



2.2.4. Ensayo de tracción	24
2.2.5. Valores de propiedades mecánicas obtenidos del ensayo de tracción	27
2.2.6. Esfuerzo real y deformación real	31
2.2.7. Punto y resistencia de fluencia.....	33
2.2.8. Propiedades de los fluidos	34
2.2.8.1. Mecánica de los fluidos e hidráulica.....	34
2.2.8.2. Definición de fluido	35
2.2.9. Perno	36
2.2.9.1. Partes de un Perno.....	37
2.2.10. Características de las roscas estandar para pernos.....	39
2.2.11. Acero.....	57
2.2.12. Norma ASTM F606	59
2.2.13. Norma SAE J429	61
2.3. HIPÓTESIS.....	63
2.3.1. Hipótesis general.....	63
2.3.2. Hipotesis específicas	63
2.4. VARIABLES	64
2.4.1. Variable independiente	64
2.4.2. Variables dependientes	64
CAPITULO III	
MATERIALES Y MÉTODOS	
3.1. TIPO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	65
3.1.1. Tipo de investigación	65
3.1.2. Diseño de la investigación	65
3.2. COMPONENTE DE LA INVESTIGACIÓN	66
3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA DE LA INVESTIGACIÓN	66
3.3.1. Población de la investigación.....	66
3.3.2. Muestra de la investigación	67
3.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA RECOLECTAR LA INFORMACIÓN	67
3.5. DISEÑO DEL EQUIPO DE ENSAYO DE TRACCION	67
3.5.1. Diseño de la estructura soporte	67
3.5.1.1. Plataforma inferior	68
3.5.1.2. Estructura intermedia.....	69



3.5.1.3. Parte superior móvil del equipo.....	70
3.5.1.4. Mordaza	70
3.5.2. Sistema hidráulico.....	71
3.5.3. Proceso de ensamble mediante soldadura.....	73
3.5.4. Equipos y materiales utilizados	76
3.5.4.1. Materiales utilizados	76
3.5.4.2. Equipos utilizados.....	76
3.6. ENSAYO DE TRACCIÓN DE LOS PERNOS	77
3.6.1. Cálculo de los esfuerzos.....	77
3.6.2. Resultados obtenidos	80
3.6.3. Cálculo de las propiedades mecánicas de los pernos.....	80
CAPÍTULO IV	
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	
V. CONCLUSIONES.....	99
VI. RECOMENDACIONES	100
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	101
ANEXOS	103

Área : Mecánica.

Tema : Esfuerzos y deformación en pernos.

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 17 de enero del 2020



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 2.1: Máquina moderna para ensayos de tracción.	25
Figura N° 2.2: Esquema de ensayos de tracción.	26
Figura N° 2.3: Ejemplo de la forma geométrica de la probeta.	26
Figura N° 2.4: Esquema esfuerzo-deformación del acero.	26
Figura N° 2.5: Cálculo del módulo de elasticidad o Young.	28
Figura N° 2.6: Parte lineal del diagrama para determinar el límite elástico.	29
Figura N° 2.7: Punto y resistencia de fluencia.	34
Figura N° 2. 8: Formas de uso del perno y tornillo.	38
Figura N° 2. 9: Algunas aplicaciones de los pernos.	39
Figura N° 2. 10: Forma y dimensiones de roscas unificadas y métricas ISO.	40
Figura N° 2. 11: Roscas basta y fina.	42
Figura N° 2. 12: Marcas en las cabezas de los pernos grados SAE y métricos.	46
Figura N° 2. 13: Unión de tuberías mediante bridas y pernos.	47
Figura N° 2. 14: Diagrama de cuerpo libre del detalle de unión con brida.	48
Figura N° 2. 15: Diagrama Fuerza – Deformación del perno y de las partes a unir. ..	50
Figura N° 2. 16: Fuerzas y deformación en el perno y las partes a unir.	51
Figura N° 2. 17: Juntas con pernos roscados total o parcialmente.	54
Figura N° 2.18: Cortante en los filetes de una rosca.	55
Figura N° 2. 19: Área de la raíz de un filete de un perno sometida a cortante.	56
Figura N° 2. 20: Prueba de tensión del perno de tamaño completo (config. típica). ..	60
Figura N° 2. 21: Determinación de la extensión total en fractura (AL).	61
Figura N° 2. 22: Marcas de identificación de grado.	62
Figura N° 2. 23: Marcas de identificación de grado.	63
Figura N° 3. 1: Equipo de ensayo ensamblado.	68
Figura N° 3. 2: Elementos a ensamblar en los soportes inferiores.	68
Figura N° 3.3: Estructura ensamblada en soporte inferior.	69
Figura N° 3. 4: Vista Plataforma inferior instalando la columna circular.	69
Figura N° 3. 5: Vista de la estructura con su soporte superior.	70



Figura N° 3. 6: Mordazas de sujeción del perno.....	71
Figura N° 3. 7: Esquema del sistema hidráulico.....	72
Figura N° 3. 8: Sistema hidráulico.....	72
Figura N° 3.9: Montaje del Sistema Hidráulico.....	73
Figura N° 3.10: Equipo de ensayo de tracción.....	75
Figura N° 3.11: Diagrama de cuerpo libre.....	78
Figura N° 4.1: Diagrama esfuerzo – deformación perno IDIPSA ensayo 1.....	93
Figura N° 4.3: Diagrama esfuerzo – deformación perno IDIPSA ensayo 3.....	94
Figura N° 4.4: Diagrama esfuerzo – deformación perno CORONA ensayo 1.....	94
Figura N° 4.5: Diagrama esfuerzo – deformación perno CORONA ensayo 2.....	95
Figura N° 4.6: Diagrama esfuerzo – deformación perno CORONA ensayo 3.....	95
Figura N° 4.7: Diagrama esfuerzo – deformación perno DINA FASTER ensayo 1..	96
Figura N° 4.8: Diagrama esfuerzo – deformación perno DINA FASTER ensayo 2..	96
Figura N° 4.9: Diagrama esfuerzo – deformación perno DINA FASTER ensayo 3..	97
Figura N° 4.10: Diagrama esfuerzo – deformación perno INFASCO ensayo 1.....	97
Figura N° 4.11: Diagrama esfuerzo – deformación perno INFASCO ensayo 2.....	98
Figura N° 4.12: diagrama esfuerzo – deformación perno INFASCO ensayo 3.....	98



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 2.1: Cantidades físicas y sus unidades.....	21
Tabla N° 2.2: Cantidades básicas en el sistema de unidades.	22
Tabla N° 2.3: Cantidades básicas en el sistema métrico de unidades SI.	22
Tabla N° 2.4: Dimensiones de roscas unificadas (UNS), roscas bastas (UNC) y finas (UNF).	43
Tabla N° 2.5: Dimensiones de roscas métricas ISO, serie de pasos bastos y finos..	44
Tabla N° 2.6: Especificaciones SAE para pernos UNS de acero.....	46
Tabla N° 2.7: Coeficientes μ y μ_s para roscas estándar.....	57
Tabla N° 3.1: Técnicas e instrumentos para recolección de datos.....	67
Tabla N° 3. 2: Correlación de las nmx y ASTM de aceros estructurales.	74
Tabla N° 3.3: Resistencia de uniones soldadas.....	74
Tabla N° 3.4: Lista de materiales.....	76
Tabla N° 3.5: Dimensiones de los pernos en experimentación.	77
Tabla N° 3.6: Tabla de resultados.....	80
Tabla N° 3.7: resultados del módulo de elasticidad.....	81
Tabla N° 3.8: interpolación lineal.....	82
Tabla N° 3.9: resultados del límite elástico.....	83
Tabla N° 3.10: Resultados del porcentaje de alargamiento.	84
Tabla N° 3.11: Resultados del porcentaje de estricción.	85
Tabla N° 3.12: resultados del esfuerzo máximo real.....	86
Tabla N° 3.13: Resultados del esfuerzo de ruptura real.....	87
Tabla N° 3.14: Resultados de la deformación real.	88
Tabla N° 4.1: Tabla de resultados teóricos vs prácticos.	89
Tabla N° 4.2: Cálculo del error en las mediciones de esfuerzo máximo.	91
Tabla N° 4.3: Cálculo del error en las mediciones de esfuerzo de fluencia.	91
Tabla N° 4.4: Cálculo del error en las mediciones de Esfuerzo de ruptura.	92



ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

ASTM: American Society for Testing and Materials.

ISO: International Organization for Standardization.

ANSI: American National Standards Institute.

ASA: American Standards Association.

SAE: Society of Automotive Engineers.

DIN: Deutsches Institut für Normung.

UNS: Unified National Standard.

UNC: Unified National Standard (grueso).

UNF: Unified National Fine.

PSI: Pounds-force per square inch.



ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1. Planos	103
ANEXO 1A. Plano detalle de planchas	103
ANEXO 1B. Plano detalle perfiles	104
ANEXO 1C. Plano detalle estructura superior	105
ANEXO 1D. Plano planchas de la base de la estructura	106
ANEXO 1E. Plano de vistas planta, lateral, frontal e isométrico	107
ANEXO 2. Normas ASTM F606 y SAE J429.....	108
ANEXO 2A. Norma ASTM F606	108
ANEXO 2B. Norma ASTM F606 (Medición de tracción).....	109
ANEXO 2C. Norma ASTM F606 (Límite de fluencia).....	110
ANEXO 2D. Norma SAE J429.....	111
ANEXO 2C. NORMA SAE J429 (LÍMITES PERMISIBLES)	112
ANEXO 3. Certificación de calidad	113
ANEXO 3A. Certificación de calidad “INFASCO”	113
ANEXO 4. Fotografías	114
ANEXO 4A Oxicorte.....	114
ANEXO 4B Equipo de medición paso de pintura base	114
ANEXO 4C Equipo de medición pintado y ensambladoanexo 4d equipo de ensayo de tracción.....	115
ANEXO 4E Ensayos realizados pernos INFASCO	117
ANEXO 4F Ensayos realizados pernos CORONA	117
ANEXO 4G Ensayos realizados pernos DINA FASTER.....	118
ANEXO 4H Ensayos realizados pernos IDIPSA.....	118
ANEXO 5. Fichas técnicas	119
ANEXO 5A Ficha tecnica del material de aporte (electrodo)	119
ANEXO 5B Ficha tecnica descripción del material de aporte (electrodo)	120
ANEXO 5C Ficha tecnica de perfiles de acero.....	121
ANEXO 5D Ficha tecnica de la plancha estructural.....	122
ANEXO 5E Ficha tecnica del gato hidráulico 32 ton.....	123
ANEXO 5F Ficha tecnica del manómetro	124



RESUMEN

El perno es un elemento importante para la sujeción de estructuras o máquinas y su función consiste en unir elementos mediante un par de torsión, apriete o momento flector, este elemento proporciona la ventaja de poder unir y desunir con relativa facilidad los elementos, generalmente se componen de materiales metálicos en aleación de bajo carbono y aleaciones especiales, como cualquier elemento mecánico en uso, los pernos llegan a presentar fallas las cuales se encuentran referidas principalmente; material, manufactura, diseño y/o condiciones de operación. El presente análisis experimental tiene como finalidad; el estudio del comportamiento de los pernos estructurales, los mismos que serán sometidos a esfuerzos de tracción hasta el punto de ruptura, seleccionando los pernos de grado 8 cuyas dimensiones son $\frac{1}{2} \times 3''$ de cuatro fabricantes diferentes adquiridos en el mercado local. Para el estudio se efectuó el diseño y construcción de un equipo de medición de tracción con un sistema (hidráulico – mecánico) construido bajo la norma ASTM F606 con una fuerza y esfuerzo de diseño para el equipo $f = 29\ 500\ lbf$; $\sigma = 150\ 000\ psi$ elaborado a base de estructuras metálicas. Los ensayos de tracción realizados en el equipo, permiten obtener datos experimentales para la investigación, que son los esfuerzos máximos y de ruptura de los pernos, siendo estos evaluados bajo las propiedades mecánicas de la norma SAE J429 y si estos cumplen con las especificaciones y requisitos de prueba de calidad del material, con estos resultados se determina los errores relativos y absolutos de los pernos de cada fabricante.

Palabras Clave: Ensayo de tracción, Pernos, Esfuerzos máximos, Ruptura.



ABSTRACT

The bolt is an important element for the fastening of structures or machines and its function consists of joining elements by means of a torque, tightening or bending moment, this element provides the advantage of being able to join and detach the elements with relative ease, generally they consist of metallic materials in low carbon alloy and special alloys, like any mechanical element in use, the bolts affected to present failures which are mainly referred to; material, manufacturing, design and/or operating conditions. The present experimental analysis is intended; The study of the behavior of the structural bolts, the same that will be some tensile stresses to the point of rupture, selecting the bolts of grade 8 dimensions are $\frac{1}{2} \times 3$ " from four different manufacturers acquired in the local market. For the study, the design and construction of a tensile measuring device with a system (hydraulic - mechanical) built under the ASTM F606 standard with a design force and effort for the equipment $f = 29,500$ lbf; $\sigma = 150,000$ psi made from metal structures. The tensile tests carried out on the equipment, obtaining experimental data for the investigation, which are the maximum and breaking efforts of the bolts, these being evaluated under the mechanical properties of SAE J429 and if they have problems with the requirements and requirements of material quality test, with these results the related and absolute errors of the bolts of each manufacturer are determined.

Keywords: Tensile test, bolts, maximum stresses, rupture.



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

Los pernos son elementos de sujeción de mayor uso en las máquinas y sistemas, superficies que se encuentran ensambladas y permiten el enlace de diferentes barras y son capaces de transmitir adecuadamente los esfuerzos internos de unas barras a otras (elementos unidos por pernos), estos elementos poseen filetes enrollados de forma helicoidal sobre una superficie cilíndrica para unir o juntar más partes estructurales. Los pernos se usan en estructuras, maquinas herramientas, vehículos, prensas, equipos de elevación entre otros los cuales en muchos casos son sometidos a cargas variables combinadas, siendo esta evaluación de teoría por fatiga. Un perno debe fallar en el núcleo en los filetes, teniendo en cuenta el diámetro exterior de los pernos, como también el número de filetes que está en contacto con la tuerca.

La norma ASTM F606, sugiere métodos de ensayos para determinar las propiedades mecánicas de los elementos de sujeción externa como internamente roscadas en tensión directa (tracción). La misma que se utilizarán de base para el desarrollo de un equipo de medición que tendrá un sistema (hidráulico – mecánico) con una fuerza y esfuerzo de diseño para el equipo $f = 29\ 500\ lbf$; $\sigma = 150\ 000\ psi$, la cual será construido acorde a las estructuras metálicas utilizando fundamentos de la soldadura y selección de materiales, la cual nos permita realizar experimentalmente pruebas tensionales (tracción), resultados que serán evaluados para la elaboración de gráficos y datos estadísticos.

Los ensayos de tracción realizados en este equipo se obtendrán datos experimentales para la investigación, donde obtendremos los esfuerzos máximos y de ruptura de los pernos, siendo estos evaluados bajo las propiedades mecánicas de la norma



SAE J429 y si estos cumplen con las especificaciones y requisitos de prueba de calidad del material.

El desarrollo de esta primera parte del proyecto alude a la problemática en las fallas de los pernos y la llegada al mercado local de materiales de procedencia china, las cuales carecen de certificación de calidad de sus productos y desdican sobre la calidad de los mismos descritos en los antecedentes, la justificación de este proyecto y objetivos.

En la segunda parte se enfoca los aspectos teóricos generales de los materiales y ensayos en esta investigación, conceptos y características fundamentales de los pernos, fundamentos hidráulicos de consideración del equipo de medición, normas internacionales de métodos de pruebas y especificación de las propiedades mecánicas de los pernos, hipótesis y variables.

En esta tercera parte se refiere al planteamiento metodológico del análisis experimental, desarrollo del diseño y construcción del equipo de medición de tracción e instrumentos utilizados, toma de datos experimentales mediante ensayos destructivos de tracción realizados en pernos bajo la norma ASTM F606 y estos evaluados bajo las propiedades mecánicas de la norma SAE J429.

En esta cuarta parte daremos a conocer el análisis e interpretación de resultados de la investigación, habiéndose realizado los ensayos destructivos descritos en el capítulo anterior.

Con estos resultados obtendremos la resistencia máxima y esfuerzo de ruptura ($\frac{lb}{in^2}$). Considerando las limitaciones del equipo de medición de tracción y comprendiendo los fundamentos teóricos de los aceros y los pernos podemos dar a conocer una aproximación del esfuerzo de fluencia.



1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

En la Ingeniería Mecánica, en el diseño de estructuras metálicas se usa la soldadura y elementos de fijación para la construcción de coberturas metálicas o piezas que requieren alta resistencia en su estructura, los usos de los pernos estructurales son adecuados debido a su fácil y rápido montaje, desmontaje y mantenimiento.

No hay estructura segura, si las uniones entre sus miembros no se comportan apropiadamente, en especial en las zonas de cargas laterales que son significativas. Por eso es tan importante calcular y detallar dichas conexiones, ya que en el momento de un sismo (carga lateral) o fuerzas externas significativas ejercerían un incremento de esfuerzo en las zonas críticas de la estructura y esas conexiones probablemente presentarían fallas importantes y de consideración, obteniendo con ello daños estructurales.

En esta investigación se estudió el comportamiento de los pernos estructurales realizando el diagrama de esfuerzo – deformación, a fin de realizar un análisis sobre los esfuerzos máximos permisibles, límite de fluencia y esfuerzos de ruptura en los pernos, para así evitar posibles fallas de diseño, mecánicas o por fatiga en los elementos fijados.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. PROBLEMA GENERAL

¿Cómo realizar el diseño y construcción de un equipo de medición bajo la norma ASTM F606 y analizar experimentalmente esfuerzos de tracción en pernos estructurales comerciales?



1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS

- ✓ ¿Cómo realizar el diseño y construcción de un equipo de medición de esfuerzos de tracción bajo la norma ASTM F606?
- ✓ ¿Cómo realizar ensayos experimentales de tracción en pernos obteniendo la gráfica Esfuerzo-Deformación?
- ✓ ¿Cómo analizar el comportamiento de los pernos estructurales evaluando resistencia máxima y esfuerzo de ruptura?

1.3. JUSTIFICACIÓN

1.3.1. JUSTIFICACIÓN TÉCNICA

Se realizará el diseño y construcción de un equipo de medición bajo las características de la norma ASTM F606, para la obtención de datos técnicos experimentales del comportamiento mecánico (esfuerzos de tracción) de los pernos grado 8.

1.3.2. JUSTIFICACIÓN CIENTÍFICA

Se efectuarán ensayos destructivos, realizando esfuerzos de tracción en pernos, a fin de que los resultados obtenidos sean evaluados bajo las propiedades mecánicas de la norma SAE J429.

1.3.3. JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA

Actualmente la adquisición de equipos de medición tensional importados con certificación de calidad, son muy costosos e incluso la operación de los mismos requiere de un personal técnico capacitado, el equipo de medición construido es de operación manual y fácil funcionamiento.



1.3.4. JUSTIFICACIÓN SOCIAL

La información de los datos experimentales obtenidos de ensayos en el equipo de medición de tracción en pernos, situará una base de datos los cuales serán de consideración para la sociedad y consideraciones de diseño.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. OBJETIVO GENERAL

Realizar un estudio y análisis experimental en pernos estructurales comerciales sometidos a esfuerzos de tracción, mediante el diseño y construcción de un equipo de medición bajo la norma ASTM F606.

1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Realizar el diseño y construcción de un equipo de medición de esfuerzos de tracción bajo la norma ASTM F606.
- ✓ Realizar ensayos experimentales de tracción en pernos estructurales obteniendo la gráfica Esfuerzo-Deformación.
- ✓ Analizar el comportamiento mecánico de los pernos estructurales evaluando el esfuerzo de tracción máximo y ruptura, obteniendo los errores relativos y absolutos.



CAPITULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

A continuación, se detallará diferentes estudios que guardan similitud con la tesis presentada.

Peña & Cortes (Colombia - 2018), en su tesis titulada “Análisis de falla en Pernos de Acero”, con el objetivo de presentar el análisis de dos pernos situados en una tolva de pesaje que fijaban una celda ARC, en la planta de GERFOR SAS. Donde los pernos fueron llevados al laboratorio de metales y estuvo bajo tratamiento, para realizar un estudio de fractura presentando una fractura transversal. Se realizó un corte transversal, se pule con diferentes calibres de lija y se realizó un ataque químico con Nital al 10 % para una preparación metalográfica en una sección longitudinal mediante un microscopio óptico a un aumento de imagen de 100x, 200x, 500x, 1000x, por otra parte, se realizó ensayos de durezas central, externa y lateral en escala rockwell, esto se realiza con el fin de identificar el tipo de fractura y el acero, Siendo una investigación de tipo descriptiva, donde finalmente se concluye que la fractura por fatiga en el interior del perno y marcas de playa donde se inició la falla y se produjo la fractura.

Vega (Perú - 2013), en su tesis titulada “Análisis de Falla en Pernos de Bombas KSB de 800HP”, con el objetivo de detectar las causas de las fallas en los componentes que puedan originar las paradas y contingencias de las bombas que están en operación, con la finalidad de reducir el riesgo que implica. La razón por la cual se elige por su alta inferencia en paradas del conjunto de equipos, donde fueron seleccionados el perno que esta roscado en los extremos del eje de la bomba y el cual sujeta al impulsor de esta.



Siendo una investigación de tipo descriptiva, donde finalmente se concluye que la unidad cuenta con un sistema de bombeo de aguas, que va desde el interior de mina el cual es primordial drenar el agua en sus labores. El entorno hace que tenga alta exigencia en los equipos ocasionando fallas, paradas de operación en reiteradas ocasiones, maneja un alto riesgo de inundación en la mina, pudiendo ocasionar cuantiosas pérdidas humanas, pérdidas materiales y una paralización continua de procesos en la mina, además esto podría significar altos costos en los diversos mantenimientos.

Zavala (México - 1985), en su tesis titulada “Tema de Tornillos”, con el objetivo es analizar el comportamiento mecánico de los tornillos en varias formas de aplicación, así como seleccionar y especificar el más adecuado para un diseño en particular deseado. Siendo una investigación de tipo descriptiva, donde finalmente se concluye que las tuercas y pernos son usando de manera amplia, para ensamblar componentes mecánicos que proveen una alta fuerza de sujeción entre un conjunto de estructuras sólidas, su basta frecuencia de uso tiende a motivar un estudio muy detallado y minucioso para los ingenieros de diseño.

Fuentes (México - 1982), en su tesis titulada “Ensayos Mecánicos en Metales”, con el objetivo de hacer estudios preliminares, ya sean experimentales, el diseño y construcción de nuevas estructuras mecánicas y la aplicación de un ensayo para el control de los procesos de manufactura y construcción. Siendo una investigación de tipo descriptiva, donde finalmente se concluye que es significativo el desarrollo técnico experimental para aquellas que tratan con máquinas y estructuras, donde estas conciernen principalmente a los materiales, los cuales sus propiedades deben ser principalmente determinados con ensayos para la posterior producción masiva satisfactoria, Culminando

con una inspección y control de la calidad el cual implica el básicamente el ensayo y un muestreo respectivamente.

2.2. MARCO TEÓRICO

2.2.1. SISTEMA DE UNIDADES

Los cálculos requeridos para la elaboración y aplicación de esta tesis, implican la manipulación de varios conjuntos de unidades.

Tabla N° 2.1: Cantidades físicas y sus unidades.

Cantidad	Símbolo	Unidad	Abreviatura
Longitud	l	Pulgada, Metro	$pu\ lg, m$
Longitud de onda	λ	Metro	m
Masa	m	Kilogramo	kg
Tiempo	t	segundo	s
Temperatura	T	Grado Celsius, grado Fahrenheit, kelvin	$^{\circ}C, ^{\circ}F, K$
Frecuencia	ν	Hertz	$Hz [S^{-1}]$
Fuerza	F	Newton	$N [kg \square m \square s^{-2}]$
Esfuerzo	σ	Pascal	$Pa [N \square m^{-2}]$
Tosión	τ	Libras por pulgada cuadrada	$lb/in^2, psi$
Energía, Trabajo Cantidad de calor	J	Joule	$J [N \square m]$
Potencia	W	Watt	$W [J \square s^{-1}]$
Flujo de Corriente	i	Ampere	A
Carga Eléctrica	q	Coulomb	$C [A \square s]$
Diferencia de Potencial, Fuerza electromotriz	V, E	Volt	V
Resistencia Eléctrica	R	Ohm	$\Omega [V \square A^{-1}]$

Fuente: Adaptado– W. F. Smith – (2006), quinta edición, pg. 127

Tabla N° 2.2: Cantidades básicas en el sistema de unidades.

Cantidad	Unidad US	Otras Unidades US
Longitud	Pie (ft)	Pulgada (in)
Tiempo	Segundo (s)	Minuto (min), hora (h)
Fuerza	Libra (lb)	Kip*
Masa	(Slug)	Lb/s ² /ft
Temperatura	Grados (°C)	Fahrenheit
Angulo	Grados (grad)	Radian (rad)
*1.0 kip =1000 libras. El nombre deriva del término kilo-libra		

Fuente: Adaptado resistencia de materiales – Robert L. Mott – (2008)

Tabla N° 2.3: Cantidades básicas en el sistema métrico de unidades SI.

Cantidad	Unidad SI	Otras Unidades Métricas
Longitud	Metro (m)	milímetro (mm)
Tiempo	Segundo (s)	Minuto (min), hora (h)
Fuerza	Newton (N)	$kg \cdot m / s^2$
Masa	Kilogramo (Kg)	$N \cdot s^2 / m$
Temperatura	Kelvin (K)	Grados Celsius (°C)
Ángulo	Radian (rad)	Grados (grad)

Fuente: Adaptado resistencia de materiales – Robert L. Mott – (2008)

2.2.2. ESFUERZO

Según Fuentes (1982), el esfuerzo es la medida de la carga interna en un material. En el cual, si el esfuerzo en un cuerpo fabricado de cierto material específico se mantiene por debajo de un valor determinado, cuerpo mantendrá su forma, en tanto que, si el esfuerzo excede el valor límite, el material fallará en algún

punto. Los esfuerzos normales, de tensión y de compresión. El esfuerzo normal de tensión se produce por una fuerza que actúa distanciándose de la sección transversal, es decir por una fuerza de estiramiento. El esfuerzo de compresión produce una fuerza que actúa a la sección transversal, como una fuerza de empuje, se define:

$$\sigma = \frac{F}{A_0} \quad (2.1)$$

Donde:

$$\sigma = \text{esfuerzo (Lb/pulg}^2 \text{ o N/m}^2)$$

$$F = \text{fuerza de la tracción uniaxial (N o Kg*m/s}^2)$$

$$A_0 = \text{área de la sección transversal inicial (m}^2)$$

$$\sigma = E\varepsilon \quad (2.2)$$

Donde:

$$\sigma = \text{esfuerzo (Lb/pulg}^2 \text{ o N/m}^2)$$

$$E = 30 * 10^6 \text{ o } 207G \text{ (psi o Pa)}$$

$$\varepsilon = \text{deformación (pulg/pulg o m/m)}$$

2.2.3. DEFORMACIÓN

La función primera de un miembro estructural es la de resistir cargas. Cuando se aplican fuerzas de cualquier tipo a un elemento, éste siempre sufre cambios en su dimensión. Un cambio de dimensión se llama *deformación total*¹ y se representa con una letra e . Una deformación total que corresponde a un aumento de longitud se denomina alargamiento, y lo que equivale a una reducción de longitud recibe el nombre de acortamiento. *Deformación convencional*, es una relación entre el cambio y longitud de una muestra con la dirección que aplica la fuerza y la longitud original de la muestra considerada.

$$\varepsilon = \frac{l-l_0}{l_0} = \frac{\Delta l}{l_0} \quad (2.3)$$

Donde:

ε = deformación convencional (pulg/pulg o m/m)

l = longitud después del ensayo de tracción (pulg o m)

l_0 = longitud inicial (pulg o m)

Δl = variación de la longitud (pulg o m)

2.2.4. ENSAYO DE TRACCIÓN

Según Fuentes (1982), el ensayo de tracción evalúa la resistencia en los metales. El ensayo usa muestras de metálicas que busca estirar a una velocidad constante hasta fracturar la muestra, ocurre en tiempo corto. La figura 2.1 es una fotografía de una máquina moderna de ensayos de materiales para realizar ensayos de tracción.

Según William F. Smith (2014), la fuerza (carga) que actúa sobre una muestra sometida a ensayo se dibuja en el registrador mediante el desplazamiento del papel de registro mientras que la deformación correspondiente se obtiene de la señal generada por un extensómetro extremo sujeto a la muestra y también se dibuja en el papel de registro. El tipo de probeta utilizado en los ensayos de tracción varía en forma considerable. En metales de sección transversal gruesa, como placas, normalmente se utilizan probetas de 0.50 pulgadas de diámetro. En metales de sección transversal más delgadas, como chapas, se utilizan probetas planas. La probeta más utilizada para ensayos de tracción tiene una longitud entre marcas de 2 pulgadas.

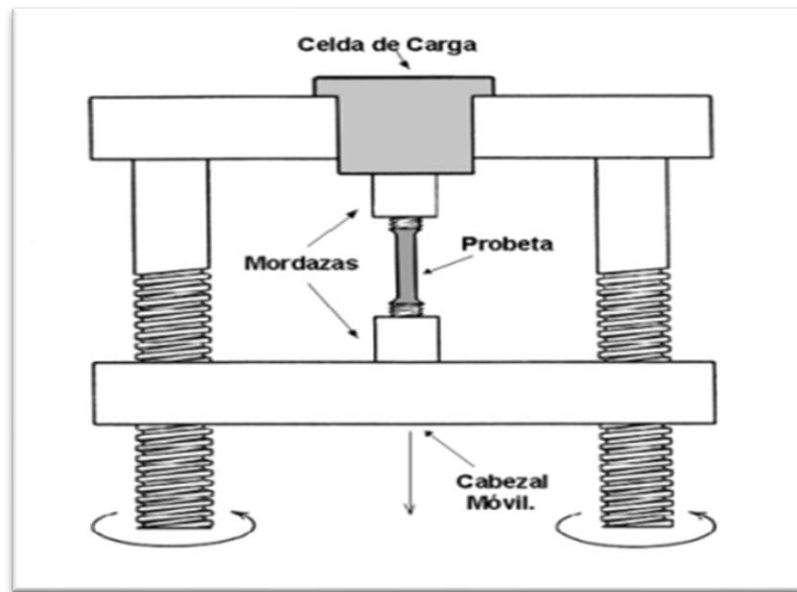
Figura N° 2.1: Máquina moderna para ensayos de tracción.



*Fuente: Máquinas universales de ensayos electromecánicos modelos MTE-100/200/300
– TECHLAB SISTEMAS S. L.*

Los tipos de muestra usado en los ensayos de tracción, varían en forma y tamaño. En los metales con sección transversal gruesa, como placas, normalmente se utilizan muestras de 0.500 pulgadas de diámetro (figura 2.3).

