



**BENEMÉRITA UNIVERSIDAD
AUTÓNOMA DE PUEBLA**

**FACULTAD DE CIENCIAS
DE LA ELECTRÓNICA**

**EVALUACIÓN DE TRACCIÓN DE
EMPALMES EN CABLES ELÉCTRICOS
FLEXIBLES**

T E S I S

Presentada para obtener el título de:

**LICENCIATURA EN INGENIERIA
EN MECATRÓNICA**

Presenta:

**CRISTHIAN ALEJANDRO
HERNANDEZ CORONA**

Director de tesis:

M.C. David Cesar Malpica Moreda

Asesor:

M.C. MANUEL APARICIO RAZO

Índice

I. Glosario.....	7
II. Introducción.....	7
III. Justificación.....	7
IV. Resumen de tesis.....	8
V. Diagrama de bloques	8
VI. Objetivos.....	9
VI.I Objetivo general.....	9
VI.II Objetivos específicos.....	9
1. Capítulo 1: Estudio y descripción de conceptos utilizados en la industria de conductores eléctricos.....	10
1.1. El cobre y sus propiedades.....	10
1.1.1. Propiedades mecánicas.....	10
1.2. Cable eléctrico.....	10
1.2.1. Partes de un cable eléctrico.....	10
1.2.2. Tipos de conductores eléctricos.....	11
1.3. Fabricación del cable.....	12
1.3.1. Trefilado.....	12
1.3.2. Trenzadora.....	13
1.3.3. Aislamiento.....	13
1.3.4. Cableado de fase.....	14
1.3.5. Protecciones auxiliares.....	14
1.3.6. Cubierta exterior.....	14
1.3.7. Código.....	15
1.4. Tipos de aislamientos de cables eléctricos.....	15
1.4.1. Composición del aislamiento de cables eléctricos.....	16
1.5. Código de cable eléctrico.....	16
1.6. Medidas de los cables eléctricos.....	17
1.7. Colores y significado de los cables eléctricos.....	18
2. Capítulo 2: Selección y propuesta de empalmes eléctricos flexibles sometidos a fuerzas de tracción.....	19
2.1. Empalmes eléctricos.....	19
2.2. Tipos de empalmes.....	20
2.3. Normas para pruebas de esfuerzos de tensión.....	20

2.4.	Pruebas mecánicas.....	21
2.5.	Máquina AUTOGRAPH SHIMADZU AG-IS.....	21
2.5.1.	Descripción de maquina.....	21
2.5.2.	Especificaciones detalladas	22
2.5.3.	Partes del despliegue del valor de la fuerza	23
2.5.4.	Dispositivos de prueba a la tensión.....	23
2.6.	Montar prensa para pruebas de tensión.....	24
2.7.	Nudos y sus propiedades.....	24
2.8.	Nudos de ajuste.....	25
2.9.	Elaboracion de las probetas para pruebas de tracción.....	25
2.9.1.	Características del cable a ocupar.....	25
2.9.2.	Empalmes a usar para pruebas.....	26
2.9.3.	Nudos a utilizar	30
2.10.	Creación del método	32
2.10.1.	Armado de máquina para pruebas de tensión.....	36
2.11.	Pruebas de tensión en empalmes eléctricos.....	38
3.	Capítulo 3: Análisis y resultados de ensayos de tracción en empalmes de cables eléctricos flexibles.....	40
3.1.	Cable base.....	40
3.2.	Empalmes eléctricos.....	42
3.2.1.	Empalme Western.....	42
3.2.2.	Empalme Ballhanger.....	45
3.2.3.	Empalme de Prolongación.....	47
3.2.4.	Empalme ultrasonido.....	49
3.3.	Empalmes basados en nudos.....	52
3.3.1.	Empalme cazador.....	52
3.3.2.	Empalme vuelta de escota.....	54
3.3.3.	Empalme Cirujano.....	56
3.4.	Comparación de los empalmes.....	59
VII.	Conclusión.....	60
VIII.	Bibliografía.....	61