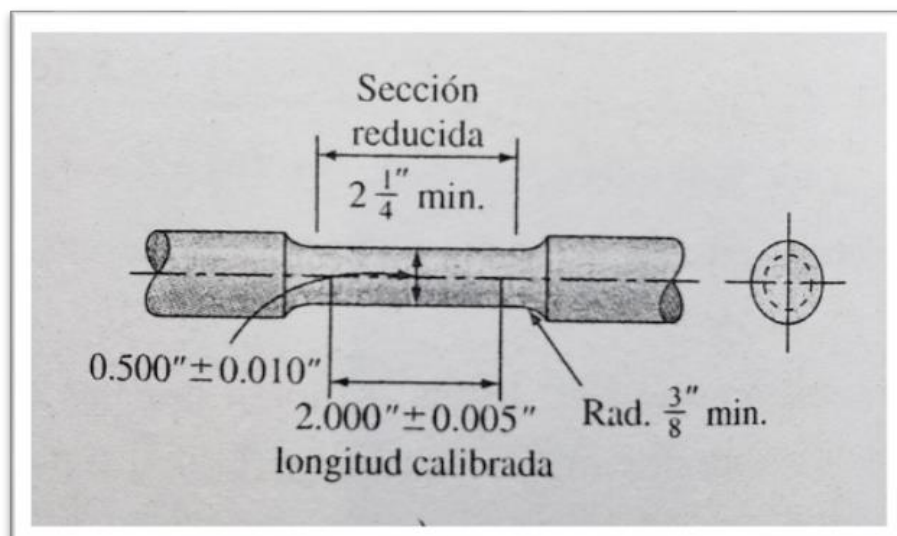
Figura N° 2.2: Esquema de ensayos de tracción.



Fuente: Fundamentos de la Ciencia e Ingeniería de Materiales – W. F. Smith (2006), quinta edición, pg. 163, fig. 6.17.

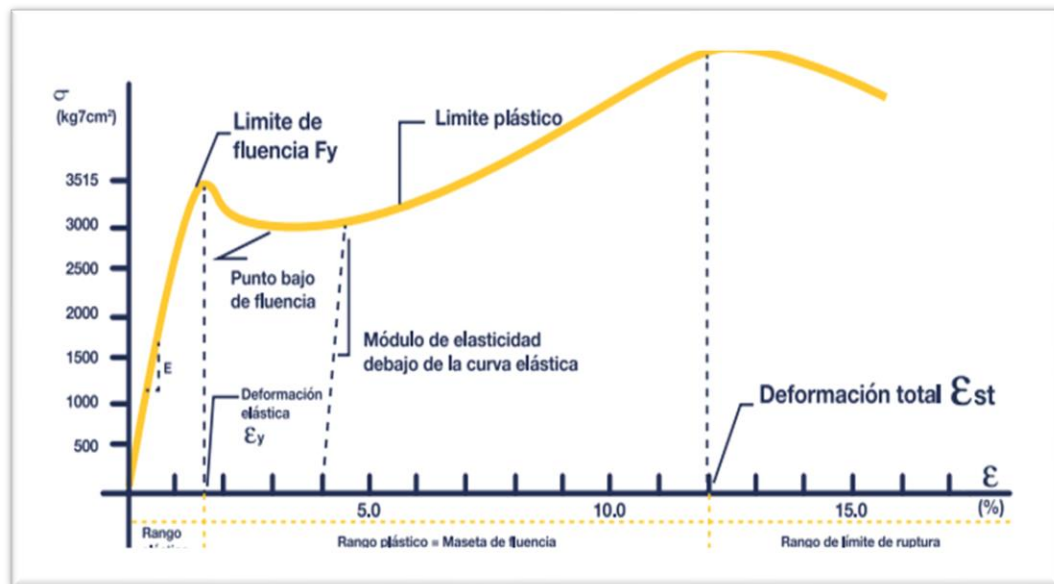
Los datos de fuerza con indica el grafico del equipo de ensayo se pueden convierten en valores de tensión convencional y construir un diagrama de tensión convencional – deformación convencional o diagrama convencional ilustrado en la figura 2.4.

Figura N° 2.3: Ejemplo de la forma geométrica de la probeta.



Fuente: Fundamentos de la Ciencia e Ingeniería de Materiales – W. F. Smith – (2006), quinta edición, pg. 164, fig. 6.19.

Figura N° 2.4: Esquema esfuerzo-deformación del acero.



Fuente: Gerdau Corsa (2018)

2.2.5. VALORES DE PROPIEDADES MECÁNICAS OBTENIDOS DEL ENSAYO DE TRACCIÓN

La propiedad mecánica del metal tiene bastante interés para el diseño estructural en la ingeniería, se obtienen con el ensayo de tracción, estas son:

- **Módulo de Elasticidad o Módulo de Young (E)**

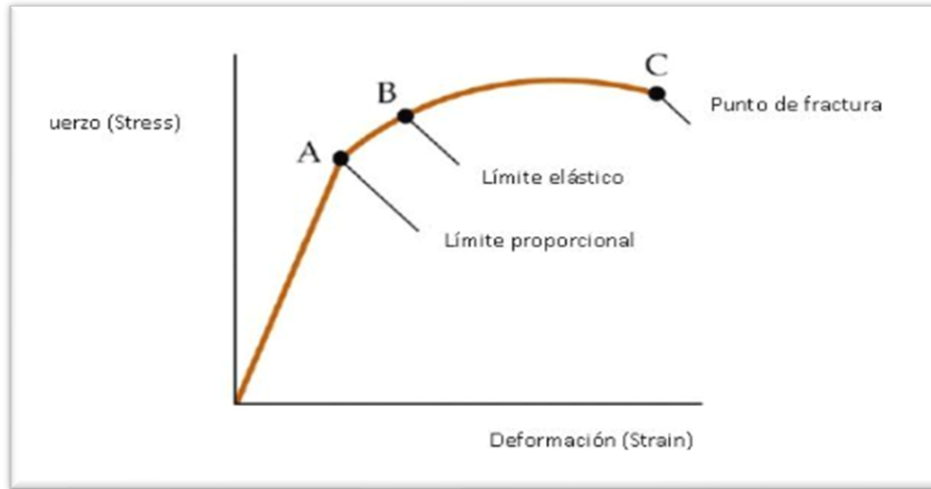
Según Ramírez (2000), el valor constante de cada material se expresa en Newton/metro cuadrado o pascal (N/m² o Pa). Es la proporción entre fuerza y la deformación del material, resultara ser la pendiente de la recta en la zona elástica figura 2.4, los metales con alto módulo de elasticidad y son relativamente rígidos, los aceros; tienen un alto valor de módulos de 30×10^6 psi (207 Gpa), (incluye a los aceros grado 8).

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon} = \frac{F/A_0}{\Delta l/l_0} \quad (2.4)$$

Donde:

$E = \text{Módulo de elasticidad o Young (Lb/pulg}^2, \text{N/m}^2 \text{ o Pa)}$

Figura N° 2.5: Cálculo del módulo de elasticidad o Young.

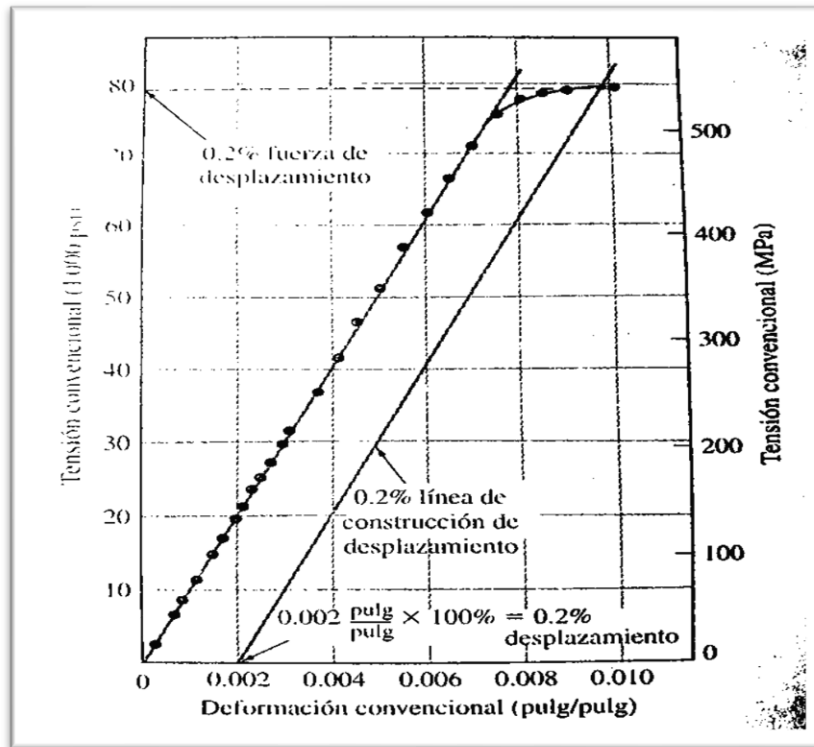


Fuente: Adaptado Fanny Zapata (2017).

- **Límite Elástico**

Según Ramírez (2000), es un valor significativo para el diseño estructural, indica el nivel de tensión límite en el cual el material no recupera completamente su forma original al ser depositada la fuerza a la que se somete, sino que queda una deformación residual llamada de formación permanente σ_p . Se podrá entender que la tensión máxima en un material elástico soportará sin sufrir deformaciones permanentes. Es 0.2% el límite elástico convencional esto se determina a partir del diagrama, se ve en la figura 6, se traza una línea paralela en la zona elástica (lineal) con una deformación de 0.002 pulg/pulg o m/m, obteniéndose el valor de 78000 psi, es necesario puntualizar que el valor 0.2 por ciento es arbitrario y puede determinarse el límite elástico para cualquier valor de deformación.

Figura N° 2.6: Parte lineal del diagrama para determinar el límite elástico.



Fuente: *Fundamentos de la Ciencia e Ingeniería de Materiales* – W. F. Smith – (2006).

- **Resistencia a la Tracción o Resistencia Última (σ_R)**

Según Maz (2018), es la máxima tensión que se alcanza en la curva de esfuerzo – deformación, si la probeta desarrolla un decrecimiento localizado de la sección transversal (denominada *estricción*) la tensión decrecerá con el incremento de la deformación hasta producirse la fractura. La resistencia a la tracción de un metal se obtiene trazando una línea horizontal desde el punto máximo de la curva esfuerzo – deformación hasta el eje de tensiones.

$$\sigma_R = \frac{F_{m\acute{a}x}}{A_0} \quad (2.5)$$

Donde:

σ_R = resistencia a la tracción (Lb/pulg² o N/m²)

$F_{m\acute{a}x}$ = fuerza máxima experimentada (N o Kg*m/s²)

- **Esfuerzo de Ruptura o Esfuerzo de Fractura (σ_f)**

Es el esfuerzo en el momento de la ruptura, se determina dividiendo la carga de ruptura entre el área transversal original de la probeta. En un ensayo de tensión de la mayor parte de los materiales dúctiles de la ingeniería se presenta una reducción muy acentuada del área transversal de la probeta está a punto de ocurrir la ruptura, este fenómeno se produce poco antes de la ruptura, se llama *estricción*.

$$\sigma_f = \frac{F_{Frac}}{A_0} \quad (2.8)$$

Donde:

$$\sigma_f = \text{esfuerzo de ruptura (Lb/pulg}^2 \text{ o N/m}^2\text{)}$$

$$F_{Frac} = \text{fuerza de fractura (N o Kg*m/s}^2\text{)}$$

$$A_0 = \text{área de la sección transversal inicial (m}^2\text{)}$$

2.2.6. ESFUERZO REAL Y DEFORMACIÓN REAL

Durante un ensayo uniaxial a tensión o compresión, la sección transversal de la probeta, cambia a razón del efecto de Poisson. Este cambio lateral es mayor en el intervalo plástico, ya que la relación de Poisson aumenta dentro de los límites de aquél. En el caso de un material dúctil en tensión, el cambio de sección transversal es bastante intenso justo antes de la ruptura debido al efecto de la estricción. En relación con la gráfica ordinaria esfuerzo – deformación, el esfuerzo en un punto se basa en el área transversal original.

Durante el ensayo de tracción y después que se origine la estricción de la probeta la tensión disminuye por ende la deformación aumenta, llegando a formar un máximo en la curva esfuerzo – deformación, una vez que comience la estricción,

durante el ensayo de tracción, el esfuerzo real será mayor que la tensión convencional.

$$\sigma_{t'} = \frac{F}{A_i} \quad (2.9)$$

Donde:

$\sigma_{t'}$ = esfuerzo real (Lb/pulg² o N/m²)

F = fuerza de la tracción uniaxial (N o Kg*m/s²)

A_i = área instantánea de la sección transversal (m²)

$$\epsilon_t = \int_{l_0}^{l_i} \frac{dl}{l} = \ln \frac{l_i}{l_0} \quad (2.10)$$

Donde:

ϵ_t = deformación real (pulg/pulg o m/m)

l_i = longitud instantánea del ensayo (pulg o m)

l = longitud después del ensayo de tracción (pulg o m)

l_0 = longitud inicial (pulg o m)

Si se admite que el volumen de la sección calibrada de la muestra se mantiene constante durante el ensayo, entonces $l_0 A_0 = l_i A_i$

$$\frac{l_i}{l_0} = \frac{A_i}{A_0} \quad \text{y} \quad \epsilon_t = \ln \frac{l_i}{l_0} = \ln \frac{A_i}{A_0} \quad (2.11)$$

Donde:

A_i = área instantánea de la sección transversal (m²)

A_0 = área inicial (m²)

2.2.7. PUNTO Y RESISTENCIA DE FLUENCIA

Aunque en pocos materiales se manifiesta un punto o esfuerzo de esta clase, es de gran interés debido a su existencia en el acero dulce, el más importante material en ingeniería. La mayor parte de las aplicaciones, el acero se utiliza solo dentro de los límites del intervalo elástico de esfuerzos. Como punto de fluencia marca el final de este intervalo, el esfuerzo de punto de cedencia se emplea comúnmente como medida de la “resistencia utilizable” del material.

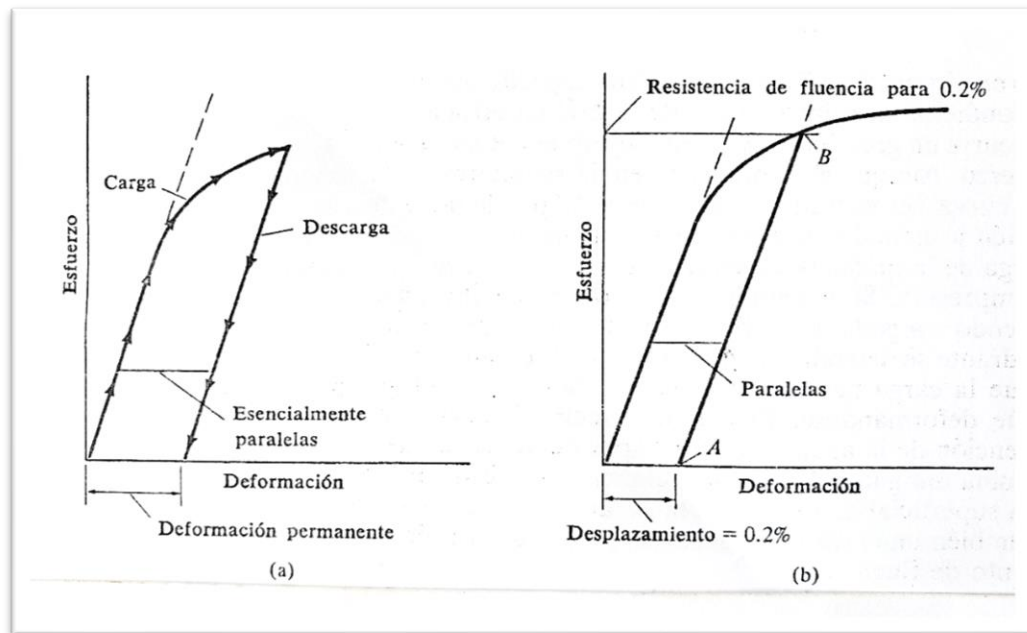
La rigidez de un material disminuye cuando se carga por arriba del límite de proporcionalidad y en el intervalo inelástico. Si un material sin punto de fluencia se carga dentro de esta región y luego se descarga, la gráfica correspondiente a este último será esencialmente paralela a la porción lineal inicial de la curva de carga² (figura 2.7a).

Para determinar la resistencia de fluencia que corresponde a una deformación permanente específica es: primero mediante un desplazamiento horizontal a partir del origen de la curva esfuerzo – deformación, para la mayor parte de los materiales metálicos, una deformación de 0.2% o 0.002 se emplea comúnmente como deformación permisible, (figura 2.7b) sitúese en un punto A. luego por este punto trácese una recta AB paralela a la porción recta original de la gráfica esfuerzo deformación. El nivel de esfuerzo en B, punto en el que la recta anterior corta a la curva. Será la resistencia de fluencia.

La resistencia de fluencia así determinada es aproximadamente el esfuerzo que producirá la deformación permanente admisible especificada. Este esfuerzo se emplea generalmente como medida, al menos como índice, de la resistencia utilizable de un material metálico de ingeniería que no presenta punto de fluencia. La

resistencia de cedencia debe estar relacionada con la deformación permanente específica. A veces por descuido no se tiene en cuenta esta condición, pero si no expresa tal deformación específica (o desplazamiento en la gráfica), se debe entender que es 0.2%, ya que es el valor utilizado con mayor frecuencia.

Figura N° 2.7: Punto y resistencia de fluencia.



Fuente: *Mecánica de cuerpos deformables, 3ra edición – Edward F. Byars y Robert D.*

Snyder (1978)

2.2.8. PROPIEDADES DE LOS FLUIDOS

2.2.8.1. MECÁNICA DE LOS FLUIDOS E HIDRÁULICA

Ranald V. Giles (1975), rama de la mecánica que estudia el comportamiento de los fluidos ya sea en reposo o en movimiento constituye la mecánica de los fluidos y la hidráulica. En la estática de los fluidos el peso específico es la propiedad importante. Cuando tiene lugar una compresibilidad apreciable es necesario considerar los principios de la termodinámica. Al intervenir presiones manométricas



negativas la tensión de vapor pasa a ser importante y la tensión superficial afecta a la estática o cinemática de los fluidos cuando las secciones de paso son pequeñas.

2.2.8.2. DEFINICION DE FLUIDO

Los fluidos son capaces de “fluir” y que se adaptan a la forma de los recipientes que lo contienen. Cuando están en equilibrio, los fluidos pueden soportar fuerzas tangenciales o cortantes. Todos los fluidos son compresibles hasta cierto grado y ofrecen resistencia a los cambios de forma, los líquidos son prácticamente incompresibles y ocupan un volumen definido y tienen superficies libres.

- **Presión de un fluido**

La presión de un fluido se transmite con igual intensidad en todas las direcciones y actúa normalmente a cualquier superficie plana. En el mismo plano horizontal, el valor de la presión en un líquido es igual en cualquier punto. Las medidas de presión se realizan con los manómetros, que pueden ser de diversas formas y representan el valor de la presión con relación a la presión atmosférica. La presión viene a ser expresada por una fuerza dividida por la superficie.

$$p = \frac{P}{A}$$

Donde:

$$p = \text{presión} \left(\frac{kg}{m^2} ; \frac{lb}{in^2} \right)$$

$$P = \text{fuerza que actua} (kg ; lb)$$

$$A = \text{superficie} (m^2 ; in^2)$$



- **Aceite hidráulico**

Según Oswaldo Ceballos K. (1984), todos los líquidos son esencialmente incompresibles y, por consiguiente, transmiten energía instantáneamente en un sistema hidráulico. La palabra hidráulica, de hecho, viene del griego *Hydor* que significa agua y *Aulos* que significa tubo. La primera prensa hidráulica de Bramah y algunas prensas todavía utilizadas hoy en día utilizan todavía el agua como elemento de transmisión. Sin embargo, el líquido más generalmente usado en los sistemas hidráulicos es el aceite procedente del petróleo. El aceite transmite la energía fácilmente porque es muy poco compresible. Se comprime aproximadamente 0.5% a una presión de $70 \frac{kp}{cm^2}$ o $995.5 \frac{lb}{in^2}$, lo que es despreciable en la mayoría de los sistemas.

2.2.9. PERNO

Según Torres (2019), son componentes de máquinas roscadas cuya función es la de unir dos o más piezas, Unión que normalmente es fija y desmontable, actualmente existen diferentes tipos de tornillos diseñados y construidos para cumplir funciones especiales en distintos tipos de aplicaciones y configuraciones de estructuras o maquinas metal mecánico.

Es un elemento mecánico de ajuste, fabricada en su mayoría de acero, utilizado para la fijación o unión de piezas con otras. Estos elementos se usan para estructuras, maquinas herramientas, vehículos prensas, elementos de elevación entre otro. En muchos casos estos elementos son sometidos a esfuerzos variables combinadas, por lo que es recomendable los estudios y análisis experimentales.



2.2.9.1. PARTES DE UN PERNO

A. Cabeza

Según torres (2019), parte superior del tornillo que se utiliza para su manipulación, ya sea manual o con ayuda de herramienta. Esta puede adoptar diferente forma física (cilíndrica, prismática, tronco, canica, etc.). Cada una están para aplicaciones determinadas en la industria, elegida según adecuada a la necesidad, considerando que el tornillo con cabeza de forma hexagonal es de uso general.

B. Vástago o Caña

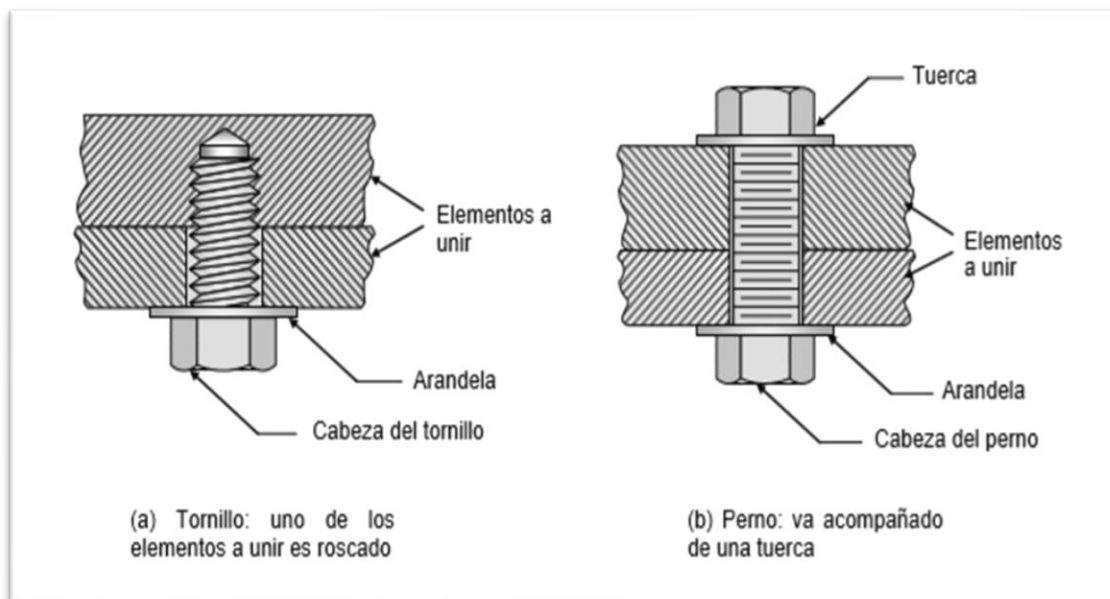
Forma cilíndrica, con rosca en la parte exterior en toda longitud, generalmente hasta cierta distancia según su aplicación, en esta parte donde se podrá atornillar la rosca hembra correspondiente. Existiendo una variedad de roscas normalizadas.

C. Extremo o Punta

El extremo tiene un borde cortante al inicio de la rosca, sin embargo, esta parte es muy susceptible a tener daños al recibir un golpe o iniciar la penetración con la tuerca, Para evitar inconvenientes, este extremo libre se mecaniza con el uso del torno para darle un chaflán cónico de noventa o medio abombado.

El perno trabaja asociado a un orificio roscado y es un mecanismo de desplazamiento. El sistema perno – tuerca transforma el movimiento giratorio en movimiento longitudinal, pero su utilidad básica es la de unión desmontable de piezas. Dando lugar a las formas de uso:

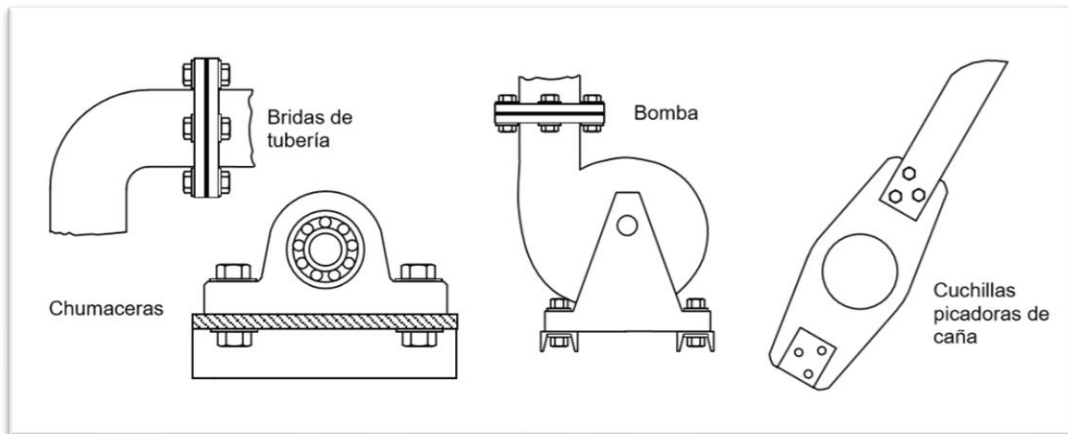
Figura N° 2. 8: Formas de uso del perno y tornillo.



Fuente: Diseño de elementos de máquinas I, Ing. Jorge F. M. Zapata, – sujetadores roscados

Aplicación de pernos, Algunas veces los pernos son reemplazados por otras maneras de ensamble como los remaches y/o soldadura, sin embargo, los pernos son ampliamente usados en máquinas y estructuras debido a sus ventajas: variedad, disponibilidad, versatilidad, mínimos costos, fácil montaje y desmontaje, son normalizados. Los pernos se usan en la fijación de bombas, tramos en bridas de unión de tuberías, bastidores de máquinas, tapas de tanques, estructuras, chumaceras, piñones poleas, tuberías de calderas, etc. En la figura 12 veremos algunas ilustraciones de aplicaciones de pernos.

Figura N° 2. 9: Algunas aplicaciones de los pernos.



Fuente: Diseño de elementos de máquinas I, Ing. Jorge F. M. Zapata, – sujetadores roscados.

2.2.10. CARACTERÍSTICAS DE LAS ROSCAS ESTANDAR PARA PERNOS

- **Formas, Dimensiones y Características de las Roscas Estándar.**

Las roscas de los pernos son hélices que posibilitan el deslizamiento longitudinal de un perno, cuando gira. Las roscas son externas, como en el perno o internas como las piezas con agujeros roscados o las tuercas. Existen 2 tipos de roscas normadas para pernos de unión: serie de roscas unificadas UNS (Unified National Standard) y las roscas métricas las cuales han sido definidas por la Organización internacional de normalización (International Organization for Standardization ISO) en la figura 2.12 muestra la forma y dimensiones de las roscas UNS y métricas; las formas de estos dos tipos son similares, pero con dimensiones diferentes.

longitud igual a una pulgada, observaremos la relación entre las dimensiones de las roscas.

Para rosca unificada (UNS)

- $d_r = d - 1.299038/N_h$
- $d_p = d - 0.649519/N_h$

Para rosca métrica ISO

- $d_r = d - 1.226869p$
- $d_p = d - 0.679519p$

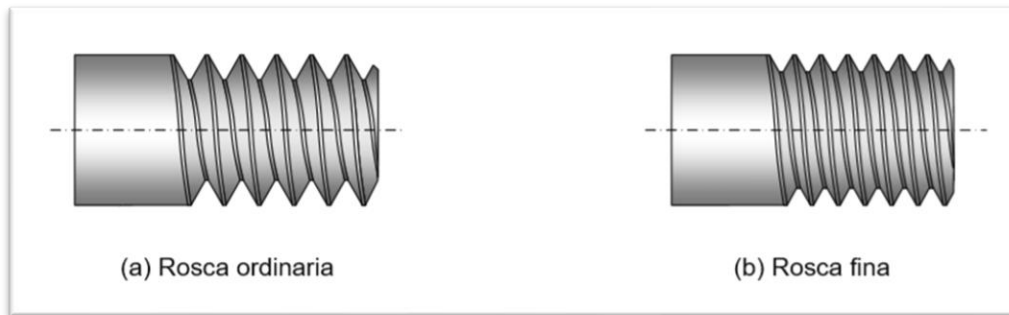
- **Roscas Bastas.**

Roscas de paso grande se muestra en la figura 2.11a usada para aplicaciones ordinarias, donde se requiera un montaje fácil. Se usan roscas de materiales frágiles y blandos teniendo en cuenta que las roscas de menores pasos pueden producir el barrido de los filetes. No adecuadas para vibración considerable, ya que la vibración tiende a aflojar la tuerca.

- **Roscas Finas.**

Son adecuadas para trabajar bajo vibración, como en aeronaves, automóviles, por tener menor paso tiene mejor ángulo de la hélice. Se tiene que evitar agujeros de materiales frágiles, lo visualizamos y comparamos con la figura 2.11b.

Figura N° 2. 11: Roscas basta y fina.



Fuente: Diseño de elementos de máquinas I, Ing. Jorge F. M. Zapata, – sujetadores roscados.

- **Esfuerzo a la Tracción.**

Las dimensiones principales de las roscas bastas u ordinarias y finas se muestran en la tabla 2.4. el tamaño de una rosca equivale al diámetro mayor de esta, excepto para diámetros nominales menores de ¼ pulg, para los cuales se designa mediante un número de 0 a 12. Como un tornillo no tiene sección uniforme, debe encontrarse un área equivalente para calcular el esfuerzo debido a una carga de tracción; esta área se denomina área de esfuerzo a tracción, está dada por.

$$A_t = \frac{\pi}{4} \left(\frac{d_p + d_r}{2} \right)^2 \quad (2.13)$$

Donde:

A_t = área de esfuerzo a tracción (pulg² o m²)

π = relación entre la long. de una circunferencia

Tabla N° 2.4: Dimensiones de roscas unificadas (UNS), roscas bastas (UNC) y finas (UNF).

Tamaño	Diámetro mayor (nominal) d (in)	ROSCA BASTA (UNC)			ROSCA FINA (UNF)			Ancho aproximado entre caras A_T (in)	
		Número de hilos por pulgada	Diámetro menor d_r (in)	Área de esfuerzo a tracción A_t (in ²)	Número de hilos por pulgada	Diámetro menor d_r (in)	Área de esfuerzo a tracción A_t (in ²)	Cabeza	Tuerca
0	0.0600	-	-	-	80	0.0438	0.0018		
1	0.0730	64	0.0527	0.0026	72	0.0550	0.0028		
2	0.0860	56	0.0628	0.0037	64	0.0657	0.0039		
3	0.0990	48	0.0719	0.0049	56	0.0758	0.0052		
4	0.1120	40	0.0795	0.0060	48	0.0849	0.0066		
5	0.1250	40	0.0925	0.0080	44	0.0955	0.0083		
6	0.1380	32	0.0974	0.0091	40	0.1055	0.0101		
8	0.1640	32	0.1234	0.0140	36	0.1279	0.0147		
10	0.1900	24	0.1359	0.0175	32	0.1494	0.0200		
12	0.2160	24	0.1619	0.0242	28	0.1696	0.0258		
¼	0.2500	20	0.1850	0.0318	28	0.2036	0.0364	7/16	7/16
5/16	0.3125	18	0.2403	0.0524	24	0.2584	0.0581	½	½
3/8	0.3750	16	0.2938	0.0775	24	0.3209	0.0878	9/16	9/16
7/16	0.4375	14	0.3447	0.1063	20	0.3725	0.1187	5/8	11/16
½	0.5000	13	0.4001	0.1419	20	0.4350	0.1600	¾	¾
9/16	0.5625	12	0.4542	0.1819	18	0.4903	0.2030	13/16	7/8
5/8	0.6250	11	0.5069	0.2260	18	0.5528	0.2560	15/16	15/16
¾	0.7500	10	0.6201	0.3345	16	0.6688	0.3730	1 1/8	1 1/8
7/8	0.8750	9	0.7307	0.4617	14	0.7822	0.5095	1 5/16	1 5/16
1	1.0000	8	0.8376	0.6057	12	0.8917	0.6630	1 ½	1 ½
1 1/8	1.1250	7	0.9394	0.7633	12	1.0167	0.8557	1 11/16	1 11/16
1 ¼	1.2500	7	1.0644	0.9691	12	1.1417	1.0729	1 7/8	1 7/8
1 3/8	1.3750	6	1.1585	1.1549	12	1.2667	1.3147	2 1/16	2 1/16
1 ½	1.5000	6	1.2835	1.4053	12	1.3917	1.5810	2 ¼	2 ¼
1 ¾	1.7500	5	1.4902	1.8995				2 5/8	2 5/8
2	2.0000	4.5	1.7113	2.4982				3	3
2 ¼	2.2500	4.5	1.9613	3.2477				3 3/8	3 3/8
2 ½	2.5000	4	2.1752	3.9988				3 ¾	3 ¾
2 ¾	2.7500	4	2.4252	4.9340				4 1/8	4 1/8
3	3.0000	4	2.6752	5.9674				4 ½	4 ½
3 ¼	3.2500	4	2.9252	7.0989				4 7/8	
3 ½	3.5000	4	3.1752	8.3286				5 ¼	
3 ¾	3.7500	4	3.4252	9.6565				5 5/8	
4	4.0000	4	3.6752	11.083				6	

La longitud roscada de los tornillos UNS está dada por $L_r = 2d + 0.25$ in, si la longitud total, L_T , es menor o igual a 6 in, y por $L_r = 2d + 0.50$ in, si L_T es mayor de 6 in.

Fuente: Conceptos básicos sobre diseño de elementos – diseño de tornillos cap. 7.

Las roscas métricas ISO, éstas se dividen en dos series, rosca basta y rosca fina, las cuales tienen características y aplicaciones similares a las series UNC y UNF. La tabla 2.5 muestra las dimensiones principales de algunas roscas métricas.

Tabla N° 2.5: Dimensiones de roscas métricas ISO, serie de pasos bastos y finos.

Diámetro mayor (nominal) d (mm)	ROSCA BASTA			ROSCA FINA		
	Paso p (mm)	Diámetro menor d_r (mm)	Área de esfuerzo a tracción A_t (mm ²)	Paso p (mm)	Diámetro menor d_r (mm)	Área de esfuerzo a tracción A_t (mm ²)
3.0	0.50	2.39	5.03			
3.5	0.60	2.76	6.78			
4.0	0.70	3.14	8.78			
5.0	0.80	4.02	14.18			
6.0	1.00	4.77	20.12			
7.0	1.00	5.77	28.86			
8.0	1.25	6.47	36.61	1.00	6.77	39.17
10.0	1.50	8.16	57.99	1.25	8.47	61.20
12.0	1.75	9.85	84.27	1.25	10.47	92.07
14.0	2.00	11.55	115.4	1.50	12.16	124.55
16.0	2.00	13.55	156.7	1.50	14.16	167.25
18.0	2.50	14.93	192.5	1.50	16.16	216.23
20.0	2.50	16.93	244.8	1.50	18.16	271.50
22.0	2.50	18.93	303.4	1.50	20.16	333.50
24.0	3.00	20.32	352.5	2.00	21.55	384.42
27.0	3.00	23.32	459.4	2.00	24.55	495.74
30.0	3.50	25.71	560.6	2.00	27.55	621.20
33.0	3.50	28.71	693.6	2.00	30.55	760.80
36.0	4.00	31.09	816.7	3.00	32.32	864.94
39.0	4.00	34.09	975.8	3.00	35.32	1028.4

La longitud roscada de los tornillos métricos está dada por $L_r = 2d + 6$ mm, si $L_B \leq 125$ mm y $d \leq 48$ mm, por $L_r = 2d + 12$ mm, si 125 mm $< L_B \leq 200$ mm, y por $L_r = 2d + 25$ mm, si $L_B > 200$ mm.

Fuente: Conceptos básicos sobre diseño de elementos – diseño de tornillos cap. 7.

Con el fin de obtener diferentes ajustes para las aplicaciones, las normas UNS e ISO contemplan diferentes tolerancias para las roscas. Las roscas UNS tienen tres clases de ajustes:

1. Se obtienen cuando las tolerancias son grandes. Se utilizan para reducir los costos en aplicaciones, donde no requiera precisión. Permite un montaje y desmontaje rápido y fácil.
2. Las tolerancias en estos ajustes son más pequeñas, lo que permite tener una mejor precisión. Son más utilizadas para maquinaria.



3. Es un ajuste fino de juego nulo. Se utilizan para cumplir requisitos de exactitud. 1 y 2 se usan para denotar rosca externa e interna respectivamente.

- **Resistencia A La Tracción.**

El diseño en pernos es el límite de resistencia a la tracción (proof strength), S_p es el valor máximo de esfuerzo que soporta el perno sin tener deformación permanente. De acuerdo con la tabla 2.6 la mayoría de los grados SAE el límite a la tracción es aproximadamente el 90% de la resistencia especificada al 0.2% de deformación permanente. Las características del material (acero) de los pernos se especifican en clases o grados, los cuales han sido definidos por la SAE, ASTM e ISO.

La tabla 2.6, brinda información de los grados SAE para pernos: 1, 2, 4, 5, 5.2, 7, 8, y 8.2. se observa que para grados mayores las resistencias tienden a ser altas. De la misma manera la tabla 2.7, brinda información sobre las clases para pernos métricos.

Los grados y clases se pueden distinguir de acuerdo con las marcas en la cabeza, tal como se ven en la figura 2.12.

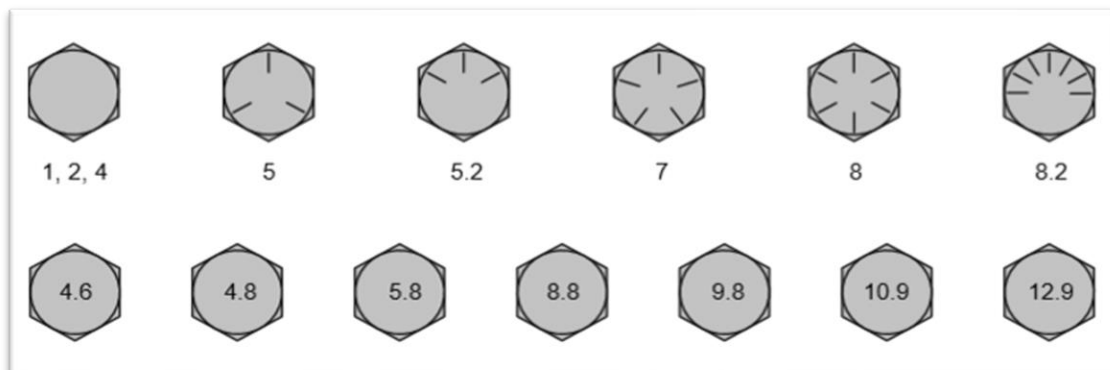
La función de un perno es unir dos o más piezas. Se analizarán las deformaciones cargas y ecuaciones que rigen la unión de piezas mediante pernos.

Tabla N° 2.6: Especificaciones SAE para pernos UNS de acero.

GRADO SAE	INTERVALO DE TAMAÑOS (INCLUSIVE) (IN)	RESISTENCIA LIMITE MÍNIMA A LA TRACCIÓN SP (KSI)	RESISTENCIA DE FLUENCIA MÍNIMA A LA TRACCIÓN SY (KSI)	RESISTENCIA ULTIMA MÍNIMA A LA TRACCIÓN SU (KSI)	CARACTERÍSTICA DEL ACERO
1	$\frac{1}{4}$ a $\frac{1}{2}$	33	36	60	Medio o bajo carbono
2	$\frac{1}{4}$ a $\frac{3}{4}$	55	57	74	Medio o bajo carbono
	$\frac{7}{8}$ a $\frac{1}{2}$	33	36	60	
4	$\frac{1}{4}$ a $\frac{1}{2}$	65	100	115	Medio carbono estirado en frío
5	$\frac{1}{4}$ a 1	85	92	120	Medio carbono templado y revenido
	$1\frac{1}{8}$ a $\frac{1}{2}$	74	81	105	
5.2	$\frac{1}{4}$ a 1	85	92	120	Martensítico de bajo carbono, templado y revenido
7	$\frac{1}{4}$ a $\frac{1}{2}$	105	115	133	Aleado de medio carbono, templado y revenido
8	$\frac{1}{4}$ a $\frac{1}{2}$	120	130	150	Aleado de medio carbono, templado y revenido
8.2	$\frac{1}{4}$ a 1	120	130	150	Aleado de medio carbono, templado y revenido

Fuente: Conceptos básicos sobre diseño de elementos – diseño de tornillos cap. 7.

Figura N° 2. 12: Marcas en las cabezas de los pernos grados SAE y métricos.



Fuente: Conceptos básicos sobre diseño de elementos – diseño de tornillos cap. 8.

- **Fuerzas en una Junta.**

Se muestra en la Figura 16 una tubería unida por bridas y pernos, en la cual se usan empaquetaduras para evitar fugas. En la Figura 17 se observa el diagrama de cuerpo libre de un corte del sistema, debido a la presión interna de la tubería se genera una fuerza interna que trata de separar a las bridas, la cual se reparte entre los pernos, la fuerza que corresponde a cada uno de ellos se denomina fuerza externa, F_e , que está dada.

$$F_e = \frac{F_{eT}}{n_b} \quad (2.14)$$

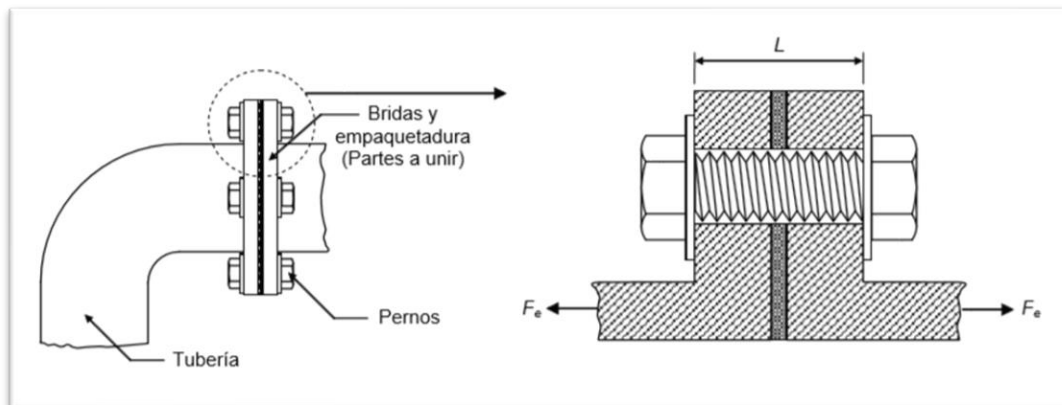
Donde:

F_e = fuerza externa (N)

F_{eT} = fuerza total (N)

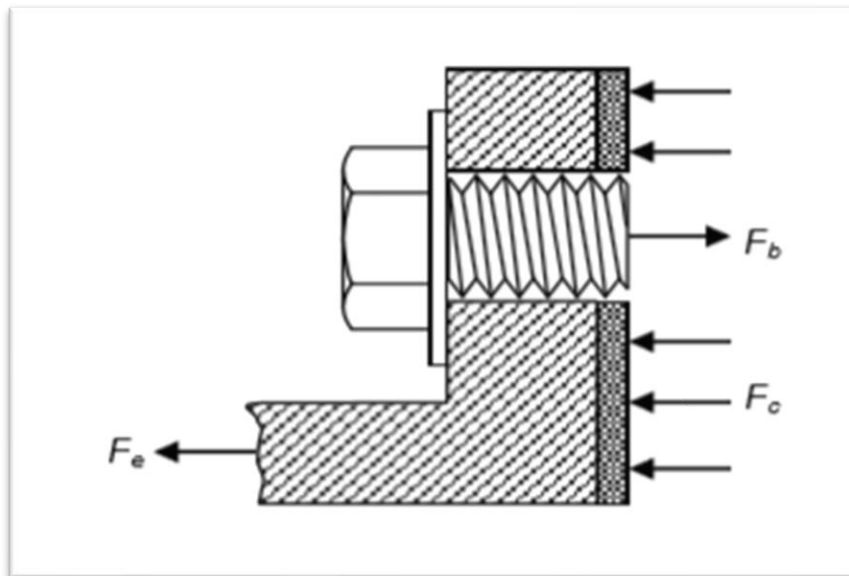
n_b = numero de pernos

Figura N° 2. 13: Unión de tuberías mediante bridas y pernos.



Fuente: *Conceptos básicos sobre diseño de elementos – diseño de tornillos cap. 8.*

Figura N° 2. 14: Diagrama de cuerpo libre del detalle de unión con brida.



Fuente: Conceptos básicos sobre diseño de elementos – diseño de tornillos cap. 8.

En el diagrama de cuerpo libre mostrada en la figura 2.15 aparecen las fuerzas internas; fuerza de tracción del perno, fuerza de compresión en las partes a unir y la fuerza externa, es la relación entre la fuerza externa total sobre el número de pernos, es decir, es la fuerza externa que le corresponde a cada perno.

$$F_b = F_e + F_c \quad (2.15)$$

Donde:

F_b = fuerza de tracción en el perno (N)

F_e = fuerza externa (N)

F_c = fuerza de compresión (N)

- **Fuerzas y Deformaciones en una Junta.**

Dentro el límite de proporcionalidad, las fuerzas del perno y las partes a unir son proporcionales a las deformaciones descritas en la fórmula 2.1 y 2.2, lo cual en casos de **pernos** sustituiremos las nomenclaturas de:



$$\sigma = S \quad ; \quad \Delta l = \delta$$

$$\frac{F}{A} = E \frac{\delta}{L} \quad \text{o} \quad F = \left(\frac{AE}{L}\right) \delta \quad \text{o} \quad F = k\delta \quad ; \quad k = \left(\frac{AE}{L}\right)$$

Donde:

$$k = \text{constante elástica}$$

La constante elástica, es la relación entre la fuerza y la deformación, como ocurre con la constante de un resorte. Podemos plantear la ecuación anterior para los pernos y las partes a unir.

$$F_b = k_b \delta_b \quad ; \quad k = \left(\frac{A_b E_b}{L}\right) \quad . \quad . \quad . \quad (2.16)$$

$$F_c = k_c \delta_c \quad ; \quad k = \left(\frac{A_c E_c}{L}\right) \quad . \quad . \quad . \quad (2.17)$$

Donde:

F_b = fuerza de tracción en el perno (N)

F_c = fuerza en las partes a unir, por perno (N)

δ_b y δ_c = deformaciones totales del perno y en las partes a unir

k_b y k_c = constantes elásticas del perno y de las partes a unir

A_b y A_c = área de la sección del perno y de las partes a unir

E_b y E_c = modulo de elasticidad del perno y de las partes a unir

L = longitud entre arandelas

- **Fuerza de Apriete F_{bi} .**

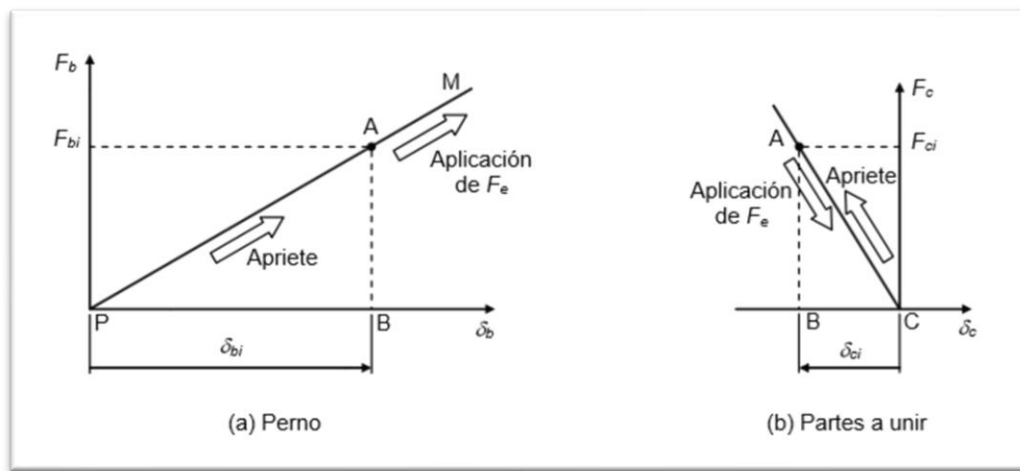
Cuando se unen dos o más partes, los pernos deben apretarse suficientemente con el fin de evitar la separación de éstas cuando las fuerzas en el sistema sean aplicadas; esto se denomina *precarga del perno*. Al apretar, éste su fuerza de tracción y su deformación crecen de acuerdo con la línea PA, desde P hasta A. la fuerza del perno al terminarse el apriete se denomina *fuerza inicial* o *fuerza de apriete*. Las

partes a unir también se deforman, se comprimen a medida que se aprieta el perno. Al terminar el apriete, y antes de aplicar la fuerza externa (cuando $F_c = 0$), de la ecuación 2.16 se obtiene $F_{bi} = F_{ci} + F_i$.

Donde:

$$F_i = \text{fuerza inicial en las partes a unir}$$

Figura N° 2. 15: Diagrama Fuerza – Deformación del perno y de las partes a unir.

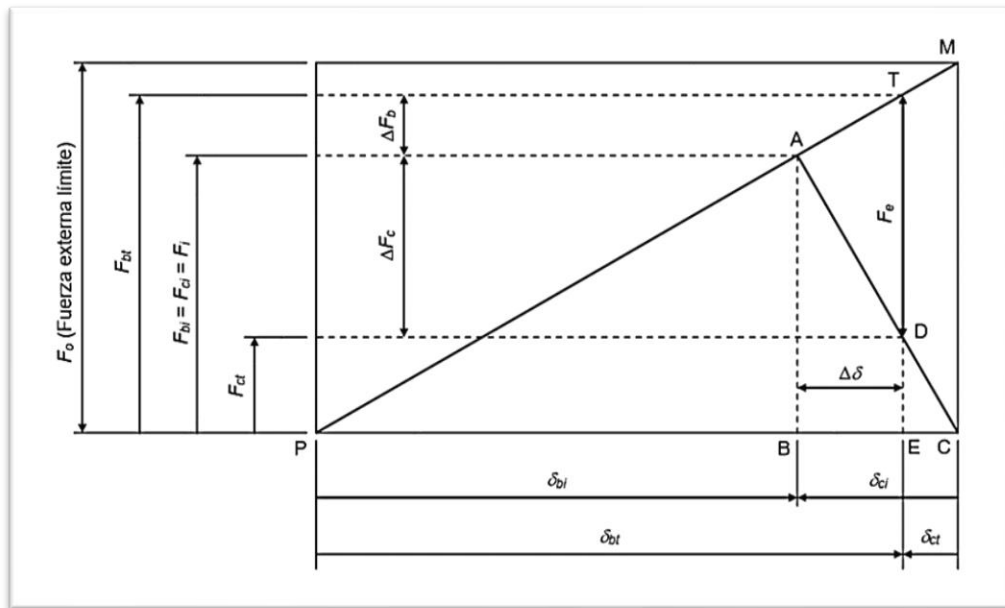


Fuente: Conceptos básicos sobre diseño de elementos – diseño de tornillos cap. 8.

Al aplicar la carga externa, el perno continúa alargándose y aumentando su fuerza desde A en la dirección A-M. las partes a unir, por el contrario, se descomprimen y tanto su fuerza como su deformación se reducen desde A en la dirección A-C; si se alcanzara el punto C las partes de unión comienzan a separarse.

Durante el apriete, la tuerca avanza sobre el perno haciendo que éste se alargue y que las partes a unir se compriman en cantidades diferentes. Una vez el perno es apretado, la tuerca no gira y, por lo tanto, la fuerza externa produce un alargamiento del perno igual al acortamiento de las partes a unir (descompresión). Debido a que las deformaciones son iguales (una es positiva y la otra negativa), puede construirse el diagrama de la figura 2.17.

Figura N° 2. 16: Fuerzas y deformación en el perno y las partes a unir.



Fuente: Conceptos básicos sobre diseño de elementos – diseño de tornillos cap. 8.

Donde:

F_0 = fuerza externa límite (N)

ΔF_c = reducción de la fuerza en las partes a unir, a partir de A

ΔF_b = incremento de la fuerza en el perno, a partir de A

δ_{bt} = deformación inicial del perno

δ_{ci} = deformación inicial de las partes a unir

δ_{bt} = deformación total del perno

δ_{ct} = deformación total de las partes a unir

$\Delta\delta$ = incr. de la long. del perno y reduc. de la long. de las partes a unir

Al aplicar la fuerza externa, las deformaciones y las fuerzas que están representadas por los puntos T y D para el perno y las partes a unir respectivamente. Nótese que los puntos T y D están sobre la misma línea vertical, ya que sus deformaciones son producidas, al aplicar la fuerza externa son iguales $\Delta\delta$. De la ecuación 2.24, concluimos que la distancia TD es la fuerza externa.

$$\overline{TD} = \overline{TE} - \overline{DE} \quad \text{entonces;} \quad \overline{TD} = F_{bt} - F_{ct} = F_e. \quad (2.18)$$

Donde:

F_e = fuerza externa (N)

F_{bt} = fuerza total en el perno cuando se ha aplicado la fuerza externa (N)

F_{ct} = fuerza total en las partes a unir (N)

F_i = fuerza de apriete en el perno y las partes a unir (N)

- **Fuerza Mínima de Apriete para evitar la Separación de la Junta.**

En la Figura 19, observamos los triángulos PAB y PMC, por semejanza y conjugación con las ecuaciones 2.26 y 2.27. combinados con los triángulos, tenemos:

$$F_i = F_0 \left(\frac{k_c}{k_c + k_{cb}} \right) \quad (2.19)$$

Donde:

F_0 = fuerza externa (N)

Pero F_0 es la fuerza externa con la que se obtiene la separación de partes, entonces F_e debe ser menor que F_0 ; por lo tanto, definimos.

$$F_0 = N_{sep} F_e$$

donde $N_{sep} > 1$ es un factor de seguridad con respecto a la separación de las partes. De acuerdo con Faires⁴, $1.5 < N_{sep} < 2$. Hay que tener en cuenta que N_{sep} debe escogerse de tal manera que se tenga la seguridad de que las partes a unir permanecerán unidas aún con las presiones de prueba.

$$F_{imín} = N_{sep} F_e \left(\frac{k_c}{k_c + k_b} \right) \quad (2.20)$$

Con esta ecuación se obtiene la *mínima fuerza inicial o de apriete (segura)*, debe aplicarse al perno con el fin de evitar la separación de partes cuando se aplica la fuerza externa F_e .

- **Fuerza Total en el Perno.**

Para hallar la fuerza total sobre el perno procede de la figura 2.15, esta fuerza máxima total sobre el perno después de apretar y aplicar la fuerza externa, obtenemos.

$$F_{bt} = F_i + F_e \left(\frac{k_b}{k_c + k_b} \right) \quad (2.21)$$

- **Constante Elástica de la Junta k_c .**

La constante se calcularía como:

$$k_c = \left(\frac{A_c E_c}{L} \right) \quad (2.22)$$

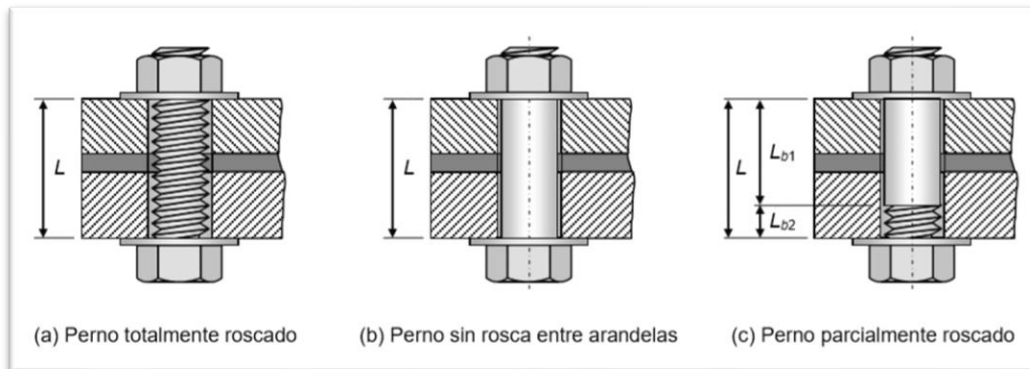
Donde A_c , E_c , y L son el área, módulo de elasticidad y la longitud de las partes a unir, respectivamente.

- **Constante Elástica del Perno k_b .**

Para el cálculo es necesario saber si el perno, tiene el roscado total o parcialmente a lo largo de la longitud de la junta L . En la figura 2.18 muestra tres casos:

- a. El perno es totalmente roscado.
- b. La parte entre arandelas del perno, no es roscada.
- c. La parte entre arandelas del perno es parcialmente roscada.

Figura N° 2. 17: Juntas con pernos roscados total o parcialmente.



Fuente: *Conceptos básicos sobre diseño de elementos – diseño de tornillos cap. 8.*

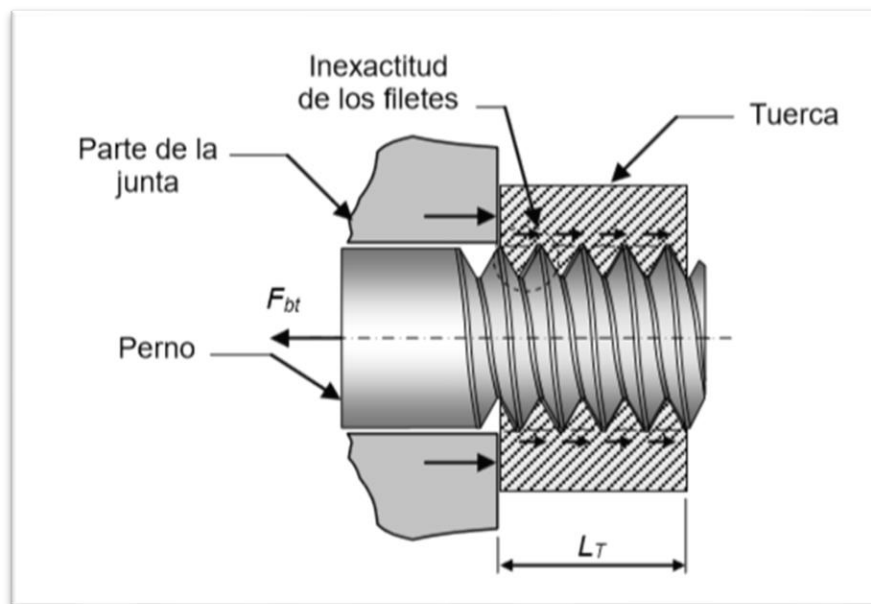
Para los casos a y b, la constante elástica se calcula como:

$$k_b = \left(\frac{A_b E_b}{L} \right) \quad (2.23)$$

- **Esfuerzo Cortante en los Filetes de una Rosca.**

La parte roscada del perno y la tuerca. en una conexión son sometidas a cortante, donde los filetes se transmiten la fuerza de tracción del perno. Ocurre la falla dependiendo de la resistencia relativa de la tuerca y el perno. Lo más común es aquel donde la tuerca es mucho más débil que el perno; dada estas condiciones los filetes de la tuerca podrán fallar a cortante, por las raíces, como se ve en la figura 2.19. teniendo en cuenta cuando el perno es mucho más débil que la tuerca, el filete del primero tiende a fallar por sus raíces. Cuando el perno y la tuerca tienen igual resistencia, el sistema podrá barrerse por el diámetro de paso.

Figura N° 2.18: Cortante en los filetes de una rosca.

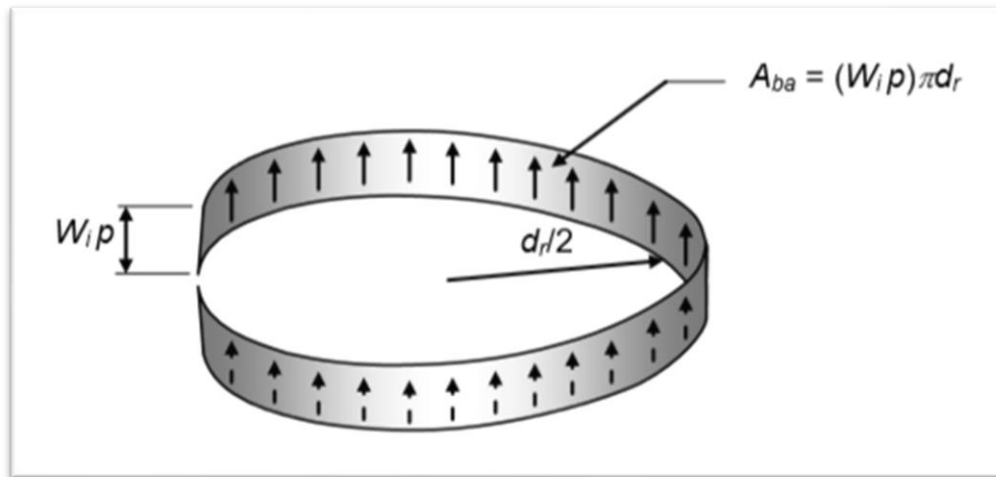


Fuente: Conceptos básicos sobre diseño de elementos – diseño de tornillos cap. 8.

Se mantiene un problema en las conexiones es la falta de exactitud de los filetes, esto produce que la carga no se distribuya uniformemente en cada parte de los filetes, tanto que la carga pueda ser tomada por algunos filetes. Cuando un perno o tuerca son duros, la carga se distribuye en algunos pocos filetes, y mientras que la tuerca es muy dúctil, la carga pueda distribuirse de manera mucho más uniforme, ya que podrá haber la posibilidad de fluencia del material.

El área A_{ba} del perno y el de la tuerca son diferentes, la figura 2.20 muestra el área de la raíz de un filete del perno, la cual es aproximadamente igual al perímetro de un círculo de diámetro d_r , es decir πd_r , multiplicado por el ancho del filete en la raíz $W_i p$, el cual se ha expresado en función del paso de la rosca, donde W_i , es una constante que depende del tipo de rosca.

Figura N° 2. 19: Área de la raíz de un filete de un perno sometida a cortante.



Fuente: *Conceptos básicos sobre diseño de elementos – diseño de tornillos cap. 8*

El área total cortante es igual al área de la raíz de un filete, $\pi d_r W_i p$, multiplicada por el número de filetes en contacto. Como se dijo, el esfuerzo no se distribuye uniformemente en todos los filetes debido a los errores de manufactura, e recomienda que el número de filetes que se toma a la carga, n_f , se tome.

$$1 \leq n_f \leq N_f \quad ; \quad N_f = \frac{L_T}{p} \quad . \quad . \quad . \quad (2.24)$$

Donde:

N_f = número de filetes del perno en contacto con la tuerca

L_T = longitud de la tuerca

F_{ct} = fuerza total en las partes a unir (N)

Para el perno:

$$A_{ba} = \pi d_r (W_i p) n_f \quad ; \quad 1 \leq n_f \leq \frac{L_T}{p} \quad . \quad . \quad . \quad (2.25)$$

Para la tuerca:

$$A_{ba} = \pi d_r (W_o p) n_f \quad ; \quad 1 \leq n_f \leq \frac{L_T}{p} \quad . \quad . \quad . \quad (2.26)$$

Donde W_{0p} , es el ancho del filete en la raíz de la tuerca y W_0 es una constante que depende del tipo de rosca, a continuación, se detallan los valores de W_i y W_0 .