Índice de Figuras

FIGURA 1.1. EJEMPLO DE CONDUCTOR DE ALAMBRE DESNUDO.....	11
FIGURA 1.2. EJEMPLO DE CONDUCTOR DE ALAMBRE AISLADO.	11
FIGURA 1.3. EJEMPLO DE CONDUCTOR DE CABLE FLEXIBLE.....	12
FIGURA 1.4. EJEMPLO DE CONDUCTOR DE CORDÓN.....	12
FIGURA 1.5. MAQUINA TREFILADORA DE ALAMBRÓN.	13
FIGURA 1.6. MAQUINA TRENZADORA.	13
FIGURA 1.7. EJEMPLO DE CABLEADO DE FASE.	14
FIGURA 1.8. EJEMPLO DE PROTECCIÓN ELÉCTRICA.....	14
FIGURA 1.9. EJEMPLO DE PROTECCIÓN MECÁNICA.....	14
FIGURA 1.10. EJEMPLO DE CUBIERTA EXTERNA.....	15
FIGURA 1.11. EJEMPLO DE INSTALACIÓN DE CÓDIGO.	15
FIGURA 1.12. EJEMPLOS DE LA NOMENCLATURA DE AISLAMIENTO DE CABLES ELÉCTRICOS.	16
FIGURA 2.1. EJEMPLO DE EMPALME PARA UNIÓN DE CONDUCTORES.....	20
FIGURA 2.2. EMPALME DERIVACIÓN DE CONDUCTORES.....	20
FIGURA 2.3. MORDAZAS TIPO CUÑA.	23
FIGURA 2.4. IMAGEN DE DISPOSITIVO MONTADO PARA PRUEBAS DE TENSIÓN.	24
FIGURA 2.5. CABLE AUTOMOTRIZ.	27
A. EJEMPLOS DE CABLE AUTOMOTRIZ.	27
B. PROBETA DE CABLE AUTOMOTRIZ.	26
FIGURA 2.6. REALIZACIÓN DE NUDO WESTERN.	27
FIGURA 2.7. EMPALME WESTERN.....	28
A. EMPALME WESTERN EN POSICIÓN HORIZONTAL.	28
B. EMPALME WESTERN EN POSICIÓN VERTICAL.	27
FIGURA 2.8. REALIZACIÓN DE EMPALME BALLHANGER.....	27
FIGURA 2.9. EMPALME BALLHANGER.	29
A. EMPALME BALLHANGER EN HORIZONTAL.	29
B. EMPALME BALLHANGER EN VERTICAL.....	28
FIGURA 2.10. REALIZACIÓN DE EMPALME PROLONGACIÓN.....	28
FIGURA 2.11. EMPALME DE PROLONGACIÓN.	30
A. EMPALME BAJADA EN DERIVACIÓN EN POSICIÓN HORIZONTAL.	30
B. EMPALME BAJADA EN DERIVACIÓN EN POSICIÓN VERTICAL.	29
FIGURA 2.12.EMPALME ULTRASÓNICO.	31
A. EJEMPLOS DE EMPALME ULTRASÓNICO.....	31
B.PROBETAS DE EMPALME ULTRASÓNICO.....	30
FIGURA 2.13. REALIZACIÓN DE NUDO CIRUJANO.	30
FIGURA 2.14. EJEMPLOS DE EMPALMES TIPO CIRUJANO.	31
A. EMPALME CIRUJANO EN HORIZONTAL.	31
B. EMPALME EN VERTICAL.	30
FIGURA 2.15. REALIZACIÓN DE NUDO CAZADOR.....	31
FIGURA 2.16. EJEMPLOS DE EMPALMES TIPO CAZADOR.	32
A. EMPALME CAZADOR HORIZONTAL.....	32
B. EMPALME CAZADOR VERTICAL.	31
FIGURA 2.17. REALIZACIÓN DE NUDO VUELTA DE ESCOTA.	32
FIGURA 2.18. EJEMPLOS DE EMPALME VUELTA DE ESCOTA.	33
A. EMPALME VUELTA DE ESCOTA EN HORIZONTAL.	33
B. EMPALME VUELTA DE ESCOTA EN VERTICAL.....	32
FIGURA 2.19.VENTANA DEL SISTEMA.	32