Tabla N° 2.7: Coeficientes W_i y W_0 para roscas estándar.

Tipo de Filete	W_i	W_0
<i>UNS/ISO</i>	0.80	0.88
<i>Cuadra</i>	0.50	0.50
<i>Acme</i>	0.77	0.63
<i>Siente de Sierra</i>	0.90	0.83

Fuente: Adaptación, Conceptos básicos sobre diseño de elementos – diseño de tornillos cap. 8

Donde S_p , es la resistencia límite del perno dadas la tabla 2.6, y S_i , es el esfuerzo inicial, es decir el esfuerzo normal en el perno al terminar el apriete, el cual está dado por:

$$S_i = \frac{F_i}{A_t} \quad (2.28)$$

2.2.11. ACERO

Según William F. Smith y Havad Hashemi (2010), los aceros al carbono son, en esencia, aleaciones de Hierro y carbono que contiene hasta el 1.2% de carbono aproximadamente. Sin embargo, la mayoría de los aceros contienen menos del 0.5% de carbono. La mayoría de los aceros se fabrican mediante la oxidación y otras impurezas del arrabio hasta que el contenido de carbono en el hierro se reduce al nivel necesario.

Según Robert L. Mott (2009), las propiedades mecánicas de los aceros al carbón y aleaciones son muy sensibles a la manera que se forman y a los procesos de



tratamiento térmico. En el apéndice A-14 incluyen la resistencia máxima, resistencia a la cedencia y el porcentaje de alargamiento de varios aceros en varias condiciones. Observe que estas propiedades son ejemplo o típicas en las que no se puede confiar para el diseño. Las propiedades de los metales dependen de muchos factores incluidos el tamaño de sección, la temperatura, la composición real, las variables en el procesamiento y las técnicas de fabricación. Es responsabilidad del diseñador investigar la posible variedad de propiedades de un material y diseñar miembros de carga que sean seguros a pesar de la combinación de factores presentes en una situación dada.

- **Acero para la fabricación de pernos**

El acero para esta fabricación depende de; la dureza del perno, se debe a los porcentajes de la aleación de dichos elementos y se le denomina GRADO. El grado de acero de un perno se identifica por muescas o números que llevan en la parte superior de la cabeza. Medida americana; identificamos de grado de acero con el que está fabricado por el número de muescas que lleva el hexágono. Medida métrica; los identificamos por su número de gravado en la parte superior del hexágono figura 2.13.

- **PERNO HEXAGONAL SAE GRADO 2**

Es un perno fabricado con acero de bajo carbono (hierro dulce) y usado en trabajos que no requieren mucha resistencia. Ofrecemos inventario con dos diferentes acabados, negro fosfatado y galvanizado (zincado); este último tiene un baño de zinc/cromo en frío, lo cual lo hace resistente a la corrosión. Este perno se identifica por no llevar ninguna marca en la cabeza.



- **PERNO HEXAGONAL SAE GRADO 5**

Este perno está fabricado con acero de bajo carbono, templado y revenido, lo que lo hace un perno con mucha resistencia de carga 58 000 psi . Para uso de media resistencia en la industria metal mecánica y automotriz. El acabado es negro fosfatado y lo ofrecemos en roscas UNC y UNF. La identificación de este perno es por tres marcas o líneas que llevan en la parte superior del hexágono.

- **PERNO HEXAGONAL SAE GRADO 8**

Está fabricado con acero de medio *carbono, templado y revenido*, con una alta resistencia para trabajos en metalmecánica y uso automotriz, con una prueba de carga de 120 000 psi . Lo ofrecemos en rosca UNC y acabado negro fosfatado. Este perno lo identificamos por seis marcas o líneas que lleva en la cabeza.

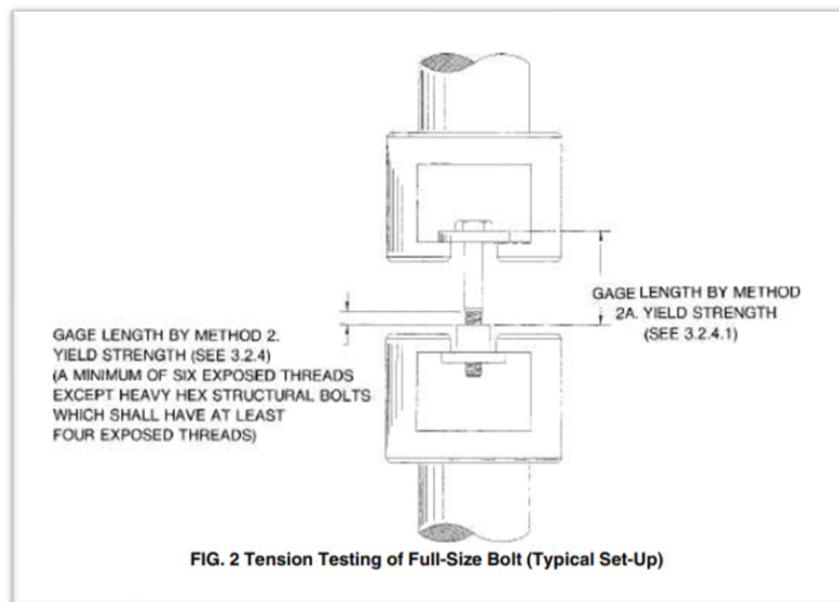
2.2.12. NORMA ASTM F606

Según ASTM F606 (2009), Estos métodos de prueba cubren el establecimiento de procedimientos para realizar pruebas para determinar las propiedades mecánicas de sujetadores, arandelas, indicadores de tensión directa y remaches roscados externa e internamente. Los requisitos de propiedad y las pruebas aplicables para su determinación se especifican en estándares de productos individuales. En aquellos casos en que los requisitos de prueba son únicos o están en desacuerdo con estos procedimientos estándar, la norma del producto debe especificar los requisitos de prueba de control. Estos métodos de prueba describen pruebas mecánicas para determinar las siguientes propiedades.

- **Prueba de tensión axial de productos de tamaño completo**

Pruebe los pernos en un soporte con la carga aplicada axialmente entre la cabeza y una tuerca o un accesorio adecuado (figura 2.20), cualquiera de los cuales debe tener suficiente rosca para desarrollar la resistencia total del producto. Ensamble la tuerca o el accesorio en el producto, dejando un mínimo de seis roscas de perno completas expuestas entre los agarres, excepto los pernos estructurales hexagonales pesados, que deberán tener cuatro roscas completas expuestas entre los agarres.

Figura N° 2. 20: Prueba de tensión del perno de tamaño completo (configuración típica).



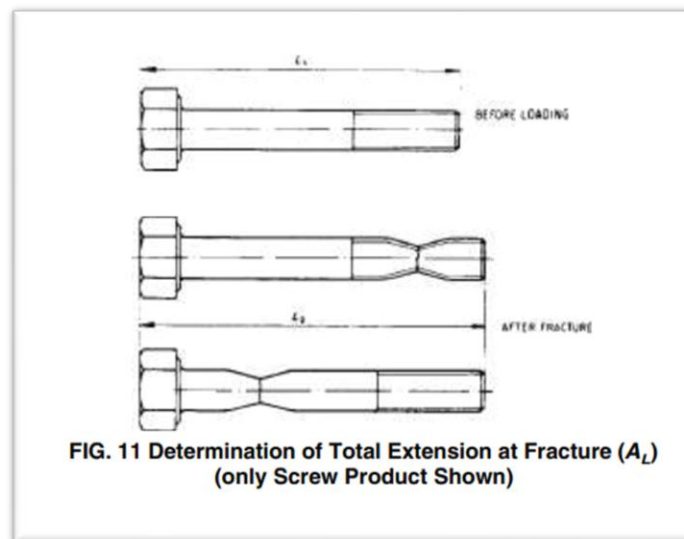
Fuente: ASTM F606.

- **Extensión total en la prueba de fractura**

La prueba de extensión en fractura (AL) se realizará en acero inoxidable y productos no ferrosos (pernos, tornillos y espárragos) en la condición terminada. Los productos a ensayar se medirán para la longitud total (L1) y se muestra en la (figura 2.21). Marque ambos extremos del perno, tornillo o espárrago utilizando una

sustancia marcadora permanente, tal como el azulado, de modo que se establezcan los puntos de referencia de medición para determinar la longitud total L_1 y L_2 . Usando una pinza de extremo abierto y una regla de acero u otro dispositivo capaz de medir hasta 0.010in., Determine la longitud total del producto como se muestra en la (figura 2.21).

Figura N° 2. 21: Determinación de la extensión total en fractura (A_L) (solo se muestra el producto de tornillo).



Fuente: ASTM F606.

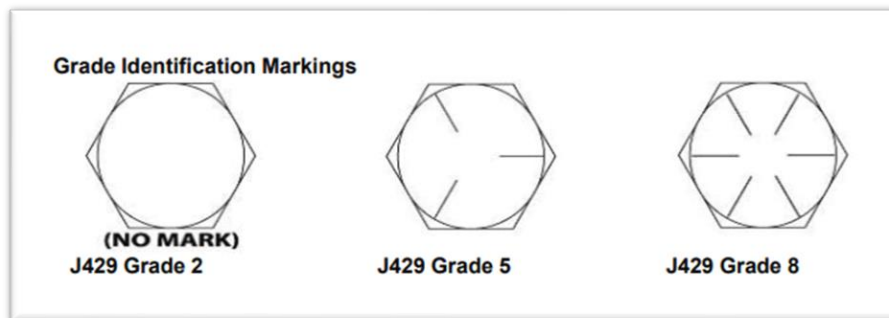
2.2.13. NORMA SAE J429

Según SAE J429 (1999), La especificación SAE J429 cubre el material, los métodos de fabricación, las propiedades mecánicas y los requisitos de prueba para los tornillos de cabeza. Un tornillo de cabeza se diferencia de un perno normal en muchos aspectos. Los pernos estándar tienen tolerancias más sueltas, lo que permite que el cuerpo sea más grande que el diámetro nominal, mientras que el cuerpo de un tornillo de cabeza nunca es más grande que el diámetro nominal. Los tornillos de cabeza también tienen una cara de arandela debajo de la cabeza que proporciona una superficie de apoyo cuando se aprieta. Los tornillos de cabeza SAE J429 cumplen

con las dimensiones de ASME / ANSI B18.2.1 y están disponibles en diámetros que varían de 1/4 "a 1-1 / 2".

- **Grado 2 (baja resistencia)** Acero al carbono bajo o medio / conformado en frío.
- **Grado 5 (resistencia media)** Acero al carbono medio / templado y templado / tratamiento térmico.
- **Grado 8 (alta resistencia)** Acero de aleación de carbono medio / templado y templado / tratamiento térmico.

Figura N° 2. 22: Marcas de identificación de grado.



Fuente: ASTM F606.

- **Resistencia a la tracción (Tensile Strength):** la carga máxima en tensión (separación) que un material puede soportar antes de romperse o fracturarse.
- **Límite elástico (Yield Strength):** la carga máxima a la que un material exhibe una deformación permanente específica.
- **Carga de prueba (Proof Load):** una carga de tracción axial que el producto debe soportar sin evidencia de ningún conjunto permanente.

Figura N° 2. 23: Marcas de identificación de grado.

Mechanical Properties								
Grades	Size	Tensile, psi, min	Yield, psi, min	Proof Load, psi	Rockwell Hardness		Recommended	
					Min	Max	Nut	F/W
2	1/4" – 3/4"	74,000	57,000	55,000	B80	B100	A563	
	7/8" – 1-1/2"	60,000	36,000	33,000	B70	B100		
5	1/4" – 1"	120,000	92,000	85,000	C25	C34	A563	
	1-1/8" – 1-1/2"	105,000	81,000	74,000	C19	C30	or Gr.5	
8	1/4" -1-1/2"	150,000	130,000	120,000	C33	C39	Gr.8	Gr.8

Tensile Strength: The maximum load in tension (pulling apart) that a material can withstand before breaking or fracturing.
Yield Strength: The maximum load at which a material exhibits a specific permanent deformation
Proof Load: An axial tensile load that the product must withstand without evidence of any permanent set.

Fuente: ASTM F606.

2.3. HIPÓTESIS

2.3.1. HIPÓTESIS GENERAL

El estudio y análisis en pernos estructurales sometidos a esfuerzos de tracción, permitirá obtener datos experimentales relevantes con respecto a la valoración con la norma SAE J429, indicando que estos no cumplen al 100% con las especificaciones y requisitos de prueba de calidad del material.

2.3.2. HIPOTESIS ESPECÍFICAS

- ✓ Mediante el diseño y construcción de un equipo de medición de tensión, obtendremos datos experimentales que nos darán a conocer los esfuerzos de tracción en los pernos estructurales.
- ✓ Se obtendrá la gráfica Esfuerzo-Deformación con datos obtenidos del equipo diseñado y construido.
- ✓ Analizar el comportamiento mecánico de los pernos estructurales evaluando los esfuerzos de tracción máxima y de ruptura, estos cumplen en un porcentaje las especificaciones y requisitos de prueba para la calidad del material.



2.4. VARIABLES

2.4.1. VARIABLE INDEPENDIENTE

- Esfuerzo ($\frac{kgf}{m^2}$; $\frac{lbf}{in^2}$)

2.4.2. VARIABLES DEPENDIENTES

- Tipo de Acero (*Grado 1, 2, 5, 8*)
- Diámetro (*diámetro nominal $\frac{1}{2}in$*)
- Sección (*sección nominal $0.19635in^2$*)
- Diámetro menor (*diámetro menor $0.4001in$*)
- Sección (*sección de esfuerzo a tracción $0.1419in^2$*)



CAPITULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. TIPO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

3.1.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

El presente trabajo representa una investigación que tiene alcance explicativo referente a la resistencia de los pernos frente a los esfuerzos sometidos por un equipo de pruebas y ensayos obteniendo información para ser contrastada con valores ya establecidos por los fabricantes, aplicando los conocimientos aprendidos en la etapa de pregrado y llevados a la práctica, para aplicarlos, por tanto, el tipo de nuestra investigación es aplicada y experimental.

3.1.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

El diseño de investigación involucra el uso de varias disciplinas de ingeniería asociadas a la ingeniería mecánica, como la ciencia de los materiales, diseño de elementos de máquina, incluso las ciencias térmicas y de los fluidos, siendo de forma experimental descriptivo, basándose en la obtención de información, sin manipular valores de las variables obtenidas, se busca determinar características del objeto del estudio.

La investigación en todo su desarrollo se realizó estableciendo tres aspectos:

- La ingeniería de diseño del equipo de pruebas de tracción según la norma ASTM F606.
- Construcción del equipo de mediciones según el diseño elaborado.



- Ensayos de pruebas y mediciones para ser contrastadas con los de los fabricantes de pernos.

Esta investigación será de diseño experimental descriptivo, basándose en la obtención de información, sin manipular valores de las variables obtenidas, se busca determinar características del objeto del estudio.

3.2. COMPONENTE DE LA INVESTIGACIÓN

Los elementos que componen la presente investigación son los pernos estructurales de uso industrial, teniendo en el mercado una gran variedad de los mismos, en el cual se distinguen según su tipo de uso, variando el acero del cual fue fabricado, las empresas fabricantes e importadores de los pernos.

En la presente investigación nos enfocaremos al estudio particular de estos pernos estructurales cuyas características son; tipo de acero grado 8, dimensiones de $\frac{1}{2} \times 3$ " UNC. Tomando muestras de cuatro (4) diferentes fabricantes, sometidos a esfuerzos de tracción.

3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA DE LA INVESTIGACIÓN

3.3.1. POBLACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

El presente trabajo de investigación se desarrolló en la empresa ULR INDUSTRIAS E. I. R. Ltda. Ubicada en el Parque industrial Salcedo Manzana "LL" Lote "07" del Centro Poblado de Salcedo, Distrito y Departamento de Puno, empresa dedicada en el área mecánica con el diseño y construcción de estructuras metálicas, elaborando el equipo de medición de tracción, realizando en este lugar los ensayos destructivos en pernos estructurales grado 8.

3.3.2. MUESTRA DE LA INVESTIGACIÓN

Constituye el diseño y construcción de un equipo de medición para el análisis experimental en pernos estructurales sometidos a esfuerzos de tracción, pruebas que serán realizadas a los pernos de cuatro (04) diferentes fabricantes e iguales características, a fin de determinar el comportamiento mecánico y diferencias entre ellos, elaborando el diagrama de esfuerzo – deformación para el análisis de los mismos.

3.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA RECOLECTAR LA INFORMACIÓN

Tabla N° 3.1: Técnicas e instrumentos para recolección de datos

TÉCNICAS	INSTRUMENTOS
- OBSERVACIÓN	- VIDEO GRABACIÓN
- MEDICIONES	- VERNIER Y/O MICRÓMETRO
- ANÁLISIS DOCUMENTAL	- MATERIAL BIBLIOGRÁFICO
- EVALUACIÓN DE MUESTRAS DE ENSAYO	- ELABORACIÓN DEL DIAGRAMA DE ESFUERZO – DEFORMACIÓN

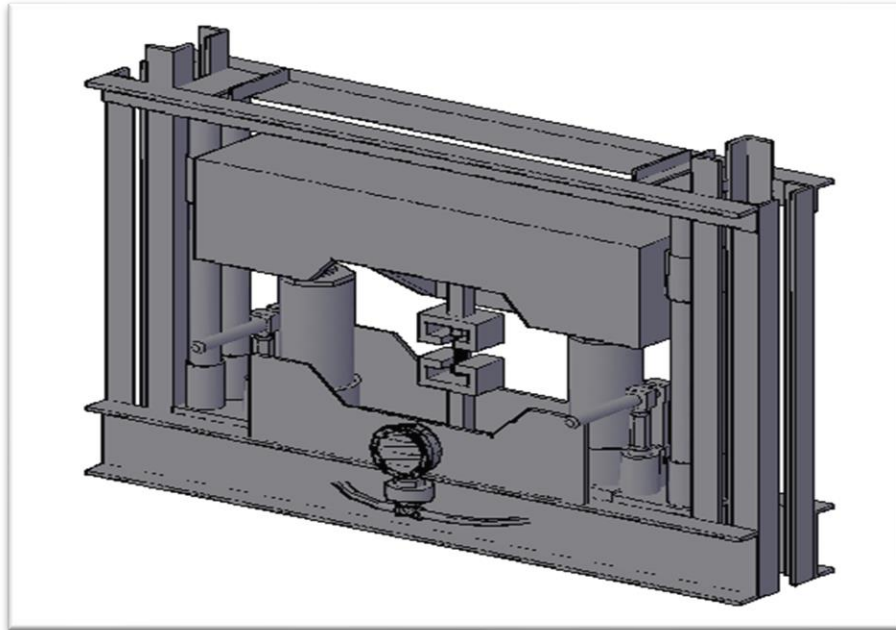
Elaboración propia.

3.5. DISEÑO DEL EQUIPO DE ENSAYO DE TRACCION

3.5.1. DISEÑO DE LA ESTRUCTURA SOPORTE

El diseño del equipo de pruebas está basado en la norma ASTM F606, utilizando para su fabricación estructural se consideró la estructura en tres partes.

Figura N° 3. 1: Equipo de ensayo ensamblado.

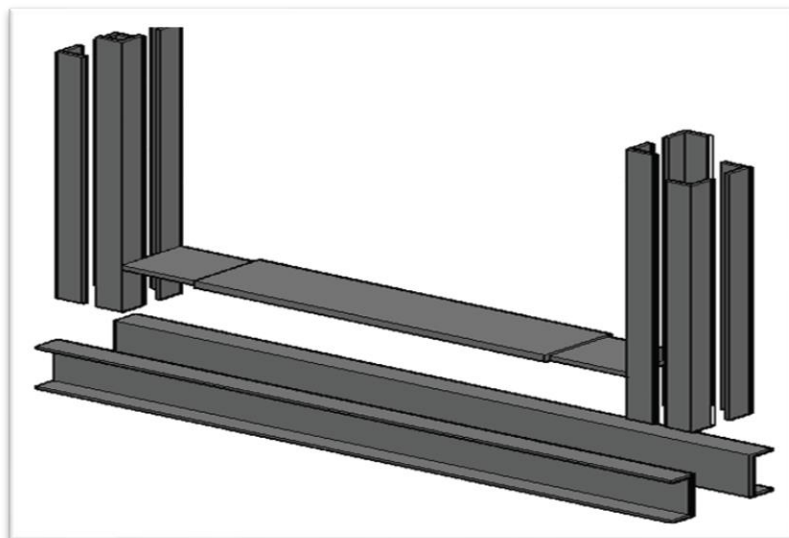


Elaboración propia.

3.5.1.1. PLATAFORMA INFERIOR

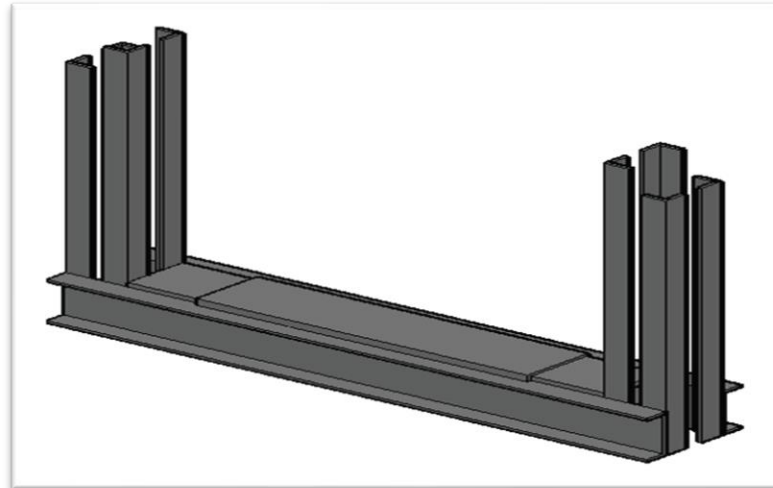
La plataforma inferior está compuesta por 2 perfiles horizontales de acero tipo “C” y una plancha rectangular fijada en la parte superior para unir ambos perfiles, donde se fijará perfiles angulares.

Figura N° 3. 2: Elementos a ensamblar en los soportes inferiores



Elaboración propia.

Figura N° 3.3: Estructura ensamblada en soporte inferior.

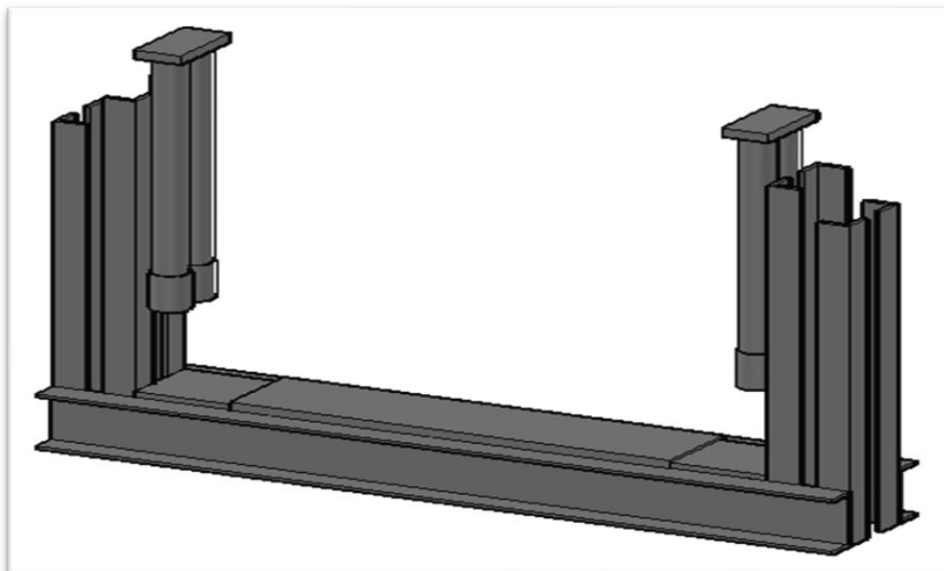


Elaboración propia.

3.5.1.2. ESTRUCTURA INTERMEDIA

Sera el soporte base para colocar los demas componentes del equipo, el soporte para la parte movil, el sistema hidraulico y la mordaza. Consta de 8 angulos verticales, donde se instalara 4 guias de perfil tubular para el deslizamiento del soporte movil que esta soldado en ambos extremos.

Figura N° 3. 4: Vista Plataforma inferior instalando la columna circular.

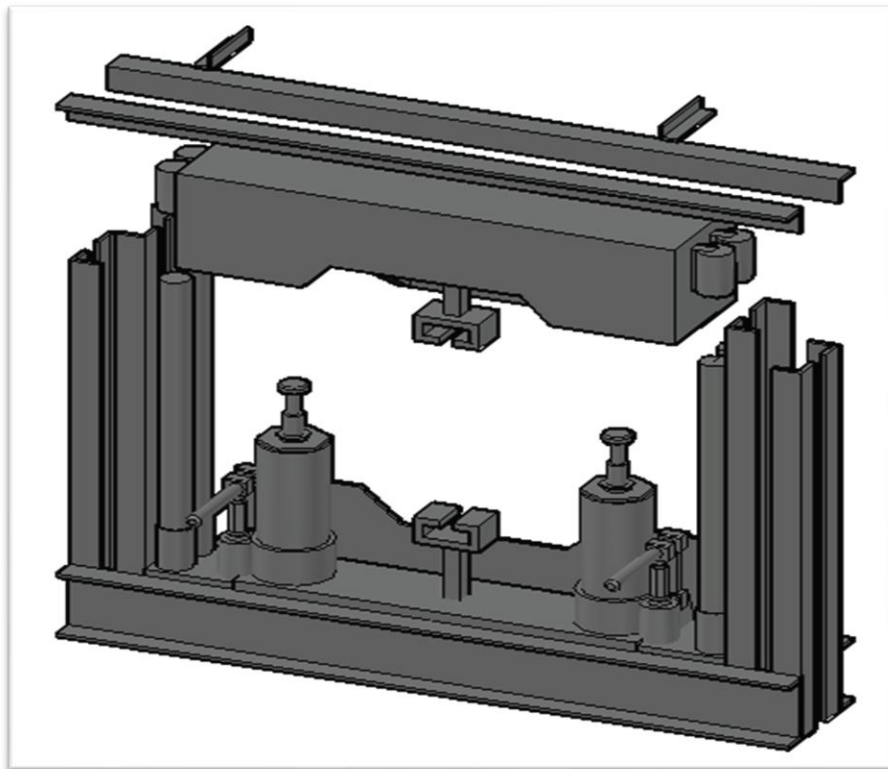


Elaboración propia.

3.5.1.3. PARTE SUPERIOR MOVIL DEL EQUIPO.

En la parte superior de la estructura se montó la parte móvil de la estructura con los ejes de deslizamiento, esta parte móvil se encuentra la mordaza superior, como se aprecia en la imagen, en la parte superior se soldaron las vigas horizontales para darle mayor estabilidad y robustez a todo el sistema de soportes.

Figura N° 3. 5: Vista de la estructura con su soporte superior.



Elaboración propia.

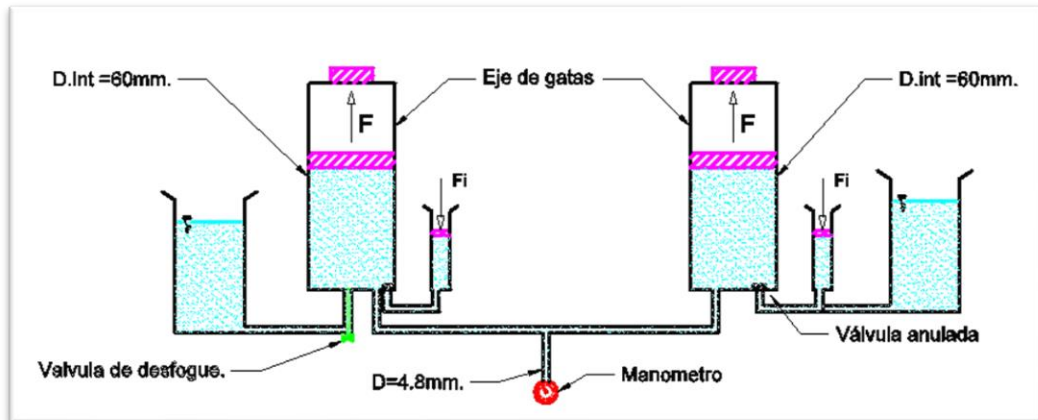
3.5.1.4. MORDAZA

Se fabricará dos mordazas una que se fijara a la base del equipo y la otra que será fijada en la parte móvil, en ambas mordazas se ubicara el perno cuando se vaya a realizar los ensayos de tracción.

$$f'_c = \text{factor de conversión (kgf)} = 0.45359$$

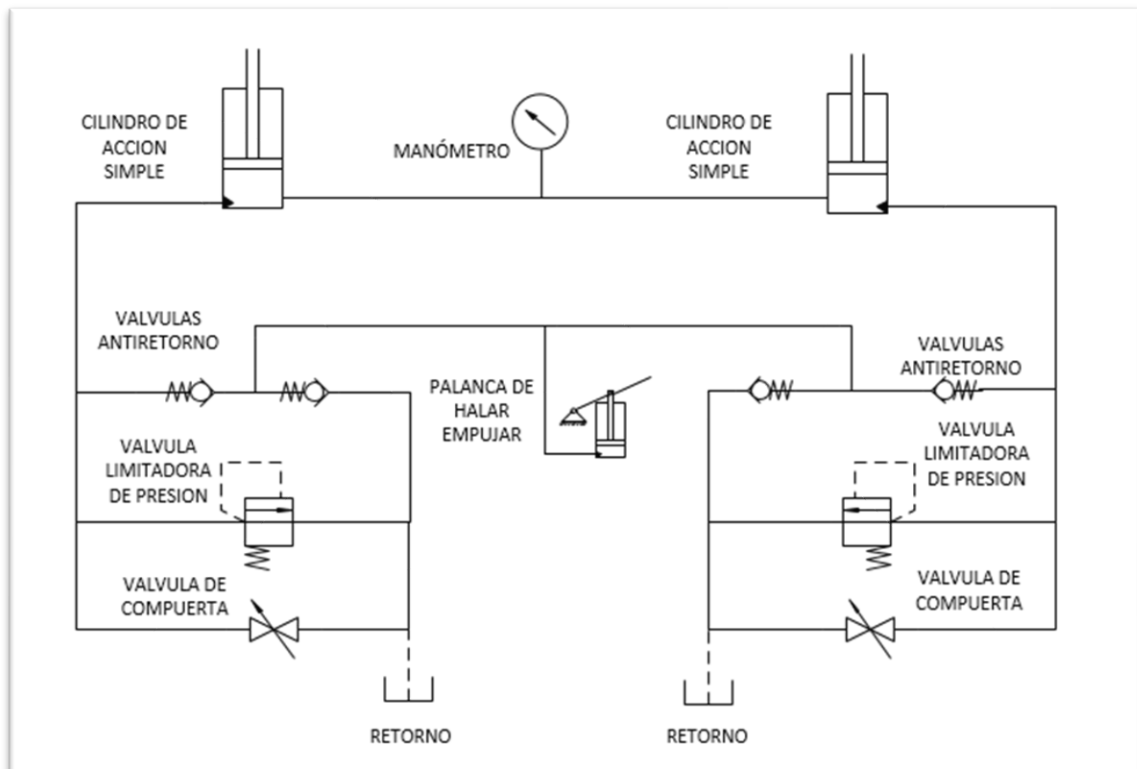
$$X, Y = \text{fuerza calculada (lbf)} ; (\text{kgf})$$

Figura N° 3. 7: Esquema del sistema hidráulico.



Elaboración propia.

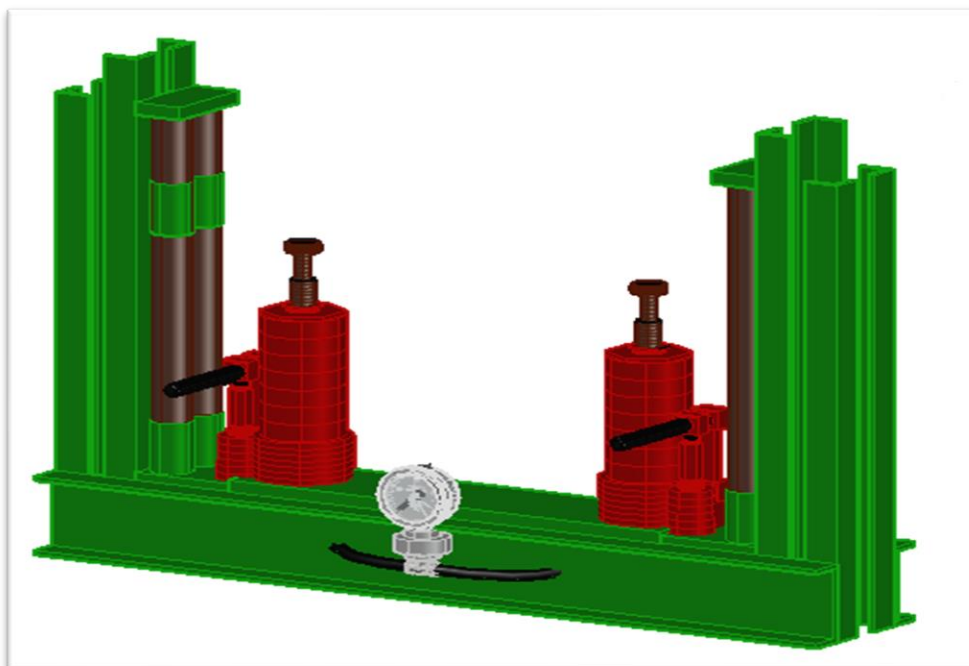
Figura N° 3. 8: Sistema hidráulico



Elaboración propia.

El conjunto hidráulico será fijado en la plataforma inferior del equipo, este sistema hidráulico que se diseñó será de simple maniobrabilidad, permitirá a una persona manipular el equipo de forma mecánica y a su vez tomar los datos obtenidos visualizando el manómetro para luego utilizar el factor de conversión y obtener los datos de fuerza que efectúa el sistema.

Figura N° 3.9: Montaje del Sistema Hidráulico.



Elaboración propia.

3.5.3. PROCESO DE ENSAMBLE MEDIANTE SOLDADURA

Los ensambles serán realizados por el proceso de soldadura SMAW conocido por ser un proceso de arco eléctrico que se da entre un electrodo revestido y el metal, utilizando el tipo de unión a tope por las cuales, si se realizan de manera correcta, es decir, continuas y con una penetración total, no requieren de cálculo alguno. El cual para la elección del electrodo se toma en cuenta lo siguiente para garantizar una soldadura resistente al esfuerzo al que estará sometido.

Tabla N° 3. 2: Correlación de las nmx y ASTM de aceros estructurales.

CORRELACION DE LAS NMX Y ASTM DE ACEROS ESTRUCTURALES					
Nomenclatura		F _y ⁽³⁾		F _u ⁽⁴⁾	
NMX (1)	ASTM (2)	MPa	Kg/cm ²	MPa	Kg/cm ²
B-254	A 36	250	2,530	400 a 550	4,080 a 5,620
	A 529	345	3,515	485	4,950
		380	3,880	485	4,950
B-282	A 242	320	3,235	460	4,710
		345	3,515	485	4,920
		290	2,950	414	4,220
B-284	A 572	345	3,515	450	4,570
		414	4,220	515	5,270
		450	4,570	550	5,620
	A 992	345	3,515	450 a 620	4,570 a 6,330
B-177	A 53	240	2,460	414	4,220
B-199	A 500 (5)	320	3,235	430	4,360
B-200	A 501	250	2,530	400	4,080
	A 588 (6)	345	3,515	483	4,920
	A 709	250	2,550	400	4,080
		345	3,515	450	4,590
		485	4,950	585	5,965
		690	7,036	585	7,750
		620	6,322	690	7,040
	A 913 (7)	345 a 483	3,515 a 4,920	448 a 620	4,570 a 6,330

Fuente. Gerdau Corsa (s.f).

Tabla N° 3.3: Resistencia de uniones soldadas.

Número de electrodo AWS	Resistencia última kpsi (MPa)	Resistencia de fluencia kpsi (MPa)	Elongación (%)
E60xx	62 (427)	50 (345)	17-25
E70xx	70 (482)	57 (393)	22
E80xx	80 (551)	67 (462)	19
E90xx	90 (620)	77 (531)	14-17
E100xx	100 (689)	87 (600)	13-16
E120xx	120 (827)	107 (737)	14

Existen electrodos E60, E70, E80, E90, E100 y E120, de forma que las tensiones últimas oscilan entre 400 y 800 MPa.

Fuente: Ramirez R. (2015).

Según la AWS nos da alcance de las especificaciones en electrodos para un mejor funcionamiento. Para el electrodo E 7018 que posee una capacidad de soldadura que es más uniforme, con buenas propiedades de impacto a temperaturas

bajo cero. Ideal para aceros estructurales ya que te permite soldar en diferentes posiciones.

Figura N° 3.10: Equipo de ensayo de tracción.



Elaboración propia.

Realizado el diseño y construcción del equipo de medición para ensayos de tracción en pernos, como se ve en la figura 3.10, compuesto por una estructura metálica sólida, utilizando soldadura SMAW (soldadura por arco eléctrico con electrodo revestido), dos gatas de 32 ton, conectadas por la base con una cañería de alta presión y ésta a su vez conectada a un manómetro, para la obtención datos experimentales de la presión en libras por pulgada cuadrada (psi) en cada ensayo realizado. Datos que evaluados con el factor de conversión calculado en el diseño del sistema hidráulico de las fórmulas 3.1 y 3.2. se obtienen la fuerza efectuada (lbf) en los ensayos.

3.5.4. EQUIPOS Y MATERIALES UTILIZADOS

3.5.4.1. MATERIALES UTILIZADOS

Tabla N° 3.4: Lista de materiales.

	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	CARACTERÍSTICA	MATERIAL
1	8	PLANCHA DE ACERO A36	1/8, 1/2 y 5/8"	ASTM A36
2	8	PERFIL ANGULAR	1 x 3/16" x 0.6m	ASTM A36 / ASTM 572 - G50
3	2	PERFIL ANGULAR	1 1/2" x 3/16 x 2m	ASTM A36 / ASTM 572 - G50
4	4	PERFIL REDONDO CROMADO	1" 0.36m	ASTM A36 / SAE 1045
5	2	PERFIL ESTRUCTURA TIPO C	4" x 1m	ASTM A36 / ASTM 572 - G50
6	2	EJE ESTRUCTURAL	1 1/2" 0.16m	ASTM A36 / SAE 1045
7	2	GATO HIDRAULICO DEREK MOTOR	32T	
8	3	MANGUERA DE ALTA PRESION	10 000 psi DN 6mm	
9	3	UNION METALIA DE MANGUERA	0.5m	
10	1	UNION DE MANGUERA TIPO T	Unidad	
11	1	MANOMETRO BALFLUX 3500 Psi / 250 Bar	Unidad	
12	1kg	ELECTRODO SUPERCITO	AWS E7018	
13	1kg	ELECTRODO PUNTO AZUL	AWS E6010	
14	¼ gl	BASE SINCROMATO		
15	¼ gl	PINTURA ESMALTE		

Elaboración propia.

3.5.4.2. EQUIPOS UTILIZADOS

- Máquina de soldar.
- Equipo de oxicorte.
- Esmeril de mano.
- Taladro de banco.
- Tronzadora.

- Tornillo de banco.
- Mesa de trabajo.

3.6. ENSAYO DE TRACCIÓN DE LOS PERNOS

Para el ensayo se tomarán 4 tipos de pernos de $\frac{1}{2}$ en distintas marcas, cada una de un diferente proveedor para poder determinar su detalle técnico.

Para las pruebas se utilizaron 4 importadoras diferentes, para obtener una mejor toma de resultados se utilizó 3 pernos de cada uno, los cuales tienen las siguientes dimensiones.

Tabla N° 3.5: Dimensiones de los pernos en experimentación.

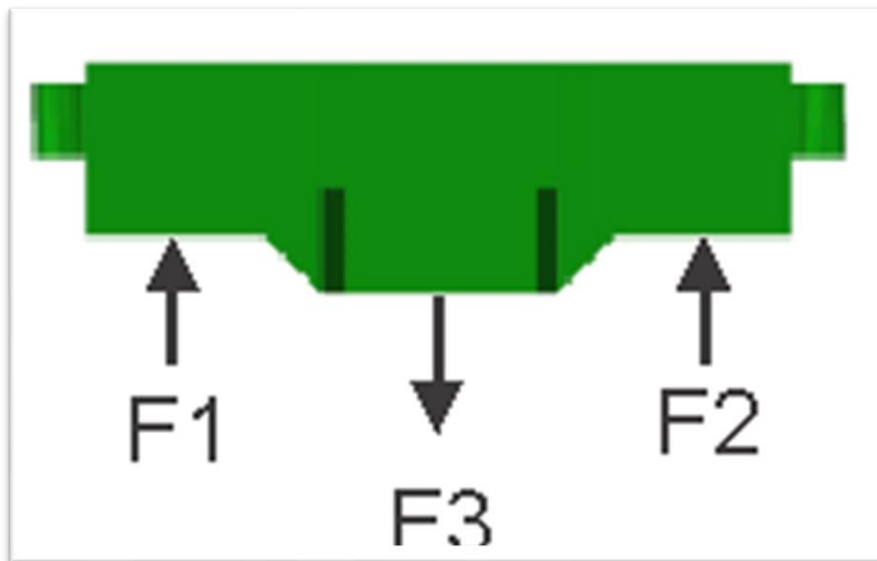
IMPORTADO	CLASE	MARCA	Diámetro nominal	Diámetro menor	Longitud
IDIPSA	PERNO HEXAGONAL DE 1/2 GRADO 8	JDF	0.500	0.4001	2.975
CORONA S.A.	PERNO HEXAGONAL DE 1/2 GRADO 8	@	0.500	0.4001	2.970
DINA FASTER	PERNO HEXAGONAL DE 1/2 GRADO 8	DF	0.500	0.4001	2.975
INFASCO	PERNO HEXAGONAL DE 1/2 GRADO 8	A	0.500	0.4001	2.970

Elaboración propia.

3.6.1. CÁLCULO DE LOS ESFUERZOS

Con la Lectura del manómetro determinaremos la Fuerza Aplicada Directa al perno. La presión en el sistema es constante consideramos las 2 áreas de los émbolos de las gatas para determinar la fuerza resultante.

Figura N° 3.11: Diagrama de cuerpo libre.



Elaboración propia.

A continuación, desarrollamos el proceso de cálculo para determinar la fuerza de actuación del sistema y como se realiza el cálculo para una medida de la lectura del primer ensayo del perno de ½ grado 8 de marca INFASCO, siendo el mismo procedimiento para los demás ensayos.

- El esfuerzo máximo del perno es:

$$\sigma_{\max} = \frac{F}{A_s}$$

- ✓ Área de los émbolos

$$A_s = \frac{\pi}{4} D_{emb1}^2 + \frac{\pi}{4} D_{emb2}^2$$

$$A_s = \frac{\pi}{4} (2.3622in)^2 + \frac{\pi}{4} (2.3622in)^2$$

$$A_s = 8.765026in^2$$



✓ Fuerza resultante

Se obtiene de la toma de datos del esfuerzo de ruptura del perno de ½ grado 8 marca INFASCO.

$$F = \sigma A_s$$

Donde:

$\sigma =$ *esfuerzo lectura manométrica*

$$F = 2620 \frac{lb_f}{in^2} * 8.765026in^2$$

$$F = \mathbf{22964.368lb_f}$$

Para los pernos regulados bajo la norma ASTM la fuerza aplicada en el perno con un diámetro de $\phi = 0.5in$

✓ Área del perno (nominal):

$$A_p = \frac{\pi}{4} D_p^2 = \frac{\pi}{4} (0.5in)^2$$

$$A_p = 0.196345in^2$$

✓ Esfuerzo del perno (ruptura):

$$\sigma_p = \frac{F}{A_p}$$

$$\sigma_p = \frac{22964.368lb_f}{0.196345in^2}$$

$$\sigma_p = \mathbf{116\ 959.27psi}$$

3.6.2. RESULTADOS OBTENIDOS

Tabla N° 3.6: Tabla de resultados

MARCA	PRUEBA N°	LECTURA DEL MANÓMETRO (Psi)		FUERZA CALCULADA (Lbf)		ESFUERZO CALCULADO (Psi)	
		ESFUERZO DE RUPTURA (Psi)	ESFUERZO MÁXIMO (Psi)	FUERZA CALCULADA (Lbf)	FUERZA CALCULADA (Lbf)	ESFUERZO DE RUPTURA (Psi)	ESFUERZO MÁXIMO (Psi)
JDF	1	2750	3000	24103.8215	26295.0780	122762.594	133922.83
	2	2600	2850	22789.0676	24980.3241	116066.452	127226.688
	3	2500	2800	21912.565	24542.0728	111602.358	124994.641
@	1	2300	2990	20159.5598	26207.4277	102674.169	133476.42
	2	2550	2950	22350.8163	25856.8267	113834.405	131690.783
	3	2520	3000	22087.8655	26295.0780	112495.177	133922.831
DF	1	2300	2750	20159.5598	24103.8215	102674.169	122762.594
	2	2600	2900	22789.0676	25418.5754	116066.452	129458.735
	3	2700	2900	23665.5702	25418.5754	120530.547	129458.735
Δ	1	2620	3150	22964.3681	25418.5754	116959.271	140618.875
	2	2800	2950	24542.0728	25856.8267	124994.641	131690.783
	3	2520	3000	22087.8655	26295.078	112495.177	133922.831

Elaboración propia.

3.6.3. CÁLCULO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LOS PERNOS

✓ **Módulo de elasticidad (E)**

A continuación, desarrollamos el proceso de cálculo para determinar el módulo de elasticidad del acero grado 8 en el ensayo 1 del perno hexagonal de ½ grado 8 marca IDIPSA, siendo el mismo procedimiento para los demás ensayos.

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} = \frac{F/A_0}{\Delta l/l_0}$$

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} = \frac{26295.078\text{lbf}}{\frac{0.1419\text{in}^2}{\frac{0.04\text{in}}{2.97\text{in}}}}$$



$$E = \frac{185307.10359\text{psi}}{0.013468}$$

$$E = 13759052.4419\text{psi}$$

$$1\text{psi} = 6894.757\text{Pa}$$

$$E = 13759052.4419\text{psi} * 6894.757$$

$$1 * 10^9\text{Pa} = 1\text{GPa}$$

$$E = 94865327170.9\text{Pa} = 94.8653\text{GPa}$$

Tabla N° 3.7: resultados del módulo de elasticidad

IMPORTADO	CLASE	MARCA	PRUEBA N°	MÓDULO DE ELASTICIDAD (E) GPa
IDIPSA	PERNO EXAGONAL DE 1/2 GRADO 8	JDF	1	94.8653
			2	98.1304
			3	97.9877
		PROMEDIO		96.9945
CORONA S.A.	PERNO EXAGONAL DE 1/2 GRADO 8	@	1	100.3297
			2	97.4156
			3	97.5583
		PROMEDIO		98.4345
DINA FASTER	PERNO EXAGONAL DE 1/2 GRADO 8	DF	1	90.8452
			2	96.2731
			3	93.2731
		PROMEDIO		93.4638
INFASCO	PERNO EXAGONAL DE 1/2 GRADO 8	Δ	1	112.1657
			2	115.5479
			3	125.3006
		PROMEDIO		117.6714

Elaboración propia.

✓ **Límite elástico**

A continuación, desarrollamos el proceso de cálculo para determinar el límite elástico o esfuerzo de fluencia del acero grado 8 teniendo en consideración la deformación total evaluada en el ensayo 1 del perno hexagonal de ½ grado 8 marca IDIPSA, realizando una interpolación entre los límites evaluados en el diagrama esfuerzo deformación y los alcances de referencia del límite elástico (0.2% o 0.002in/in), siendo el mismo procedimiento para los demás ensayos.

Tabla N° 3.8: interpolación lineal

INTERPOLACIÓN LINEAL	
X_0	Y_0
X	Y=?
X_1	Y_1

Elaboración propia.

$$y = y_0 + \frac{y_1 - y_0}{x_1 - x_0} * (x - x_0) \quad (3.3)$$

$$y = 118295.683 + \frac{111599.701 - 118295.683}{0.0016818 - 0.00235452} * (0.002 - 0.00235452)$$

$$y = 118295.683 + 9953594.51 * (-0.00035452)$$

$$y = 114766.934 \text{psi}$$

Tabla N° 3.9: resultados del límite elástico

IMPORTADO	CLASE	MARCA	PRUEBA N°	LÍMITE ELÁSTICO O ESFUERZO DE FLUENCIA (Psi)
IDIPSA	PERNO EXAGONAL DE 1/2 GRADO 8	JDF	1	114766.934
			2	114766.934
			3	114766.934
		PROMEDIO		114766.934
CORONA S.A.	PERNO EXAGONAL DE 1/2 GRADO 8	@	1	113787.059
			2	115230.42
			3	118818.872
		PROMEDIO		115945.450
DINA FASTER	PERNO EXAGONAL DE 1/2 GRADO 8	DF	1	112648.745
			2	112845.635
			3	113043.061
		PROMEDIO		112845.814
INFASCO	PERNO EXAGONAL DE 1/2 GRADO 8	Δ	1	127156.706
			2	128271.567
			3	126457.861
		PROMEDIO		127295.378

Elaboración propia.

✓ **Cálculo del porcentaje de alargamiento (A%)**

A continuación, desarrollamos el proceso de cálculo para determinar el porcentaje de alargamiento en el ensayo 1 del perno hexagonal de ½ grado 8 marca IDIPSA, siendo el mismo procedimiento para los demás ensayos.

Datos: $l_f = 3.105in$

$$l_0 = 2.973in$$

$$A\% = \frac{(3.105 - 2.973)in}{2.973in} * 100\%$$

$$A\% = 0.0443995 * 100\%$$

$$A\% = 4.4399\%$$

Tabla N° 3.10: Resultados del porcentaje de alargamiento.

IMPORTADO	CLASE	MARCA	PRUEBA N°	PORCENTAJE DE ALARGAMIENTO (%)
IDIPSA	PERNO EXAGONAL DE 1/2 GRADO 8	JDF	1	4.4310
			2	4.3362
			3	4.5463
		PROMEDIO		4.4408
CORONA S.A.	PERNO EXAGONAL DE 1/2 GRADO 8	@	1	4.8923
			2	4.3771
			3	4.7138
		PROMEDIO		4.6611
DINA FASTER	PERNO EXAGONAL DE 1/2 GRADO 8	DF	1	4.9412
			2	5.3782
			3	4.9672
		PROMEDIO		5.0956
INFASCO	PERNO EXAGONAL DE 1/2 GRADO 8	Δ	1	3.5354
			2	3.4898
			3	3.5721
		PROMEDIO		3.5324

Elaboración propia.

✓ **Porcentaje de estricción (Z%)**

A continuación, desarrollamos el proceso de cálculo para determinar el porcentaje de estricción en el ensayo 1 del perno hexagonal de ½ grado 8 marca IDIPSA, siendo el mismo procedimiento para los demás ensayos.

Datos:

$$D_f = 0.361in \text{ (lectura de ensayo 1)}$$

$$A_f = \frac{\pi}{4} D_f^2 = \frac{\pi}{4} (0.361in)^2$$

$$A_f = 0.102354in^2$$

$$A_0 = 0.1419in^2 \text{ (tabla 2.3)}$$

$$Z\% = \frac{(0.1419 - 0.102354)in^2}{0.1419in^2} * 100\%$$

$$Z\% = 0.27869 * 100\%$$

$$Z\% = 27.8689\%$$

Tabla N° 3.11: Resultados del porcentaje de estricción.

IMPORTADO	CLASE	MARCA	PRUEBA N°	PORCENTAJE DE ESTRICCIÓN (%)
IDIPSA	PERNO EXAGONAL DE 1/2 GRADO 8	JDF	1	27.8689
			2	27.2727
			3	28.3941
		PROMEDIO		27.8452
CORONA S.A.	PERNO EXAGONAL DE 1/2 GRADO 8	@	1	30.7703
			2	28.5299
			3	29.6476
		PROMEDIO		29.6493
DINA FASTER	PERNO EXAGONAL DE 1/2 GRADO 8	DF	1	31.9779
			2	32.8263
			3	31.8425
		PROMEDIO		32.2156
INFASCO	PERNO EXAGONAL DE 1/2 GRADO 8	Δ	1	22.2360
			2	21.9492
			3	22.4668
		PROMEDIO		22.2174

Elaboración propia.

✓ **Esfuerzo máximo y de ruptura (real) (σ_r)**

A continuación, desarrollamos el proceso de cálculo para determinar el esfuerzo máximo y de ruptura real en el ensayo 1 del perno hexagonal de ½ grado 8 marca IDIPSA. Para los pernos de rosca unificada (UNC) tendremos las dimensiones de la tabla 2.3, siendo el mismo procedimiento para todos los ensayos.

- Área de esfuerzo a la tracción del perno (tabla 2.3):

$$A_{et} = 0.1419in^2$$

- Esfuerzo de máximo real ($\sigma_{t'}$)

$$\sigma_{t'} = \frac{F}{A_{et}}$$

$$\sigma_{t'} = \frac{26295.078lb_f}{0.1419in^2}$$

$$\sigma_{t'} = 185307.1036psi$$

Tabla N° 3.12: resultados del esfuerzo máximo real

IMPORTADO	CLASE	MARCA	PRUEBA N°	ESFUERZO MÁXIMO REAL (PSI)
IDIPSA	PERNO EXAGONAL DE 1/2 GRADO 8	JDF	1	185307.104
			2	176041.748
			3	172953.297
		PROMEDIO		178100.716
CORONA S.A.	PERNO EXAGONAL DE 1/2 GRADO 8	@	1	184689.413
			2	182218.652
			3	185307.104
		PROMEDIO		184071.723
DINA FASTER	PERNO EXAGONAL DE 1/2 GRADO 8	DF	1	169864.845
			2	179130.2
			3	179130.2
		PROMEDIO		176041.748
INFASCO	PERNO EXAGONAL DE 1/2 GRADO 8	Δ	1	179130.2
			2	182218.652
			3	185307.104
		PROMEDIO		182218.652

Elaboración propia.

- Diámetro instantáneo del perno:

$$D_i = 0.361in \text{ (lectura de ensayo 1)}$$

- Área instantánea del perno:

$$A_i = \frac{\pi}{4} D_i^2 = \frac{\pi}{4} (0.361in)^2$$

$$A_i = 0.102354in^2$$

- Esfuerzo de ruptura real (σ_{tr})

$$\sigma_{tr} = \frac{F}{A_i}$$

$$\sigma_{tr} = \frac{24103.8215lb_f}{0.102354in^2}$$

$$\sigma_{tr} = 235494.6705psi$$

Tabla N° 3.13: Resultados del esfuerzo de ruptura real.

IMPORTADO	CLASE	MARCA	PRUEBA N°	ESFUERZO DE RUPTURA REAL (PSI)
IDIPSA	PERNO EXAGONAL DE 1/2 GRADO 8	JDF	1	235494.67
			2	222649.507
			3	214086.064
		PROMEDIO		224076.747
CORONA S.A.	PERNO EXAGONAL DE 1/2 GRADO 8	@	1	230210.801
			2	255233.714
			3	252230.964
		PROMEDIO		245891.826
DINA FASTER	PERNO EXAGONAL DE 1/2 GRADO 8	DF	1	196959.179
			2	222649.507
			3	231212.949
		PROMEDIO		216940.545
INFASCO	PERNO EXAGONAL DE 1/2 GRADO 8	Δ	1	194224.839
			2	207568.531
			3	186811.677
		PROMEDIO		196201.683

Elaboración propia.

✓ **Deformación real (ϵ_t)**

Desarrollamos el proceso de cálculo para determinar la deformación real en el ensayo 1 del perno hexagonal de 1/2 grado 8 marca IDIPSA, tomando los datos de

la longitud inicial y la longitud final después del ensayo realizado, siendo el mismo procedimiento para los demás ensayos.

$$\epsilon_t = \int_{l_0}^{l_i} \frac{dl}{l} = \ln \frac{l_i}{l}$$

Datos:

$$l = 2.973in$$

$$l_i = 3.105in$$

$$\epsilon_t = \ln \frac{3.105in}{2.973in} * 100\%$$

$$\epsilon_t = 0.04344 * 100\%$$

$$\epsilon_t = 4.344\%$$

Tabla N° 3.14: Resultados de la deformación real.

IMPORTADO	CLASE	MARCA	PRUEBA N°	DEFORMACIÓN REAL (%)
IDIPSA	PERNO EXAGONAL DE 1/2 GRADO 8	JDF	1	4.344
			2	4.242
			3	4.840
		PROMEDIO		4.4753
CORONA S.A.	PERNO EXAGONAL DE 1/2 GRADO 8	@	1	5.173
			2	4.785
			3	4.961
		PROMEDIO		4.973
DINA FASTER	PERNO EXAGONAL DE 1/2 GRADO 8	DF	1	4.820
			2	5.243
			3	3.998
		PROMEDIO		4.687
INFASCO	PERNO EXAGONAL DE 1/2 GRADO 8	Δ	1	3.478
			2	3.471
			3	3.801
		PROMEDIO		3.583

Elaboración propia.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De los resultados obtenidos podemos compararlos con los valores que nos brinda la norma SAE J429 obteniendo la siguiente tabla.

Tabla N° 4.1: Tabla de resultados teóricos vs prácticos.

IMPORTADO	MARCA	ESFUERZO DE RUPTURA (Psi)	
		CARGA DE PRUEBA (PROOF LOAD) (Psi)	ESFUERZO CALCULADO (Psi)
IDIPSA	JDF	120000	116810.468
CORONA S.A.	@	120000	109667.917
DINA FASTER	DF	120000	113090.389
INFASCO	A	120000	118149.696

IMPORTADO	MARCA	ESFUERZO MÁXIMO (Psi)	
		RESISTENCIA A LA TRACCIÓN (TENSILE STRENGTH) (Psi)	ESFUERZO CALCULADO (Psi)
IDIPSA	JDF	150000	128714.721
CORONA S.A.	@	150000	133030.011
DINA FASTER	DF	150000	127226.688
INFASCO	A	150000	135410.829

IMPORTADO	MARCA	ESFUERZO DE FLUENCIA (Psi)	
		LÍMITE ELÁSTICO (YIELD STRENGTH) (Psi)	ESFUERZO CALCULADO (Psi)
IDIPSA	JDF	130000	114766.934
CORONA S.A.	@	130000	115945.450
DINA FASTER	DF	130000	112845.814
INFASCO	A	130000	127295.378

Elaboración propia.

Tabla N° 4.2: Cálculo del error en las mediciones de esfuerzo máximo.

IMPORTADO	MARCA	ESFUERZO MÁXIMO (Psi)		ERROR		
		RESISTENCIA A LA TRACCIÓN (TENSILE STRENGTH) (Psi)	ESFUERZO CALCULADO (Psi)	ERROR ABSOLUTO (Psi)	ERROR RELATIVO	ERROR RELATIVO %
IDIPSA	JDF	150000	128714.721	21285.279	0.14190186	14.190
CORONA S.A.	@	150000	133030.011	16969.989	0.11313326	11.313
DINA FASTER	DF	150000	127226.688	22773.312	0.15182208	15.182
INFASCO	A	150000	135410.829	14589.171	0.09726114	9.726

Elaboración propia.

Tabla N° 4.3: Cálculo del error en las mediciones de esfuerzo de fluencia.

IMPORTADO	MARCA	ESFUERZO DE FLUENCIA (Psi)		ERROR		
		LÍMITE ELÁSTICO (YIELD STRENGTH) (Psi)	ESFUERZO CALCULADO (Psi)	ERROR ABSOLUTO	ERROR RELATIVO	ERROR RELATIVO %
IDIPSA	JDF	130000	116810.468	3189.532	0.02657943	2.658
CORONA S.A.	@	130000	109667.917	10332.083	0.08610069	8.610
DINA FASTER	DF	130000	113090.389	6909.611	0.05758009	5.758
INFASCO	A	130000	118149.696	1850.304	0.0154192	1.542

Elaboración propia.

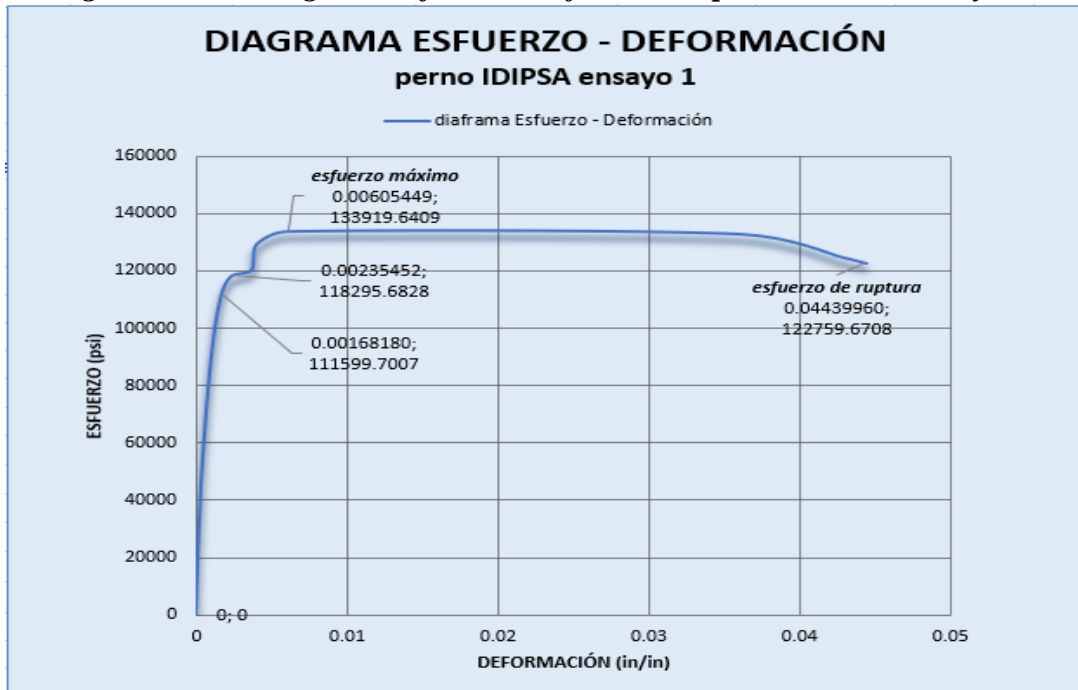
Tabla N° 4.4: Cálculo del error en las mediciones de Esfuerzo de ruptura.

IMPORTADO	MARCA	ESFUERZO DE RUPTURA (Psi)		ERROR		
		CARGA DE PRUEBA (PROOF LOAD) (Psi)	ESFUERZO CALCULADO (Psi)	ERROR ABSOLUTO	ERROR RELATIVO	ERROR RELATIVO %
IDIPSA	JDF	120000	114766.934	15233.066	0.11717743	11.718
CORONA S.A.	@	120000	115945.45	14054.55	0.10811192	10.812
DINA FASTER	DF	120000	112845.81	17154.186	0.13195528	13.196
INFASCO	A	120000	127295.38	2704.622	0.02080478	2.081

Elaboración propia.