FIGURA 2.20. VENTANA DE SENSORES.....	33
FIGURA 2.21. VENTANA DE CONTROL DE PRUEBA.....	34
FIGURA 2.22. VENTANA MUESTRA.....	34
FIGURA 2.23. VENTANA DE PROCESADOR.....	35
FIGURA 2.24. VENTANA DE ESFUERZOS.....	36
FIGURA 2.25. PIEZAS DE LA MAQUINA AUTOGRAPH SHIMADZU.....	36
FIGURA 2.26. COLOCACIÓN DE LA UNIÓN INFERIOR.....	37
FIGURA 2.27. ENSAMBLADO DE MAQUINA UNIVERSAL.....	38
A. COLOCACIÓN DE LA UNIÓN UNIVERSAL ARTICULADA.....	38
B. FINALIZACIÓN DE LA COLOCACIÓN DE LA UNIÓN ARTICULADA.....	37
FIGURA 2.28. MAQUINA UNIVERSAL SHIMADZU.....	38
A. ENSAMBLE DE DISPOSITIVO DE TENSIÓN.....	38
B. ENSAMBLE DE DISPOSITIVO EN DIFERENTE ÁNGULO.....	37
FIGURA 2.29. COLOCACIÓN DE PROBETA.....	38
FIGURA 2.30. EJEMPLOS DE EMPALMES ELÉCTRICOS SOMETIDOS A TRACCIÓN.....	39
FIGURA 3.1. CABLE BASE.....	41
A. PROBETA DE CABLE AUTOMOTRIZ.....	41
B. ROMPIMIENTO DE CABLE POR FUERZAS DE TENSIÓN.....	40
FIGURA 3.2. GRÁFICAS DE CABLE BASE.....	42
A. GRÁFICA CABLE PRUEBA 1.....	42
B. GRÁFICA CABLE PRUEBA 2.....	42
C. GRÁFICA CABLE PRUEBA 3.....	42
D. GRÁFICA CABLE PRUEBA 4.....	42
E. GRÁFICA CABLE PRUEBA 5.....	42
F. GRÁFICA CABLE PRUEBA 6.....	42
G. GRÁFICA CABLE PRUEBA 7.....	42
H. GRÁFICA CABLE PRUEBA 8.....	41
FIGURA 3.3. GRÁFICA DE CONJUNTO DE RESULTADOS DE PROBETAS DE CABLES BASE.....	42
FIGURA 3.4. GRÁFICA DEFINITIVA DE CABLE BASE.....	42
FIGURA 3.5. EMPALME WESTERN.....	44
A. PROBETA DE EMPALME WESTERN.....	44
B. PUNTO DE QUIEBRE DEL EMPALME WESTERN.....	43
FIGURA 3.6. GRÁFICAS DE EMPALME WESTERN.....	44
A. GRÁFICA WESTERN PRUEBA 1.....	44
B. GRÁFICA WESTERN PRUEBA 2.....	44
C. GRÁFICA WESTERN PRUEBA 3.....	44
D. GRÁFICA WESTERN PRUEBA 4.....	44
E. GRÁFICA WESTERN PRUEBA 5.....	44
F. GRÁFICA WESTERN PRUEBA 6.....	44
G. GRÁFICA WESTERN PRUEBA 7.....	45
H. GRÁFICA WESTERN PRUEBA 8.....	44
FIGURA 3.7. CONJUNTO DE GRÁFICAS DE EMPALME WESTERN.....	44
FIGURA 3.8. GRÁFICA DEL EMPALME WESTERN PROMEDIO.....	44
FIGURA 3.9. EMPALME BALLHANGER.....	46
A. PROBETA DE EMPALME.....	46
B. PUNTO DE QUIEBRE DE EMPALME.....	45
FIGURA 3.10. GRÁFICAS DE EMPALME BALLHANGER.....	46
A. GRÁFICA WESTERN PRUEBA 1.....	46
B. GRÁFICA WESTERN PRUEBA 2.....	46