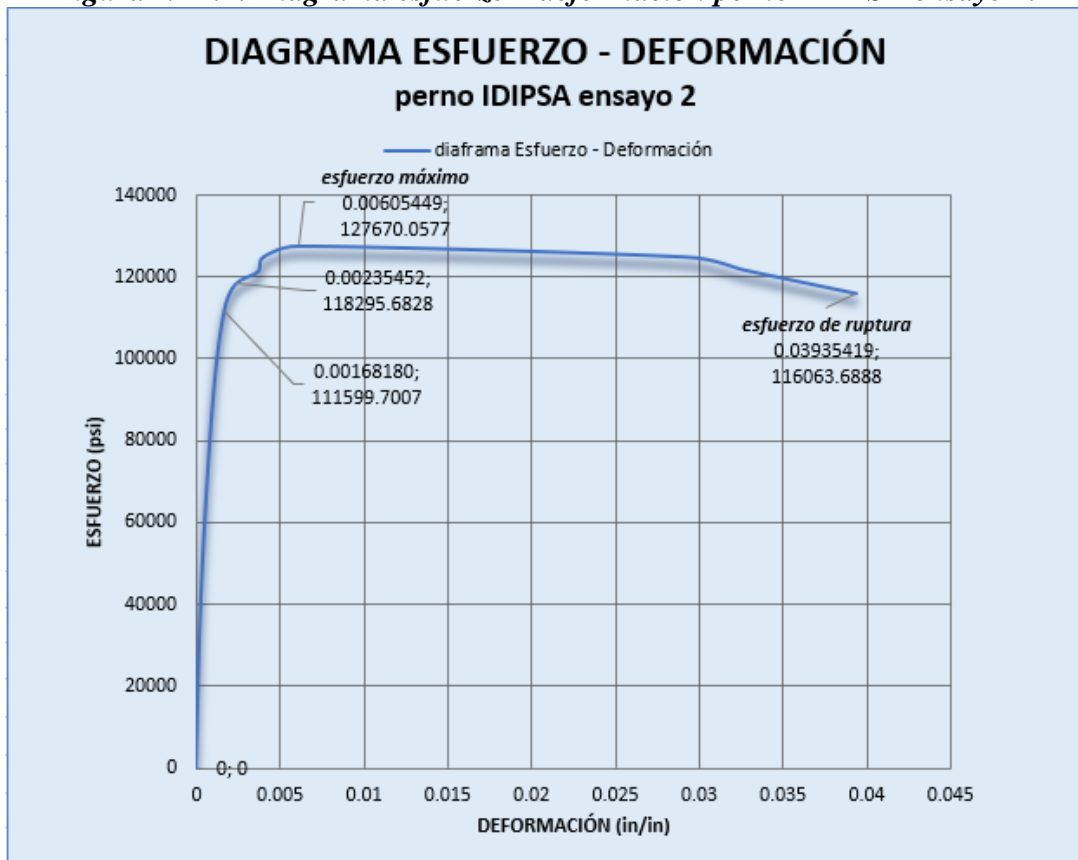
- ✓ Con estos resultados tomados de los datos experimentales, calculamos con la tabla de conversión elaboramos el diagrama de Esfuerzo - Deformación del material del acero, con el cual se fabricaron los pernos, obteniendo datos experimentales de esfuerzo (psi) de la lectura manométrica (lectura obtenida con videograbaciones y fotografías), cuyos datos obtenidos son evaluados con el factor de conversión dando como resultado el valor de la fuerza real (lbf) ejercida por parte del sistema a la probeta utilizada para el ensayo (pernos de ½ grado 8). Por otra parte, es calculado la deformación unitaria (in/in) utilizando la fórmula 2.3, obteniendo y evaluada de esta manera con varios datos según la lectura manométrica incluida las de esfuerzo máximo y de ruptura los siguientes esquemas:

Figura N° 4.1: Diagrama esfuerzo – deformación perno IDIPSA ensayo 1.



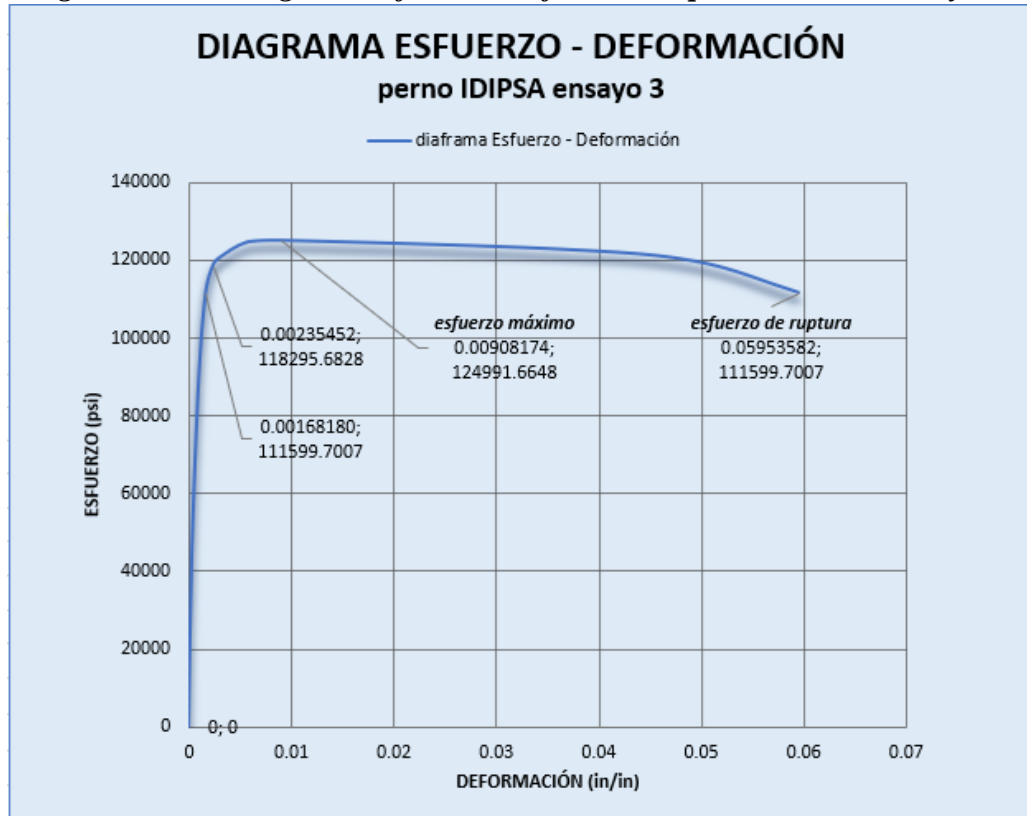
Elaboración propia.

Figura N° 4.2: Diagrama esfuerzo – deformación perno IDIPSA ensayo 2.



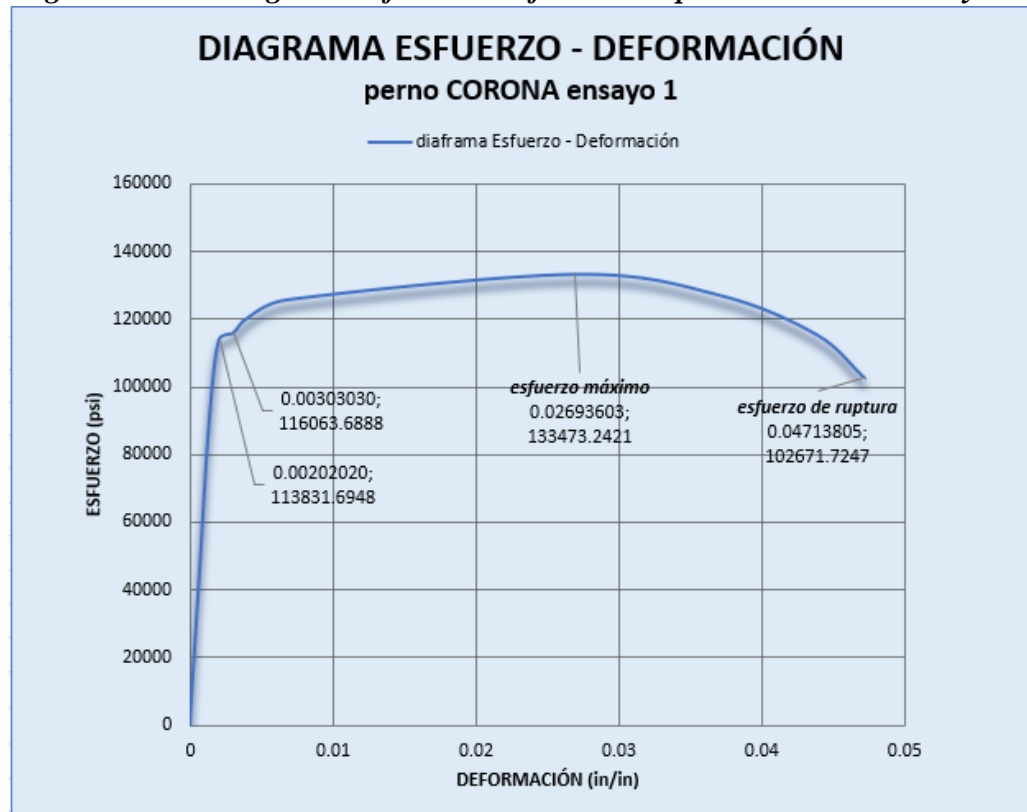
Elaboración propia.

Figura N° 4.3: Diagrama esfuerzo – deformación perno IDIPSA ensayo 3.



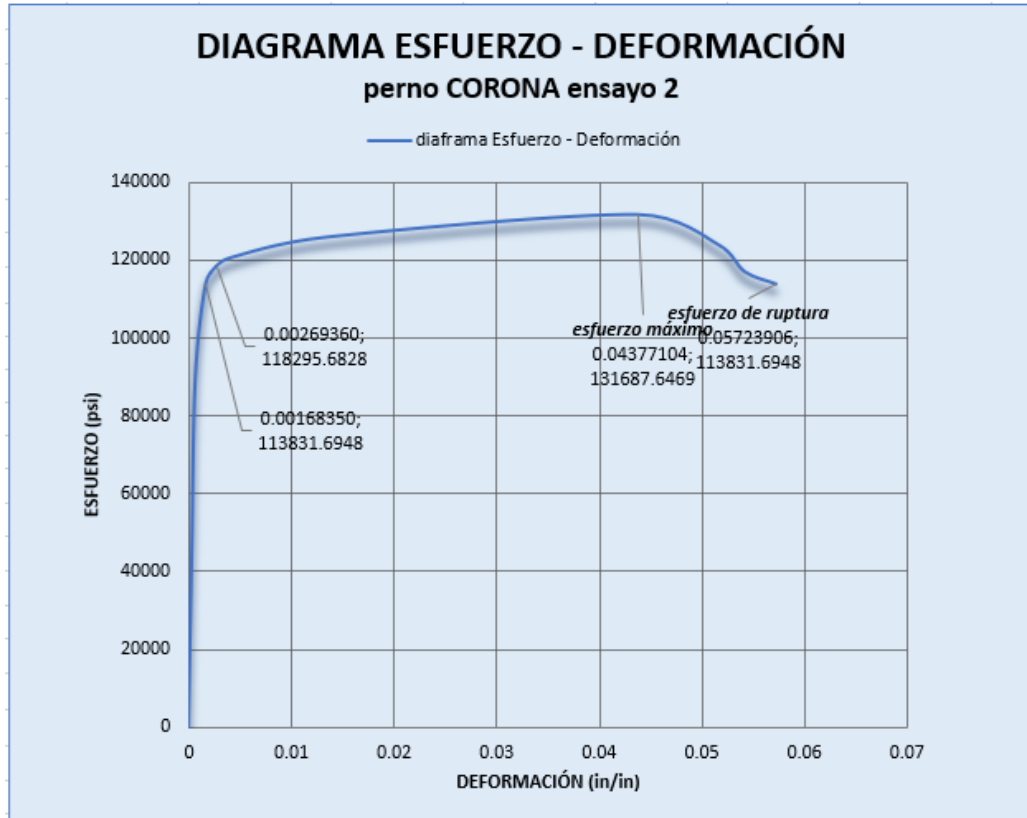
Elaboración propia.

Figura N° 4.4: Diagrama esfuerzo – deformación perno CORONA ensayo 1.



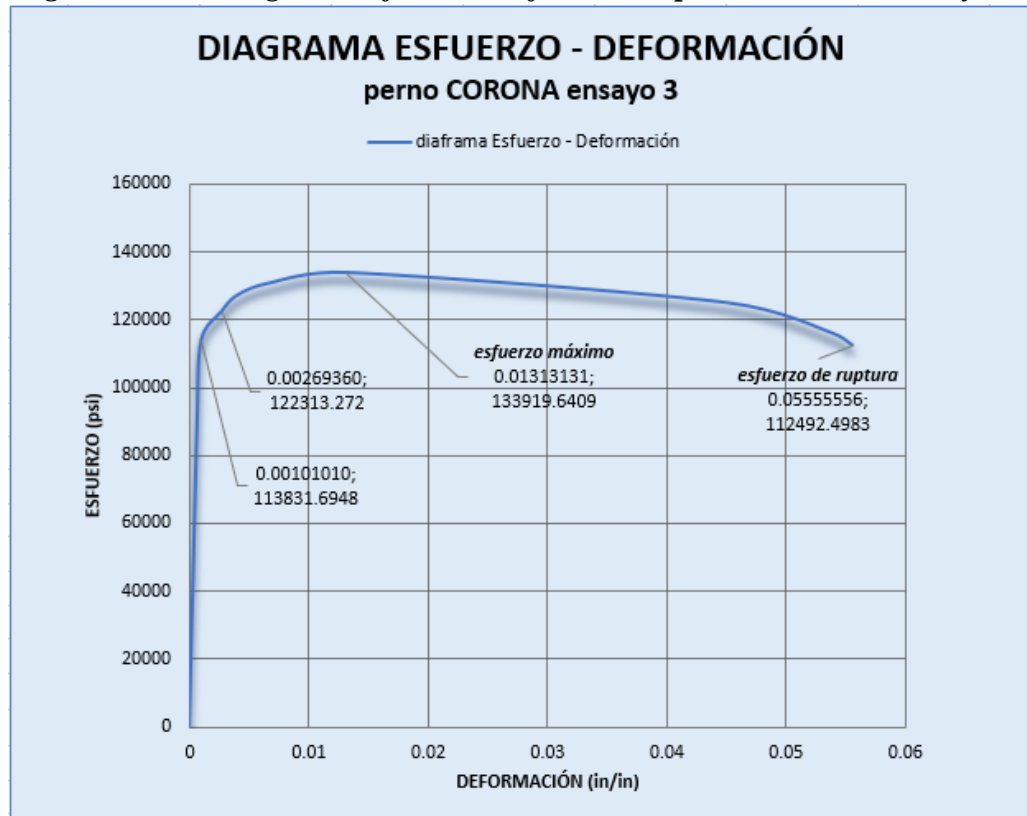
Elaboración propia.

Figura N° 4.5: Diagrama esfuerzo – deformación perno CORONA ensayo 2.



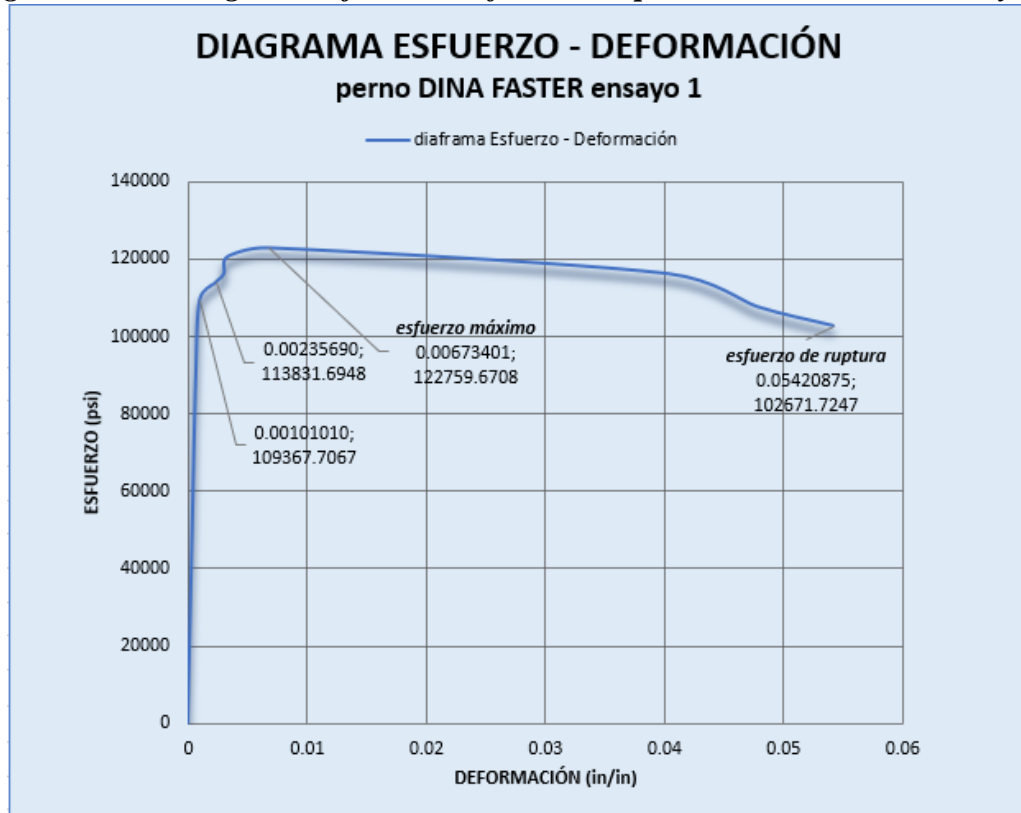
Elaboración propia.

Figura N° 4.6: Diagrama esfuerzo – deformación perno CORONA ensayo 3.



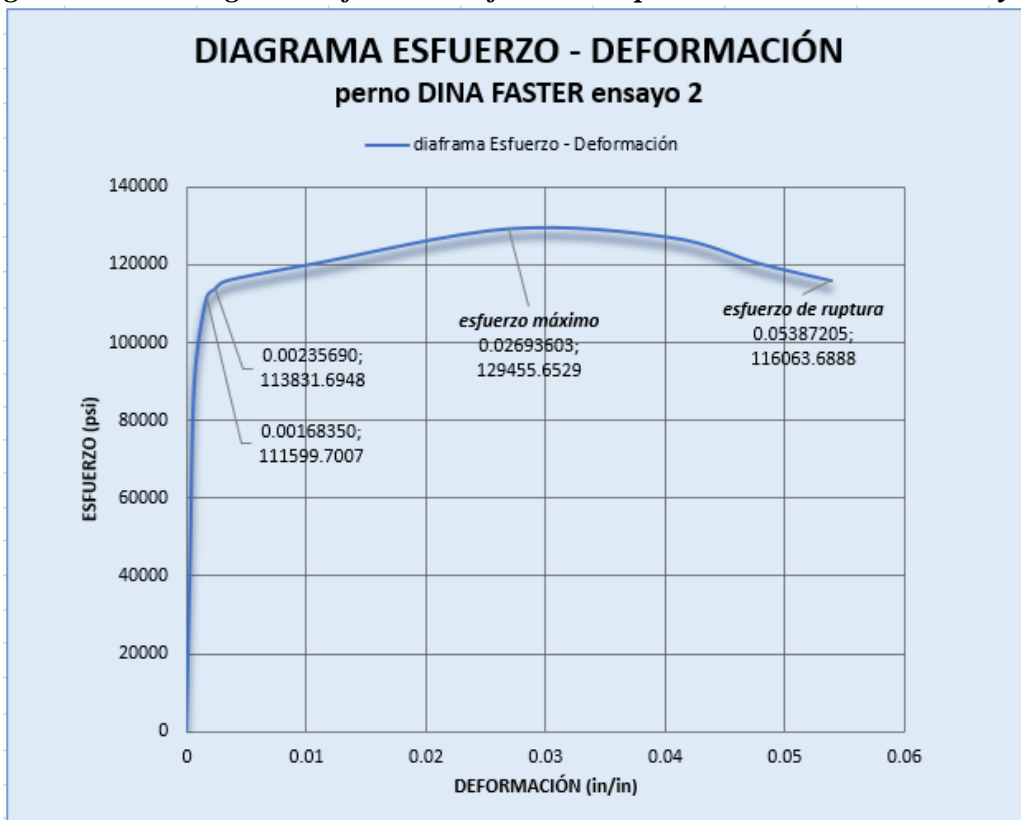
Elaboración propia.

Figura N° 4.7: Diagrama esfuerzo – deformación perno DINA FASTER ensayo 1.



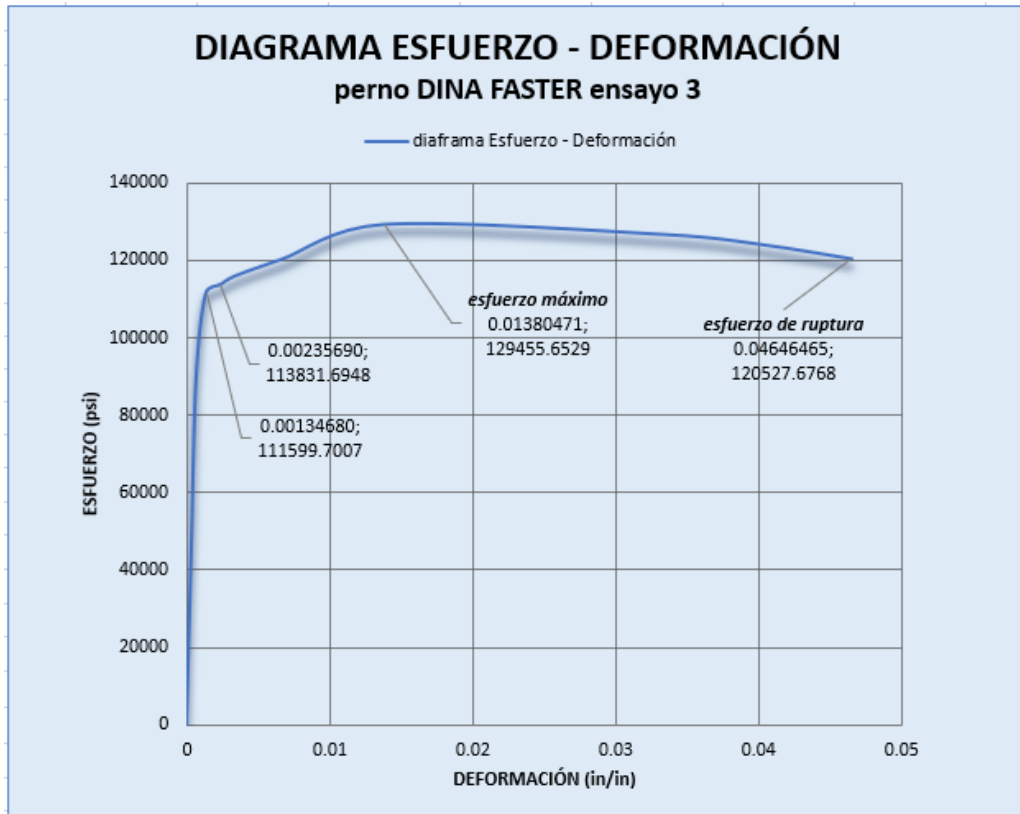
Elaboración propia.

Figura N° 4.8: Diagrama esfuerzo – deformación perno DINA FASTER ensayo 2.



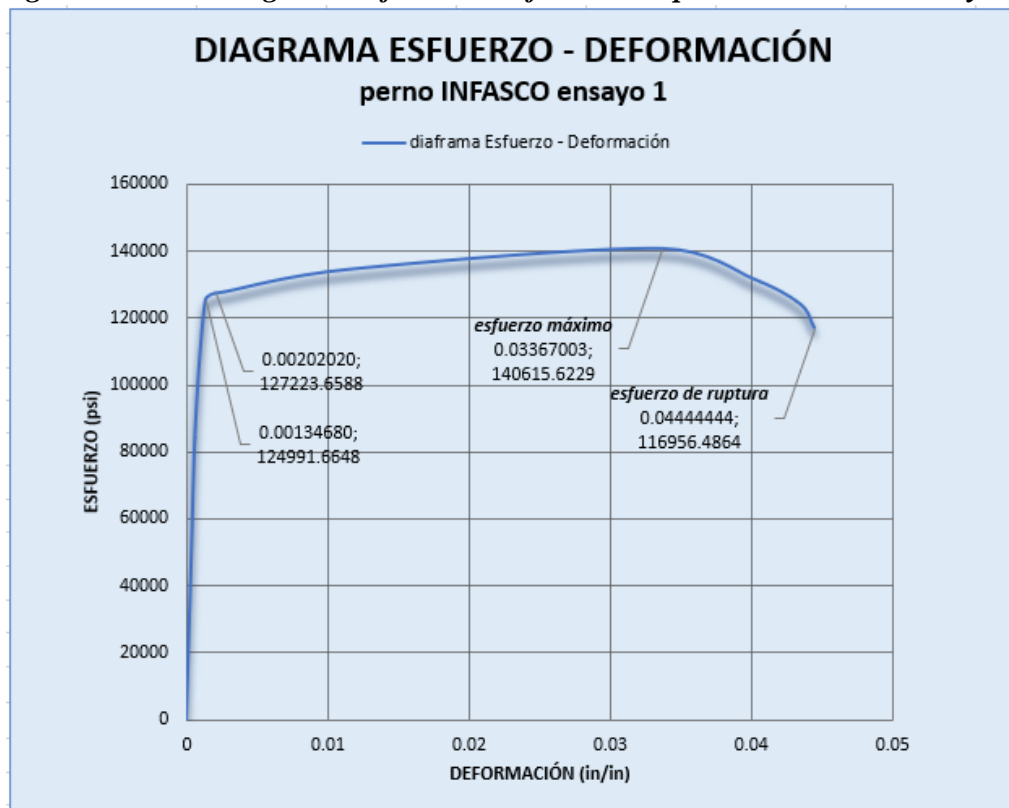
Elaboración propia.

Figura N° 4.9: Diagrama esfuerzo – deformación perno DINA FASTER ensayo 3.



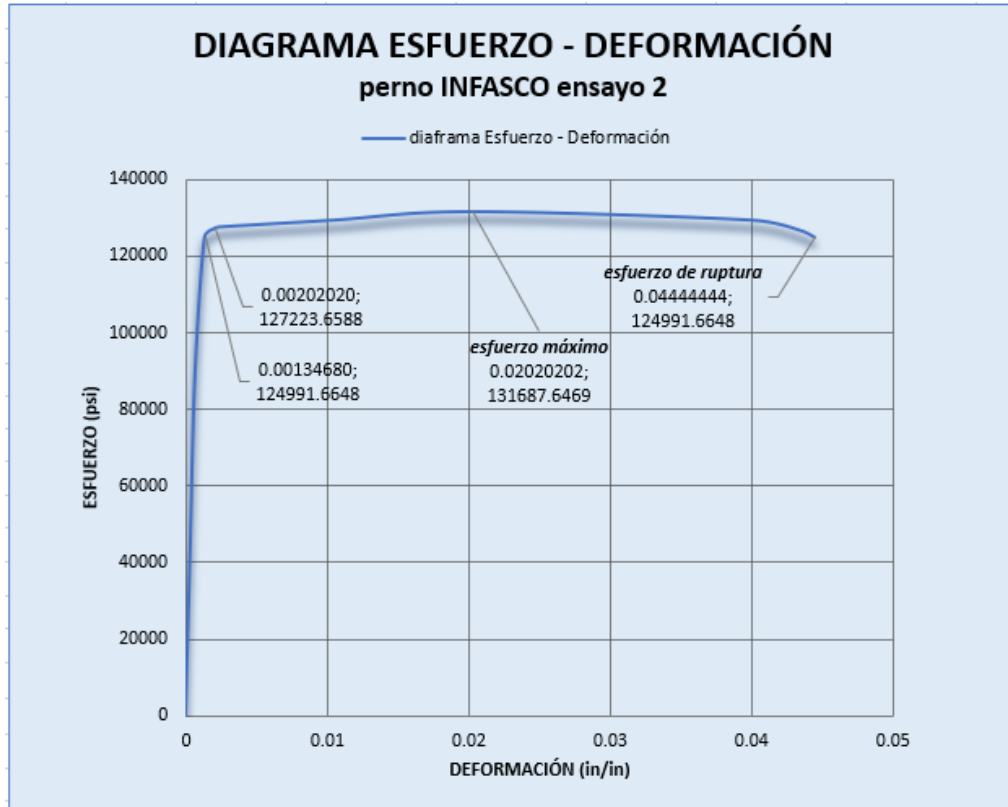
Elaboración propia.

Figura N° 4.10: Diagrama esfuerzo – deformación perno INFASCO ensayo 1.



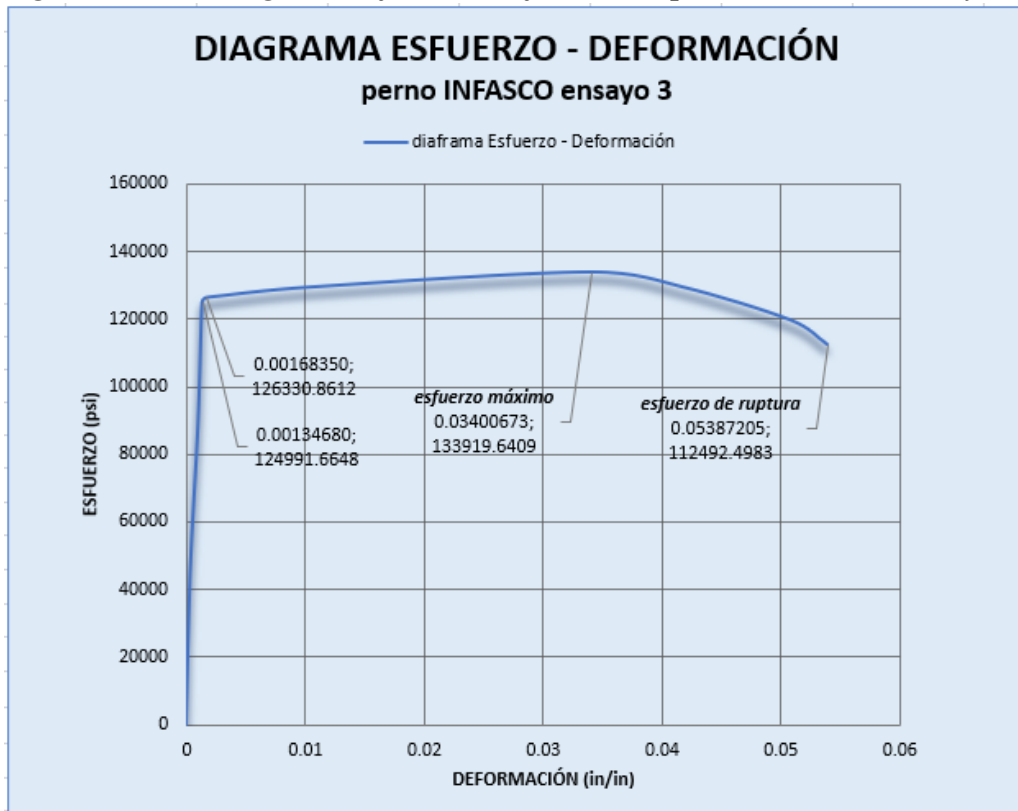
Elaboración propia.

Figura N° 4.11: Diagrama esfuerzo – deformación perno INFASCO ensayo 2.



Elaboración propia.

Figura N° 4.12: diagrama esfuerzo – deformación perno INFASCO ensayo 3.



Elaboración propia.



V. CONCLUSIONES

PRIMERA. -

Se realizó el diseño y construcción de un equipo de medición para realizar ensayos de tracción en diferentes marcas de pernos bajo la norma ASTM F606, que consta de; dos estructuras metálicas compactas e indeformables unidas con perfiles C, angulares y planchas de acero A36 de 5/8, 1/2 y 3/4, unidas mediante el proceso de soldadura SMAW, en el cual se incorporan dos mordazas móviles calibradas para pernos estructurales de $D_n = \frac{1}{2}in$, asistido por un sistema hidráulico conformado por una conexión en paralelo de dos gatas hidráulicas de 32 ton.

SEGUNDA. -

Se realizó los ensayos de esfuerzo de tracción en el equipo para cada perno, donde se grafica el diagrama esfuerzo-deformación para pernos de 1/2 grado 8 de diferente fabricación, obteniendo valores que difieren en mínimo porcentaje según los datos estadísticos analizados.

TERCERA. -

Del diagrama esfuerzo-deformación obtenidos de cada perno, obtenidos de los ensayos experimentales realizado en el equipo se hace el análisis comparativo bajo las propiedades mecánicas de la norma SAE J429. Evaluados y observados los resultados de la deformación real ($\epsilon_t = 4.6870\%$), porcentaje de alargamiento ($A\% = 5.0956\%$), porcentaje de estricción ($Z\% = 32.2156\%$) y los errores relativos y absolutos en los pernos DINA FASTER cuyos resultados concluyen que posee una mayor ductilidad y menor resistencia a la tracción en comparación a los pernos de ensayo.



VI. RECOMENDACIONES

PRIMERA. -

Dentro de este trabajo de investigación en el cual se aplica los conocimientos de pregrado adquiridos en la etapa de estudiante y con la experiencia laboral adquirida, podemos realizar una mejora continua en el diseño del equipo de ensayo de tracción de pernos, modificando el sistema de accionamiento, instalando un motor eléctrico, una bomba hidráulica, sensores de presión y un tablero de control.

SEGUNDA. -

Dentro del desarrollo del presente trabajo encontramos oportunidades de mejora para la implementación de un laboratorio de ensayo de materiales, recomendando la motivación e incentivo de los alumnos de pregrado para que diseñen y desarrollen equipos para realizar ensayos y contrastarlos con laboratorios certificados. Estas mejoras son viables para optimizar el diseño del equipo, el cual puede ser utilizado en la universidad por los alumnos de la carrera y ellos mismos puedan diseñar y fabricar equipos similares para laboratorio.

TERCERA. -

Otra recomendación oportuna y con miras a un futuro próximo es realizar el rediseño del equipo de mediciones, para implementar un sistema computarizado que pueda registrar los valores de forma automática y pueda trasladarlos a un diagrama y realizar la gráfica de esfuerzo-deformación del material ensayado, también realizar modificaciones en la estructura, mejorar su apariencia y presentación para poder certificar el diseño del equipo y producirlo en más cantidades para su comercialización con otras instituciones.



VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Fuentes, F. (1982). Ensayos Mecánicos en Metales. México, D.F.: Universidad autónoma de Nuevo León.
- IEEE. Guía IEEE. para pruebas de resistencia al deslizamiento y extracción de abrazaderas de tensión de extremo muerto atornilladas.
- Li, Y. & Pan, D. (2010). Análisis de la señal de prueba dinámica para perno utilizando descomposición en modo empírico. China:
- Martínez, G. (s.f.). Sistema experto prototipo para el análisis de fallas en tornillos ferrosos. México. D.F. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Mayorga, A. (2009). Análisis Macro y Micro estructural de esfuerzos en birlos de transporte pesado. México, D.F.: Instituto Politécnico Nacional.
- Maz, H. (2018). Estudio de la resistencia a la tracción y a la flexibilidad de materiales compuestos de matriz polimérica fabricados mediante impresión 3D. Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Medina, E. (2017). Ensayo de tensión y tracción.
- oswaldo ceballos k. (1984) manual de oleohidraulica industrial, escuela de oleohidraulica, barcelona, españa
- ranald V. Giles (1975) mecanica de los fluidos e hidraulica, segunda edicion, drexel institute of technology, EE. UU.
- William F. Smith y Havad Hashemi (2010) Fundamentos de la ciencia e ingenieria de materiales, quinta edición, EE.UU.
- Robert L- Mott (2009) Resistencia de Materiales, Quinta edición, Pearson educacion, Mexico
- Montiel, V. (2014). Validación de componentes de PBT que contengan alojamientos de tornillos. México. D.F. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Porras, S. (S.F.). Tracción, compresión y esfuerzo constante. España: Universidad de Castilla La Mancha
- Ramírez, D. (2000) Obtención del módulo de elasticidad y razón de poisson en diferentes grados de acero al silicio. México, D.F.: Universidad autónoma de Nuevo León.
- Shi, J. & Wu, Run. (2012). Investigación sobre la prueba de propiedad mecánica de un perno de extremo grande. China: Universidad Ciencia y Tecnología del Norte de China
- Torres, R. (2019). Propuesta de mejora en el proceso de fabricación de pernos en una empresa metalmeccánica Perú: Universidad Peruana de Ciencias aplicadas.

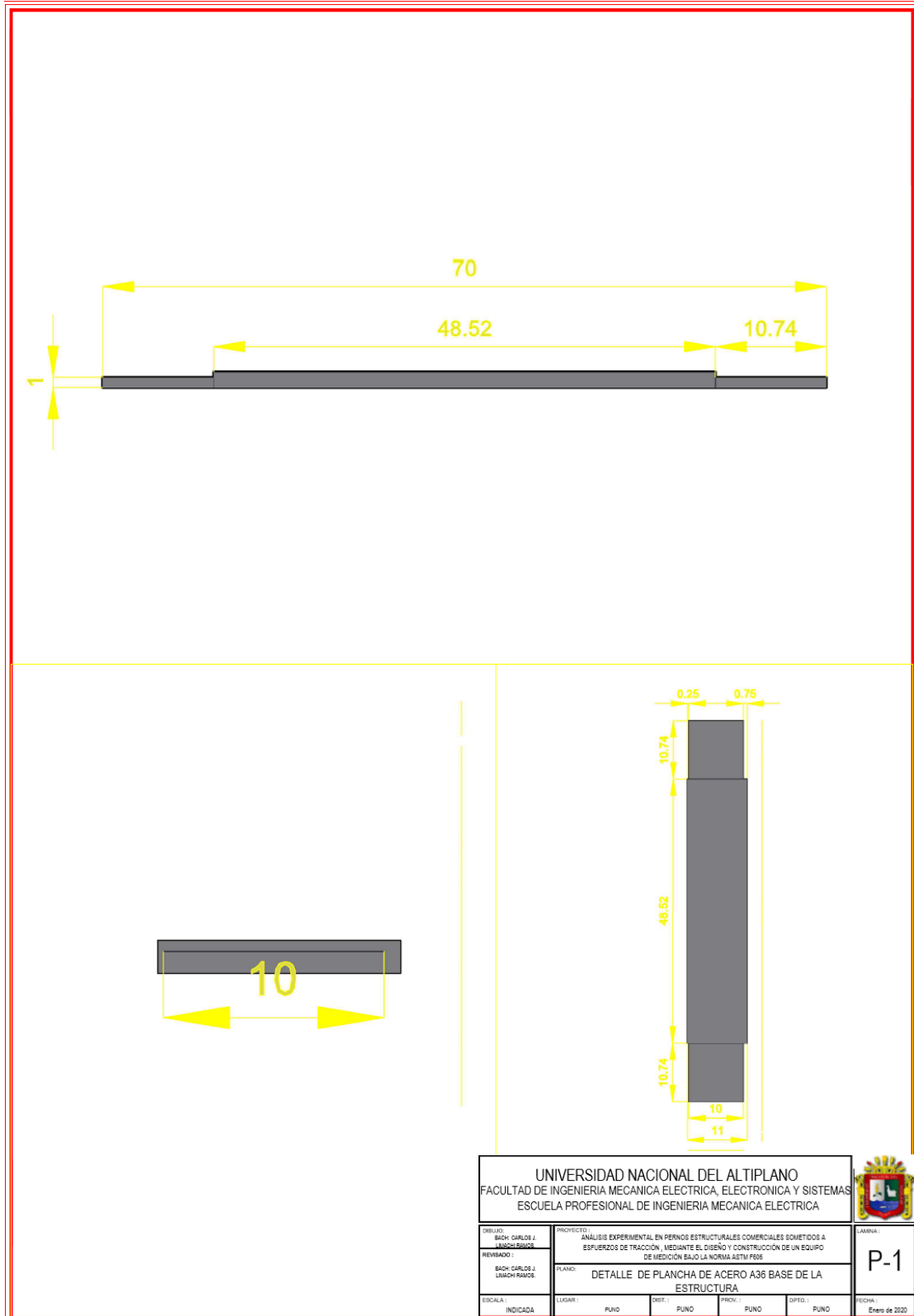


- Yan, T. (2012). Construcción de banco de prueba de pernos de vibración de culata y análisis de tensión de los pernos. China: Instituto de tecnología HuaiYin.
- Zavala, G. (1985). Tema: de tornillos. México, D.F.: Universidad autónoma de Nuevo León.

ANEXOS

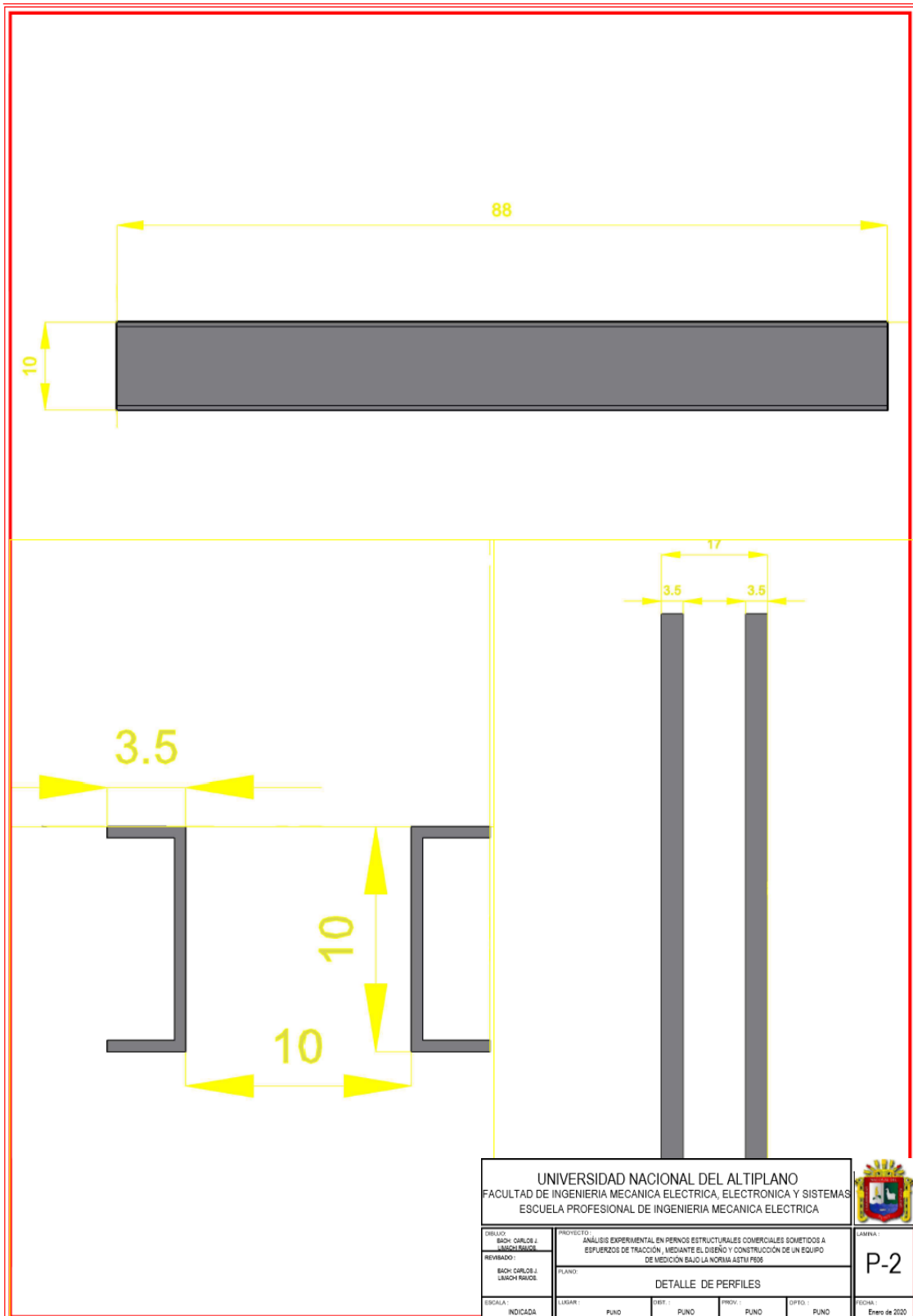
ANEXO 1. PLANOS

ANEXO 1A. PLANO DETALLE DE PLANCHAS

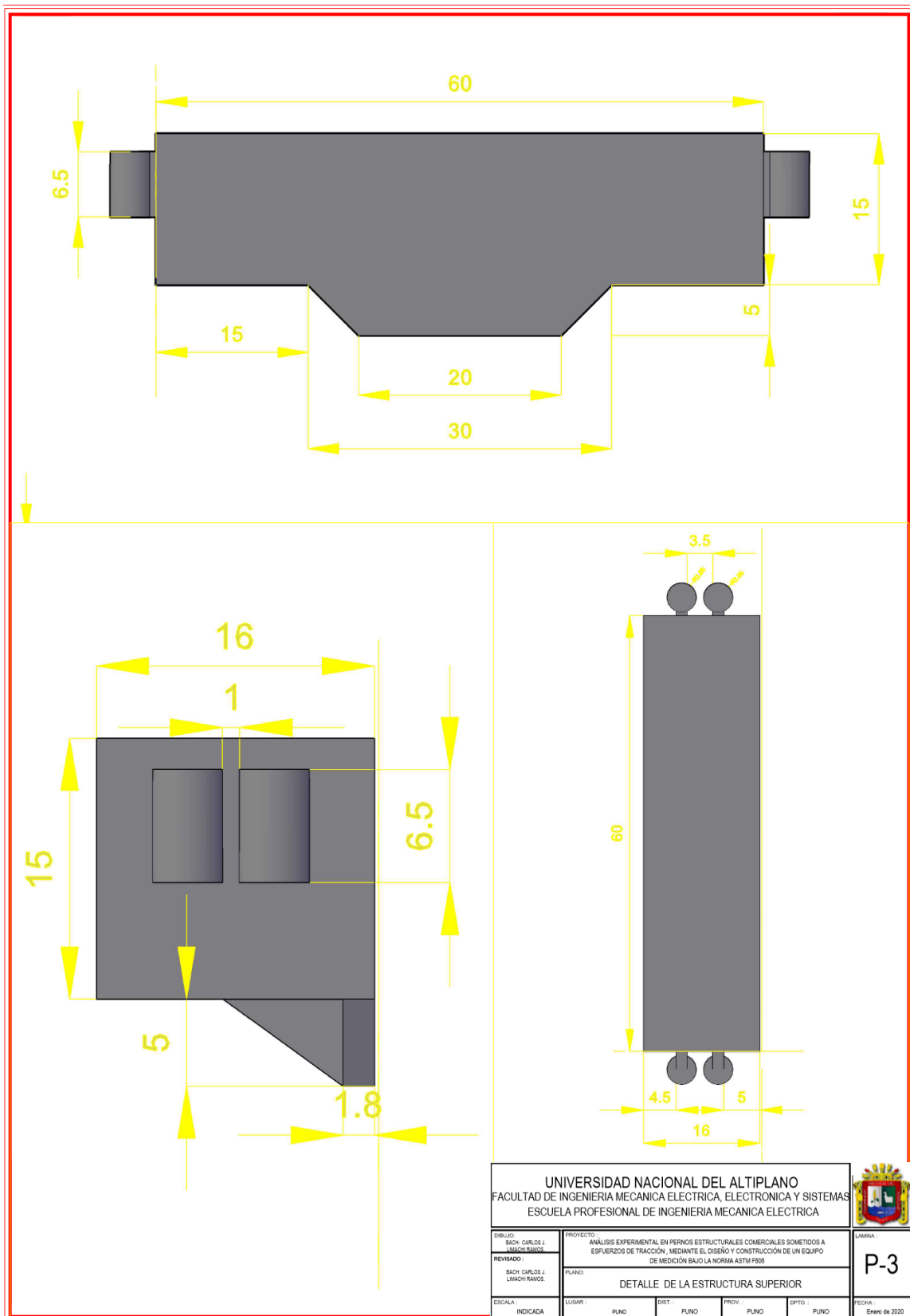




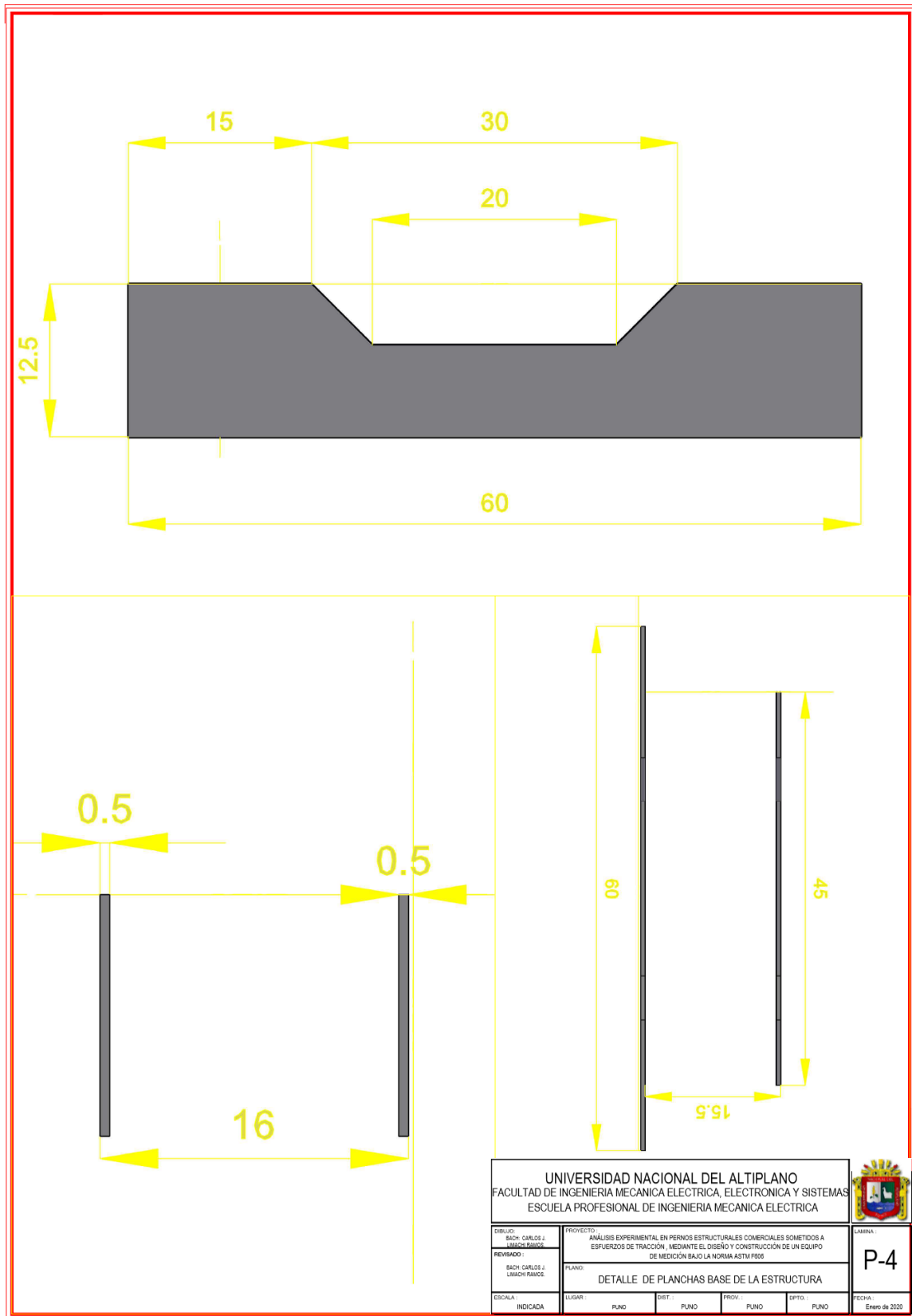
ANEXO 1B. PLANO DETALLE PERFILES



ANEXO 1C. PLANO DETALLE ESTRUCTURA SUPERIOR

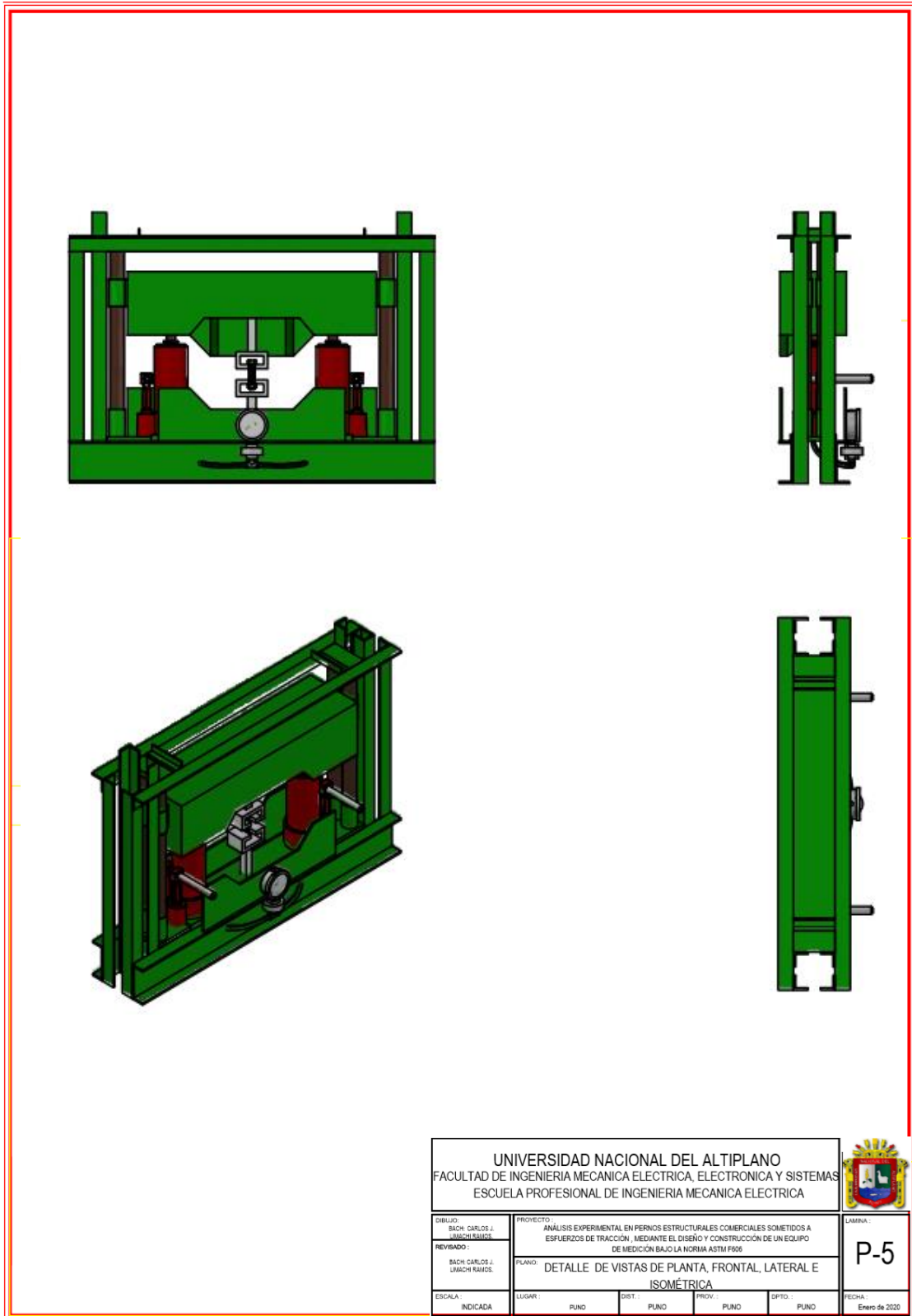


ANEXO 1D. PLANO PLANCHAS DE LA BASE DE LA ESTRUCTURA





ANEXO 1E. PLANO DE VISTAS PLANTA, LATERAL, FRONTAL E ISOMÉTRICO



ANEXO 2. NORMAS ASTM F606 Y SAE J429

ANEXO 2A. NORMA ASTM F606



Designation: F 606 – 07

Standard Test Methods for Determining the Mechanical Properties of Externally and Internally Threaded Fasteners, Washers, Direct Tension Indicators, and Rivets¹

This standard is issued under the fixed designation F 606; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reapproval. A superscript epsilon (ϵ) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.

This standard has been approved for use by agencies of the Department of Defense.

1. Scope

1.1 These test methods cover establishment of procedures for conducting tests to determine the mechanical properties of externally and internally threaded fasteners, washers, direct tension indicators, and rivets.

1.2 Property requirements and the applicable tests for their determination are specified in individual product standards. In those instances where the testing requirements are unique or at variance with these standard procedures, the product standard shall specify the controlling testing requirements.

1.3 These test methods describe mechanical tests for determining the following properties:

	Section
For Externally Threaded Fasteners:	3
Product Hardness	3.1
Proof Load	3.2.1
Method 1, Length Measurement	3.2.3
Method 2, Yield Strength	3.2.4
Method 3, Uniform Hardness	3.2.5
Axial Tension Testing of Full-Size Product	3.4
Wedge Tension Testing of Full-Size Product	3.5
Tension Testing of Machined Test Specimens	3.6
Total Extension at Fracture Test	3.7
Single Shear Test	3.8
For Internally Threaded Fasteners:	4
Product Hardness	4.1
Proof Load Test	4.2
Cone Proof Load Test	4.3
For Washers and Direct Tension Indicators:	5
Product Hardness-General Requirements	5.1
Through Hardened Washers	5.2
Carburized Washers	5.3
Stainless Steel and Nonferrous Washers	5.4
Direct Tension Indicators	5.5
Compression Load	5.6
For Rivets:	6
Product Hardness	6.1
Test for Embrittlement of Metallic-Coated Externally Threaded Fasteners	7
Test Method for Determining Decarburization and Carburization	8

1.4 *This standard does not purport to address all of the safety concerns, if any, associated with its use. It is the*

responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use.

NOTE 1—A complete metric companion to Test Methods F 606 has been developed—F 606M; therefore, no metric equivalents are shown in these test methods.

2. Referenced Documents

2.1 ASTM Standards:²

- A 394 Specification for Steel Transmission Tower Bolts, Zinc-Coated and Bare
- E 4 Practices for Force Verification of Testing Machines
- E 8 Test Methods for Tension Testing of Metallic Materials
- E 10 Test Method for Brinell Hardness of Metallic Materials
- E 18 Test Methods for Rockwell Hardness of Metallic Materials
- E 83 Practice for Verification and Classification of Extensometer Systems
- E 92 Test Method for Vickers Hardness of Metallic Materials
- E 384 Test Method for Microindentation Hardness of Materials
- F 436 Specification for Hardened Steel Washers
- F 606M Test Methods for Determining the Mechanical Properties of Externally and Internally Threaded Fasteners, Washers, and Rivets [Metric]
- F 959 Specification for Compressible-Washer-Type Direct Tension Indicators for Use with Structural Fasteners
- F 1624 Test Method for Measurement of Hydrogen Embrittlement Threshold in Steel by the Incremental Step Loading Technique
- F 2328 Test Method for Determining Decarburization and Carburization in Hardened and Tempered Threaded Steel Bolts, Screws and Studs

¹ These test methods are under the jurisdiction of ASTM Committee F16 on Fasteners and are the direct responsibility of Subcommittee F16.01 on Test Methods. Current edition approved Sept. 1, 2007. Published September 2007. Originally approved in 1979. Last previous edition approved in 2006 as F 606 – 06.

² For referenced ASTM standards, visit the ASTM website, www.astm.org, or contact ASTM Customer Service at service@astm.org. For *Annual Book of ASTM Standards* volume information, refer to the standard's Document Summary page on the ASTM website.

ANEXO 2B. NORMA ASTM F606 (MEDICIÓN DE TRACCIÓN)

F 606 – 07

depressions made at the approximate axis or center line of the fastener. If raised or depressed markings on the head interfere with the placement of the measuring depressions, the head shall be carefully ground. The measuring instrument shall have pointed anvils which mate with the center line depressions and be capable of measuring changes in length of 0.0001 in. with an accuracy of 0.0001 in. in any 0.001 in. range. Place the fastener between the measuring anvils and rotate it approximately $\frac{1}{4}$ turn to the left center, right then center again to assure sound seating. Zero the instrument or record indicated measurement. If using a bolt extensometer, the bolt with attached extensometer may be assembled into the tension testing machine. If not, mark the fastener so it may be placed as close as possible to the same position for the second reading. Remove and assemble the fastener into the tension testing machine as outlined in 3.4. With a test speed which shall not exceed 0.12 in./min, as determined with a free-running cross head, axially load the fastener to the proof load value specified in the product specification. This load shall be maintained for a period of 10 s before releasing the load. Replace the fastener between the measuring anvils and rotate as before, stopping the mark at the same approximate position as the first reading. The measurement shall show no permanent elongation. A tolerance of ± 0.0005 in. shall be allowed (for measurement error only) between the measurement made before loading and that made after loading. Variables such as straightness, thread alignment, or measurement error could result in apparent elongation of the product when the specified proof load is initially applied. In such cases, the product may be retested using a 3 % greater load, and shall be considered acceptable if there is no difference in the length measurement after this loading within a 0.0005 in. measurement tolerance as outlined.

3.2.4 Method 2, Yield Strength—Assemble the product in the testing equipment as outlined in 3.4. As the load is applied, measure and record the total elongation of the product or any part of it that includes the exposed threads to produce a load-elongation diagram. Determine the load or stress at an

offset equal to 0.2 % of the length of bolt occupied by six full threads as shown in Fig. 2 (except for heavy hex structural bolts, which shall be based on four threads) by the method described in 3.6.3.1.

3.2.4.1 Method 2A, Yield Strength for Austenitic Stainless Steel and Non-ferrous Materials—Assemble the product in the testing equipment as outlined in 3.4. As the load is applied, measure and record the total elongation of the product in order to produce a load elongation diagram. Determine the load or stress at an offset equal to 0.2 % strain based on the length of the bolt between the holders as shown in Fig. 2, which will be subject to elongation under load by using the method described in 3.6.3.1.

3.2.5 Method 3, Uniform Hardness—The fasteners shall be tested for hardness as described in 3.1, and in addition, the hardness shall also be determined in the core. The difference between the mid-radius and core hardness shall be not more than 3 points on a Rockwell C Scale; and both readings must be within product specification. This test is valid for fasteners up to and including 1 in. in diameter.

3.3 Bolts or Studs Too Short for Tension Testing—Product lengths less than those shown in Table 1 for product $\frac{1}{4}$ through $\frac{3}{4}$ in. in diameter and less than three diameters in length for product above $\frac{3}{4}$ in. in diameter, or that do not have sufficient threads for proper engagement and still leave the specified number of complete threads exposed between the grips, shall be deemed too short for tension testing, and acceptance shall be based on a hardness test performed in accordance with 3.1. If tests other than product hardness are required, their requirements should be referenced in the product specification.

3.4 Axial Tension Testing of Full-Size Products:

3.4.1 Test bolts in a holder with the load axially applied between the head and a nut or suitable fixture (Fig. 2), either of which shall have sufficient thread engagement to develop the full strength of the product. Assemble the nut or fixture on the product, leaving a minimum of six complete bolt threads

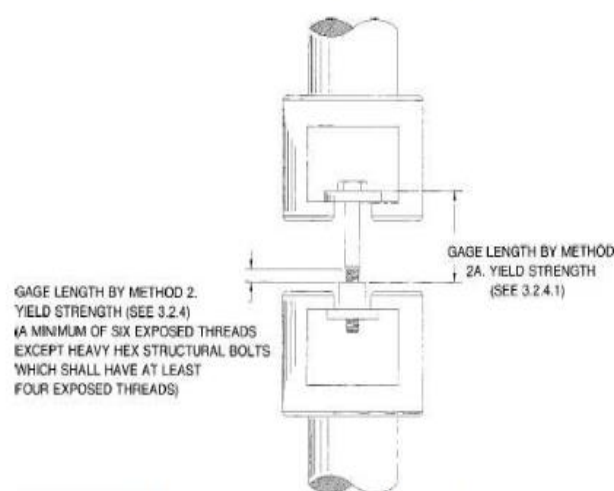


FIG. 2 Tension Testing of Full-Size Bolt (Typical Set-Up)

ANEXO 2C. NORMA ASTM F606 (LÍMITE DE FLUENCIA)



3.6.2.3 *Autographic Diagram Method*—When a sharp-kneed stress-strain diagram is obtained by an autographic recording device, take the stress corresponding to the top of the knee (Fig. 8), or the stress at which the curve drops as the yield point (Fig. 9).

3.6.2.4 *Total Extension Under Load Method*—When testing material for yield point and the test specimens may not exhibit a well-defined disproportionate deformation that characterizes a yield point as measured by the drop of the beam, halt of the pointer, or autographic diagram methods described in 3.6.2.2 and 3.6.2.3, a value equivalent to the yield point in its practical significance may be determined by the following method and may be recorded as yield point: Attach a Class C or better extensometer (Note 4 and Note 5) to the specimen. When the load producing a specified extension (Note 6) is reached, record the stress corresponding to the load as the yield point, and remove the extensometer (Fig. 10).

NOTE 4—Automatic devices are available that determine the load at the specified total extension without plotting a stress-strain curve. Such devices may be used if their accuracy has been demonstrated. Multiplying calipers and other such devices are acceptable for use provided their accuracy has been demonstrated as equivalent to a Class C extensometer.

NOTE 5—Reference should be made to Practice E 83.

NOTE 6—For steel with a specified yield point not over 80 000 psi, an appropriate value is 0.005 in./in. of gage length. For values above 80 000 psi, this test method is not valid unless the limiting total extension is increased.

3.6.3 *Yield Strength*—Yield strength is the stress at which a material exhibits a specified limiting deviation from the proportionality of stress to strain. The deviation is expressed in terms of strain, percent offset, total extension under load, etc. Determine yield strength by one of the following methods:

3.6.3.1 *Offset Method*—To determine the yield strength by the “offset method,” it is necessary to secure data (autographic

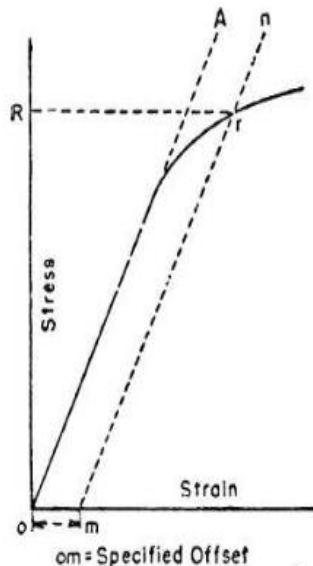


FIG. 8 Stress-Strain Diagram for Determination of Yield Strength by the Offset Method

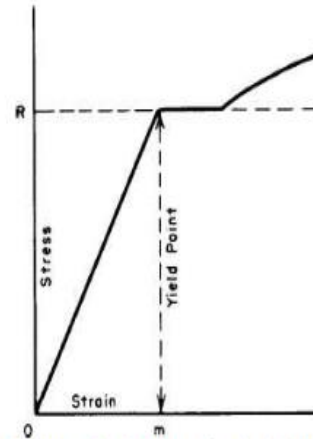


FIG. 9 Stress-Strain Diagram Showing Yield Point Corresponding with Top of Knee

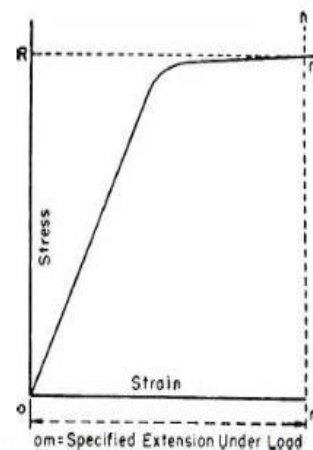


FIG. 10 Stress-Strain Diagram Showing Yield Point or Yield Strength by Extension Under Load Method

or numerical) from which a stress-strain diagram may be drawn. Then on the stress-strain diagram (Fig. 8) lay off Om equal to the specified value of the offset, draw mn parallel to OA , and thus locate r . The yield strength load R is the load corresponding to the highest point of the stress-strain curve before or at the intersection of mn with r . In reporting values of yield strength obtained by this method, the specified value of “offset” used should be stated in parentheses after the term yield strength, thus:


$$\text{Yield strength (0.2 \% offset)} = 52\,000 \text{ psi} \quad (2)$$

In using this method, a minimum extensometer magnification of 250 to 1 is required. A Class B1 extensometer meets this requirement (see Note 5). See also Note 7 for automatic devices.

3.6.3.2 *Extension Under Load Method*—For tests to determine the acceptance or rejection of material whose stress-strain



ANEXO 2D. NORMA SAE J429

 <p>SAE The Engineering Society For Advancing Mobility Land Sea Air and Space® INTERNATIONAL 400 Commonwealth Drive, Warrendale, PA 15096-0001</p>	<p>SURFACE VEHICLE STANDARD</p>	<p>SAE J429</p>	<p>REV. JAN1999</p>
		<p>Issued 1949-01 Revised 1999-01</p>	<p>Superseding J429 MAY1998</p>
<p>Submitted for recognition as an American National Standard</p>			
<p align="center">Mechanical and Material Requirements for Externally Threaded Fasteners</p>			
<p>1. Scope—This SAE Standard covers the mechanical and material requirements for inch-series steel bolts, screws, studs, sems¹, and U-bolts² used in automotive and related industries in sizes to 1-1/2 in inclusive.</p> <p>The term "stud" as referred to herein applies to a cylindrical rod of moderate length threaded on either one or both ends or throughout its entire length. It does not apply to headed, collared, or similar products which are more closely characterized by requirements shown herein for bolts.</p> <p>1.1 The mechanical properties included in Table 1 were compiled at an ambient temperature of approximately 20 °C (68 °F). These properties are valid within a temperature range which depends upon the material grade used and thermal and mechanical processing. Other properties such as fatigue behavior, corrosion resistance, impact properties, etc., are beyond the scope of this document and responsibility for ensuring the acceptability of the product for applications where conditions warrant consideration of these other properties must be borne by the end user.</p> <p>2. References</p> <p>2.1 Applicable Publications—The following publications form a part of the specification to the extent specified herein. Unless otherwise indicated, the latest revision of SAE publications shall apply.</p> <p>2.1.1 SAE PUBLICATIONS—Available from SAE, 400 Commonwealth Drive, Warrendale, PA 15096-0001.</p> <p>SAE J121—Decarburization in Hardened and Tempered Unified Threaded Fasteners SAE J123—Surface Discontinuities on Bolts, Screws, and Studs SAE J403—Chemical Compositions of SAE Carbon Steels SAE J404—Chemical Composition of SAE Alloy Steels SAE J409—Product Analysis—Permissible Variations from Specified Chemical Analysis of a Heat or Cast of Steel</p> <p>1. Sems—Screw and washer assemblies 2. U-bolts covered by this SAE Standard are those used primarily in the suspension and related areas of vehicles. For specification purposes, this standard treats U-bolts as studs. Thus, wherever the word "studs" appears, "U-bolts" is also implied. (Designers should recognize that the "U" configuration may not sustain a load equivalent to two bolts or studs of the same size and grade; thus, actual load-carrying capacity of U-bolts should be determined by saddle load tests.)</p>			

SAE Technical Standards Board Rules provide that: "This report is published by SAE to advance the state of technical and engineering sciences. The use of this report is entirely voluntary, and its applicability and suitability for any particular use, including any patent infringement arising therefrom, is the sole responsibility of the user."

SAE reviews each technical report at least every five years at which time it may be reaffirmed, revised, or cancelled. SAE invites your written comments and suggestions.

QUESTIONS REGARDING THIS DOCUMENT: (724) 772-8512 FAX: (724) 776-0243
TO PLACE A DOCUMENT ORDER: (724) 776-4970 FAX: (724) 776-0790
SAE WEB ADDRESS: <http://www.sae.org>

Copyright 1998 Society of Automotive Engineers, Inc.

All rights reserved.
Copyright SAE International
Provided by ING under license with SAE.
No reproduction or retransmission permitted without license from ING.

Sold by INFORMATION HANDLING SERVICES, 5157446
Not for resale 2011/51 18:55:18 GMT

Printed in U.S.A.



ANEXO 3. CERTIFICACIÓN DE CALIDAD

ANEXO 3A. CERTIFICACIÓN DE CALIDAD "INFASCO"



July 5th, 2016

LETTER OF COMPLIANCE

SPECIFICATIONS FOR SAE J429 GRADE 8 CAP SCREWS

The following specifications apply to all SAE J429 Grade 8 Alloy Hex Head Cap Screws sold by Infasco.

IDENTIFICATION: These cap screws are readily identifiable by the presence of six radial lines, a solid triangle and/or Manufacturer's I.D.

DIMENSIONS: ASME B18.2.1

THREADS: ASME B1.1 CLASS 2A.....

CHEMICAL ANALYSIS: PER SAE J429

% CARBON	% PHOSPHORUS	% SULFUR
28 - 55	0.30 max	0.050

RAW MATERIAL: SAE 4037, 4042M, 8637 or equivalent alloy steel.

MATERIAL AND MECHANICAL REQUIREMENTS

Diameter	1/4" to 1"	1 1/8" to 1 1/2"
Proof load	120,000 PSI	120,000 PSI
Tensile Strength	150,000 PSI min (10")	150,000 PSI min (6")
Core Hardness	RC-33 to RC-39	RC-33 to RC-39
Surface Hardness (30N)	58.6 max	58.6 max
H.T. practice	Austenized, oil quenched and tempered.	
Tempering temperature	800 ° F min	

DECARBURIZATION: SAE J121 CLASS B

SURFACE DISCONTINUITIES: SAE J1061 (for dia ≤ 1" and lengths ≤ 6").

MECHANICAL TESTING: ASTM F606, B117

FINISH: ASTM B633, SC1 OR SC2

TOP COAT: Yellow chromate (Type II) or
Clear chromate (Type III)

TESTING FACILITIES: Testing laboratory is accredited by the SCC (Standard Council of Canada)
ISO-17025 Certificate number: 398

QUALITY SYSTEM: ISO-9002-94 Cert. number 25026-1-01

Should additional information be required, please contact the undersigned.
We remain,

Jean-Claude Legault
Director of Metallurgy and Quality Assurance

JCL/lm

700, rue Ouaiette
Marieville (Québec)
Canada J3M 1P6
Tel. (450) 688-8741
Fax: (450) 447-0114



Division of
Ifastgroup and Company,
Limited Partnership
(Ifastgroup Inc., General Partn

ANEXO 4. FOTOGRAFÍAS

ANEXO 4A OXICORTE



ANEXO 4B EQUIPO DE MEDICIÓN PASO DE PINTURA BASE





ANEXO 4C EQUIPO DE MEDICIÓN PINTADO Y ENSAMBLADO





ANEXO 4D EQUIPO DE ENSAYO DE TRACCIÓN



ANEXO 4E ENSAYOS REALIZADOS PERNOS INFASCO



ANEXO 4F ENSAYOS REALIZADOS PERNOS CORONA



ANEXO 4G ENSAYOS REALIZADOS PERNOS DINA FASTER



ANEXO 4H ENSAYOS REALIZADOS PERNOS IDIPSA



ANEXO 5. FICHAS TÉCNICAS

ANEXO 5A FICHA TECNICA DEL MATERIAL DE APORTE (ELECTRODO)

SMAW

Aceros al Carbono y Baja Aleación



SUPERCITO 100 PLUS

Electrodo revestido del tipo básico, el metal depositado contiene un bajo nivel de hidrógeno difusible, presenta excelente apariencia, arco muy estable con bajos niveles de salpicaduras. Sus excelentes propiedades mecánicas hacen que este electrodo sea apropiado para aplicaciones críticas en las industrias como la off-shore, energía nuclear, recipientes a bajas temperaturas (-45°C) y de alta presión, así como en la industria de la construcción. Dentro de su categoría presenta la máxima resistencia a la absorción de humedad, aún estando expuesto a la intemperie hasta por 9 horas, mantiene sus bajos niveles de hidrógeno difusible.

Clasificación	
AWS A5.1 / ASME-SFA 5.1	E7018-1 H4R

Análisis Químico de Metal Depositado (valores típicos) [%]

C	Mn	Si	P	S	Mo	Ni	Cr	Cu	Otros
0.044	1.10	0.21	máx. 0.020	máx. 0.025	0.01	0.13	0.02	-	-

Propiedades Mecánicas del Metal Depositado

Tratamiento Térmico	Resistencia a la Tracción [MPa (psi)]	Límite de Fluencia [MPa (psi)]	Elongación en 2" [%]	Energía Absorbida ISO-V [°C(°F)] [J (ft-lbf)]
Sin tratamiento	mín. 500 (72 500)	mín. 400 (58 000)	mín. 23	mín. 100 (74) [-45°C (-50°F)]

Conservación del Producto
<ul style="list-style-type: none"> Mantener en un lugar seco y evitar humedad. Almacenamiento en horno: 125°C - 150°C. Resecado de 400°C a 450°C por 2 horas.

Posiciones de Soldadura
P, H, Va, Sc, Vd.

Hidrógeno Difusible

3.9ml/100g

Parámetros de Soldeo Recomendados

Para corriente continua (DC): Electrodo al positivo DCEP							
Diámetro	[mm]	1.60	2.50	3.25	4.00	5.00	6.30
	[pulgadas]	1/16	3/32	1/8	5/32	3/16	1/4
Amperaje mínimo		-	60	90	110	-	-
Amperaje máximo		-	85	150	210	-	-

Aplicaciones

- Soldadura recomendable para aceros de alta resistencia sometidas a condiciones extremas de baja temperatura.
- Materiales ASME tipo: SA 516 Gr. 60; SA 516 Gr. 70; SA 106 Gr.B; SA 537 Cl 1, etc.
- Fabricación de estructuras en las industrias off-shore, energía nuclear, recipientes a bajas temperaturas y de alta presión.
- En la fabricación de construcciones marinas, tanques, reservorios y uniones de tubos de acero de bajo carbono.

Nota: El precalentamiento está en función al tipo y espesor del material a soldar.

ANEXO 5B FICHA TECNICA DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL DE APORTE (ELECTRODO)

ELECTRODOS PARA ACEROS AL CARBONO Y ACEROS DE BAJA ALEACIÓN

	<p>CELLOCORD P</p> <p>Electrodo celulósico de alta penetración, de amplio campo de aplicaciones en todos los sectores industriales como la industria naval, fabricación de estructuras metálicas livianas y pesadas, carpintería metálica, soldadura de tubos, fabricación de muebles y en donde se requiera alta calidad del depósito de soldadura.</p> <p>Resistencia a la tracción: 450 a 550 N/mm² Elongación en 2": >25%</p>	<p>Norma: AWS A5.1 DIN 1913 Clasificación: E 6013 E 43 43 C 4</p>
	<p>CELLOCORD AP</p> <p>Electrodo celulósico de alta penetración de arco potente diseñado para trabajar con corriente alterna o corriente continua, y con fuentes de poder de tensión de vacío mayor a 50 voltios. Ideal para soldar aceros de bajo carbono, como carpintería metálica, (puertas, ventanas), tanques, tuberías, construcciones navales, cisternas, etc.</p> <p>Resistencia a la tracción: 450 a 550 N/mm² Elongación en 2": >25%</p>	<p>Norma: AWS A5.1 DIN 1913 Clasificación: E 6011 E 43 43 C 4</p>
	<p>OVERCORD M</p> <p>Electrodo especialmente desarrollado para depositar cordones en uniones de filete en posición horizontal, cuando se requiere apariencia y acabado perfecto. Debido a su fórmula perfectamente equilibrada, el arco es suave y silencioso, de fácil arranque en frío y remoción de escoria. Recomendable para soldadores de poca experiencia. Suelda en toda posición. Soldadura de buena apariencia en vertical descendente para planchas deigadas.</p> <p>Resistencia a la tracción: 450 a 560 N/mm² Elongación en 2" : >22%</p>	<p>Norma: AWS A5.1 DIN 1913 Clasificación: E 6012 E 43 22 R (C) 3</p>
	<p>OVERCORD</p> <p>Electrodo rutílico para soldadura en aplicaciones diversas sobre aceros de bajo carbono como el acero ASTM A 36, fabricación de muebles, fabricación de carrocerías para buses y similares, tanques, ductos de aire acondicionado y diversas estructuras metálicas.</p> <p>Resistencia a la tracción: 450 a 550 N/mm² Elongación en 2" : >22%</p>	<p>Norma: AWS A5.1 DIN 1913 Clasificación: E 6013 E 43 22 R (C) 3</p>
	<p>FERROCITO 24</p> <p>Electrodo con alto contenido de hierro en polvo en el revestimiento, su rendimiento es del 150%, usado en la fabricación de vigas, fondos de tanques de almacenamiento de petróleo, puentes, maquinaria, embarcaciones y construcciones metálicas donde se requiere alta velocidad de solda.</p> <p>Resistencia a la tracción: 490 a 560 N/mm² Elongación en 2" : >22%</p>	<p>Norma: AWS A5.1 DIN 1913 Clasificación: E 7024 E 51 32 RR 11 160</p>
	<p>SUPERCITO</p> <p>Electrodo básico de bajo hidrógeno con extraordinarias propiedades mecánicas, para soldar aceros al carbono y aceros de baja aleación como aceros de alta resistencia, aceros fundidos, aceros de difícil solubilidad, piezas de maquinaria pesada, calderos de alta presión, tubería de vapor, etc. Humedad en el revestimiento < 0,20%.</p> <p>Resistencia a la tracción: 510 a 610 N/mm² Elongación en 2" : >24%</p>	<p>Norma: AWS A5.1 DIN 1913 Clasificación: E 7018 E 51 55 R 10</p>
	<p>SUPERCITO PRO</p> <p>Electrodo revestido de tipo básico, para ser aplicado con corriente continua polaridad al positivo (75OCV, mín). Debido al polvo de hierro tiene alto ratio de deposición, además de presentar un arco suave con bajo nivel de salpicaduras. La punta del electrodo está grafitada, lo que favorece un encendido mucho más rápido del arco. El depósito de soldadura presenta alta tenacidad a bajas temperaturas (Hasta -45°C).</p> <p>Resistencia a la tracción: 490 - 550 N/mm² Elongación en 2" (%): 22 - 34</p>	<p>Norma: AWS A5.1 ASME-SFA 5.1 Clasificación: E 7018-1</p>
	<p>TENACITO 80</p> <p>Electrodo básico de bajo hidrógeno y baja aleación al Cr-Ni-Mo. Posee una alta resistencia a la rotura, ideal para soldar aceros de alta resistencia, aceros T1, T1A, T1B, aceros corten, barras corrugadas, aceros de grano fino y aceros microaleados.</p> <p>Resistencia a la tracción: 560 a 615 N/mm² Elongación en 2" : > 24%</p>	<p>Norma: AWS A5.5 DIN 8529 Clasificación: E 8018-C3</p>
	<p>TENACITO 110</p> <p>Electrodo básico de bajo hidrógeno y baja aleación, de altísima resistencia a la tracción. El metal depositado es muy tenaz, presenta buena resistencia al impacto y una resistencia a la rotura de hasta 120 KSI. Ideal como cama cojín para recubrimientos duros. Recomendado para soldar aceros HSLA, aceros microaleados, aceros T1, T1A, T1B, etc.</p> <p>Resistencia a la tracción: 620 a 882 N/mm² Elongación en 2" : >16%</p>	<p>Norma: AWS A5.5 DIN 8529 Clasificación: E 11018-G E Y 69 75 Mn 2 NiCrMo 6 H5</p>
	<p>TENACITO 65</p> <p>Electrodo básico de alta resistencia, para soldar aceros de grano fino y de alta resistencia. Presenta un arco estable, lo que le permite realizar con facilidad poses de raíz y soldaduras en posiciones forzadas. Su depósito es altamente resistente a la fisuración.</p> <p>Resistencia a la tracción: 620 a 720 N/mm² Elongación en 2" : >20%</p>	<p>Norma: AWS A5.5 DIN 8529 Clasificación: E 9018-G-H4 E Y 55 75 Mn 1 NiMo 8 H5</p>

ANEXO 5C FICHA TECNICA DE PERFILES DE ACERO

Ángulo de Acero ASTM A36

Activar
Ve-a-Cont



ÁNGULO ESTRUCTURAL A36

Ángulo estructural de acero, es laminado en caliente (LAC), lados iguales forman ángulo recto con radios interiores suavizados, ideales para todas las aplicaciones estructurales, fabricación general y reparaciones. Longitud 6m.

Especificaciones: ASTM A36, AISI A36

Fácil de soldar, cortar, dar forma y maquinar.

Propiedades Mecánicas	Límite de Fluencia (kg/cm ²) mín.	2530
	Resistencia a la Tracción (kg/cm ²)	4080-5620
	Alargamiento en 200 mm 2.0 mm, 2.5 mm, 3.0 mm, 1/8", 3/32", 4.5 mm y 3/16"	15.0% mínimo
	Alargamiento en 200 mm 6.0 mm	17.0% mínimo
	Alargamiento en 200 mm 1/4"	17.5% mínimo
	Alargamiento en 200 mm 5/16", 3/8" y 1/2"	20.0% mínimo

Lados		Espesor		Peso Teórico
mm	pulg	mm	pulg	Kg/6m
19 x 19	3/4" x 3/4"	2.0	5/64"	3.582
		2.5	3/32"	4.416
		3.0	1/8"	5.226
25 x 25	1" x 1"	3.0	1/8"	7.143
		4.5	3/16"	10.358
		6.0	1/4"	13.304
30 x 30	1 1/4" x 1 1/4"	3.0	1/8"	9.018
		4.5	3/16"	13.215
38 x 38	1 1/2" x 1 1/2"	3.0	1/8"	10.983
		4.5	3/16"	16.072
50 x 50	2" x 2"	6.0	1/4"	20.894
		3.0	1/8"	14.733
63 x 63	2 1/2" x 2 1/2"	4.5	3/16"	21.787
		6.0	1/4"	28.483
		8.0	5/16"	35.002
		9.5	3/8"	41.966
75 x 75	3" x 3"	4.5	3/16"	27.412
		6.0	1/4"	36.609
		8.0	5/16"	44.645
		9.5	3/8"	52.681
75 x 75	3" x 3"	4.5	3/16"	33.126
		6.0	1/4"	42.752
		8.0	5/16"	54.467
75 x 75	3" x 3"	9.5	3/8"	64.289
		12	1/2"	83.932

* Equivalencias de conversión son aproximadas.

* Fotos y datos referenciales. No aceptamos responsabilidad por usos incorrectos o mal interpretaciones de estos datos.

ANEXO 5D FICHA TECNICA DE LA PLANCHA ESTRUCTURAL



Vigas - Planchas-Tubos - Angulos - Canales - Válvulas - Fittings

PLANCHAS DE ACERO ESTRUCTURAL LAMINADAS EN CALIENTE ASTM A 36/A 36M

Dimensiones y Pesos Teóricos

SISTEMA METRICO			SISTEMA INGLES, REFERENCIAL			PESOS TEORICOS			AREA DE PLANCHA	
Espesor mm	Ancho mm	Largo mm	Espesor	Ancho ple	Largo ple	kg/plancha	kg/m ²	kg/ple ²	m ²	ple ²
5.9	1200	2400	1/4"	4	8	133.39	40.32	4.30	2.88	31.0
6.0	1200	2400	1/4"	4	8	135.65	47.10	4.36	2.88	31.0
6.4	1200	2400	1/4"	4	8	144.69	50.24	4.67	2.88	31.0
7.9	1200	2400	5/16"	4	8	176.60	62.02	5.76	2.88	31.0
8.0	1200	2400	5/16"	4	8	180.66	62.60	5.83	2.88	31.0
9.0	1200	2400	3/8"	4	8	203.47	70.65	6.56	2.88	31.0
9.5	1200	2400	3/8"	4	8	214.76	74.56	6.93	2.88	31.0
12.0	1200	2400	1/2"	4	8	271.30	94.20	8.75	2.88	31.0
12.5	1200	2400	1/2"	4	8	282.60	96.13	9.12	2.88	31.0
12.7	1200	2400	1/2"	4	8	287.12	99.70	9.26	2.88	31.0
16.0	1200	2400	5/8"	4	8	361.73	125.60	11.67	2.88	31.0
19.0	1200	2400	3/4"	4	8	429.55	149.15	13.66	2.88	31.0
22.0	1200	2400	7/8"	4	8	497.36	172.70	16.04	2.88	31.0
25.0	1200	2400	1"	4	8	565.20	196.25	18.23	2.88	31.0
32.0	1200	2400	1 1/4"	4	8	723.46	251.20	23.34	2.88	31.0
38.0	1200	2400	1 1/2"	4	8	859.10	296.30	27.71	2.88	31.0
50.0	1200	2400	2"	4	8	1130.40	392.50	36.46	2.88	31.0
65.0	1200	2400	2 1/2"	4	8	1469.52	510.25	47.40	2.88	31.0
75.0	1200	2400	3"	4	8	1695.00	566.75	54.70	2.88	31.0
100.0	1200	2400	4"	4	8	2260.00	765.00	72.93	2.88	31.0

Tolerancias de Acuerdo al AISI G 3193

www.tubisa.com.pe

ANEXO 5E FICHA TECNICA DEL GATO HIDRÁULICO 32 TON.

GATO HIDRÁULICO TIPO BOTELLA 32 TONELADAS

El contenido de las fichas técnicas está sujeto a cambios sin previo aviso



Código	Clave
14819	GAT-32

ESPECIFICACIONES

Capacidad	32 ton
Vida útil	25 años
Sobrecarga máxima	44.8 ton
Sostenimiento de carga máximo	38.4 ton
Carga para descenso	50 kg
Altura máxima	42.7 cm
Altura mínima	26 cm
Peso	17 kg
Empaque	Caja

CARACTERÍSTICAS

- ▶ Cilindro fabricado en acero
- ▶ Base fabricada en hierro fundido
- ▶ Aceite hidráulico

USOS

- ▶ En talleres mecánicos, vulcanizadoras, prensa hidráulica, etcétera

Información confidencial. Prohibida su reproducción o divulgación total o parcial, así como su uso o aprovechamiento sin autorización escrita de Truper Herramientas, S.A. de C.V.

Generado: 29/Septiembre/2011

ANEXO 5F FICHA TECNICA DEL MANÓMETRO

Activar 1

Manômetros Balflex®

Balflex® MANÓMETRO DE PRESSÃO - TUBO DE BOURDON- 55.1415.

Conforme Norma DIN EN 837 - 1 e ASME B40.100

**Manômetro de Aço Inox – Caixa 100MM (4") – Glicerina
Conexão de Latão 1/2"NPT Vertical**



precisão:	1.6 %
escalas:	em bar e PSI (cor vermelha)
pressão de trabalho:	constante: 3/4 do valor total da escala oscilante: 2/3 do valor total da escala picos: valor total da escala
tubo Bourdon:	bronze
conexão:	de latão 1/2"NPT saída vertical
visor:	poli-carbonato
caixa:	aço inox
diâmetro do visor:	100mm (4")
líquido:	glicerina 99,5 %
temperatura de trabalho:	- 20°C (- 4°F) + 60°C (+ 140°F)
aplicações:	para medição de pontos com pressão dinâmica, pulsação ou com vibrações elevadas, na hidráulica ou em compressores.

código	série	caixa	diâmetro do visor		líquido	conexão	pressão	
			mm	poleg.			bar	PSI
55.1415.007	0 – 7 bar	inox	100	4"	glicerina	1/2" NPT latão vertical	0 – 7	0 – 100
55.1415.010	0 – 10 bar	inox	100	4"	glicerina	1/2" NPT latão vertical	0 – 10	0 – 145
55.1415.016	0 – 16 bar	inox	100	4"	glicerina	1/2" NPT latão vertical	0 – 16	0 – 230
55.1415.025	0 – 25 bar	inox	100	4"	glicerina	1/2" NPT latão vertical	0 – 25	0 – 360
55.1415.040	0 – 40 bar	inox	100	4"	glicerina	1/2" NPT latão vertical	0 – 40	0 – 580
55.1415.060	0 – 60 bar	inox	100	4"	glicerina	1/2" NPT latão vertical	0 – 60	0 – 870
55.1415.100	0 – 100 bar	inox	100	4"	glicerina	1/2" NPT latão vertical	0 – 100	0 – 1450
55.1415.160	0 – 160 bar	inox	100	4"	glicerina	1/2" NPT latão vertical	0 – 160	0 – 2320
55.1415.250	0 – 250 bar	inox	100	4"	glicerina	1/2" NPT latão vertical	0 – 250	0 – 3625
55.1415.300	0 – 300 bar	inox	100	4"	glicerina	1/2" NPT latão vertical	0 – 300	0 – 4350
55.1415.400	0 – 400 bar	inox	100	4"	glicerina	1/2" NPT latão vertical	0 – 400	0 – 5800
55.1415.500	0 – 500 bar	inox	100	4"	glicerina	1/2" NPT latão vertical	0 – 500	0 – 7250
55.1415.600	0 – 600 bar	inox	100	4"	glicerina	1/2" NPT latão vertical	0 – 600	0 – 8700
55.1415.700	0 – 700 bar	inox	100	4"	glicerina	1/2" NPT latão vertical	0 – 700	0 – 10150

ATENÇÃO: Falha que resulte em ferimento ou dano, pode ser causada por pressão acima do valor máximo da escala, vibração, oscilação ou pulsação da pressão, temperatura excessiva do manômetro ou corrosão das partes. Ver Norma EN DIN 837-2. NÃO USAR EM OXIGÊNIO OU EM ACETILENO. TENHA A CERTEZA QUE A GLICERINA PODE SEGURAMENTE MISTURAR COM O FLUIDO DO PROCESSO.

As características de construção podem ser alteradas a qualquer momento sem aviso prévio

Os dados contidos nesta página têm unicamente propósitos informativos e não aumentam ou implicam qualquer garantia senão a que é dada pelo fabricante com o próprio produto. Qualquer utilização não conforme com as instruções do fabricante pode ser perigosa.

Apenas os itens na tabela de preços em vigor são mantidos em estoque. Alguns itens estão sujeitos a quantidades mínimas de venda ou são apenas vendidos em múltiplos de quantidades padronizadas. Por favor consultar a lista de preços em vigor e o nosso Departamento Comercial.

Balflex® – A Tecnologia Europeia

(P) MANOMETROS - 16

© Balflex