C. GRÁFICA WESTERN PRUEBA 3.	46
D. GRÁFICA WESTERN PRUEBA 4.	46
E. GRÁFICA WESTERN PRUEBA 5.	47
F. GRÁFICA WESTERN PRUEBA 6.....	47
G. GRÁFICA WESTERN PRUEBA 7.	47
H. GRÁFICA WESTERN PRUEBA 8.	46
FIGURA 3.11. CONJUNTO DE GRÁFICAS DEL EMPALME BALLHANGER	46
FIGURA 3.12. GRÁFICA PROMEDIO DEL EMPALME BALLHANGER.	47
FIGURA 3.13. EMPALME PROLONGACIÓN.....	48
A. PROBETA DEL EMPALME PROLONGACIÓN	48
B. PUNTO DE QUIEBRE DE EMPALME PROLONGACIÓN.	47
FIGURA 3.14. GRÁFICAS DE EMPALME PROLONGACIÓN	49
A. GRÁFICA PROLONGACIÓN PRUEBA 1	49
B. GRÁFICA PROLONGACIÓN PRUEBA 2.	49
C. GRÁFICA PROLONGACIÓN PRUEBA 3.	49
D. GRÁFICA PROLONGACIÓN PRUEBA 4	49
E. GRÁFICA PROLONGACIÓN PRUEBA 5	49
F. GRÁFICA PROLONGACIÓN PRUEBA 6	49
G. GRÁFICA PROLONGACIÓN PRUEBA 7.	49
H. GRÁFICA PROLONGACIÓN PRUEBA 8.....	48
FIGURA 3.15. CONJUNTO DE GRÁFICA DE EMPALME PROLONGACIÓN..	49
FIGURA 3.16. GRÁFICA PROMEDIO DE EMPALME PROLONGACIÓN.	49
FIGURA 3.17. EMPALME ULTRASÓNICO.	50
A. PROBETA DEL EMPALME.	50
B. PUNTO DE QUIEBRE DE EMPALME.	49
FIGURA 3.18. GRÁFICAS DE EMPALMES ULTRASÓNICOS,	51
A. GRÁFICA ULTRASÓNICO PRUEBA 1	51
B. GRÁFICA ULTRASÓNICO PRUEBA 2.	51
C. GRÁFICA ULTRASÓNICO PRUEBA 3.....	51
D. GRÁFICA ULTRASÓNICO PRUEBA 4.....	51
E. GRÁFICA ULTRASÓNICO PRUEBA 5.	51
F. GRÁFICA ULTRASÓNICO PRUEBA 6.	51
G. GRÁFICA ULTRASÓNICO PRUEBA 7.	51
H. GRÁFICA ULTRASÓNICO PRUEBA 8.....	50
FIGURA 3.19. CONJUNTO DE GRÁFICAS DE EMPALMES ULTRASÓNICOS.	51
FIGURA 3.20. GRÁFICA PROMEDIO DEL EMPALME ULTRASÓNICO.....	51
FIGURA 3.21. COMPARACIÓN DE GRÁFICAS CONVENCIONALES E INDUSTRIAL.	52
FIGURA 3.22. EMPALME CAZADOR.....	53
A. PROBETA DEL EMPALME.	53
B. PUNTO DE QUIEBRE DEL EMPALME.	52
FIGURA 3,23.GRAFICAS DE EMPALME CAZADOR.	54
A. GRÁFICA CAZADOR PRUEBA 1.....	54
B. GRÁFICA CAZADOR PRUEBA 2.	54
C. GRÁFICA CAZADOR PRUEBA 3	54
D. GRÁFICA CAZADOR PRUEBA 4	54
E. GRÁFICA CAZADOR PRUEBA 5.	54
F. GRÁFICA CAZADOR PRUEBA 6.....	54
G. GRÁFICA CAZADOR PRUEBA 7.	54
H. GRÁFICA CAZADOR PRUEBA 8.	53

FIGURA 3.24. CONJUNTO DE GRAFICAS DE EMPALME CAZADOR.....	54
FIGURA 3.25. GRÁFICA PROMEDIO DE EMPALME CAZADOR.....	54
FIGURA 3.26. EMPALME VUELTA DE ESCOTA.	55
A. PROBETA DEL EMPALME.....	55
B. PUNTO DE QUIEBRE DE LA PROBETA.....	54
FIGURA 3.27. GRÁFICAS DE EMPALMES VUELTA DE ESCOTA.....	56
A. GRÁFICA VUELTA DE ESCOTA PRUEBA 1.....	56
B. GRÁFICA VUELTA DE ESCOTA PRUEBA 2.	56
C. GRÁFICA VUELTA DE ESCOTA PRUEBA 3.	56
D. GRÁFICA VUELTA DE ESCOTA PRUEBA 4.....	56
E. GRÁFICA VUELTA DE ESCOTA PRUEBA 5.	56
F. GRÁFICA VUELTA DE ESCOTA PRUEBA 6.....	56
G. GRÁFICA VUELTA DE ESCOTA PRUEBA 7.....	56
H. GRÁFICA VUELTA DE ESCOTA PRUEBA 8.....	55
FIGURA 3.28. CONJUNTO DE GRÁFICAS DE PRUEBAS DE EMPALMES VUELTA DE ESCOTA.....	56
FIGURA 3.29. GRÁFICA PROMEDIO DE EMPALME VUELTA DE ESCOTA.	56
FIGURA 3.30. EMPALME CIRUJANO.	58
A. PROBETA DEL EMPALME.....	58
B. PUNTO DE QUIEBRE DEL EMPALME.....	57
FIGURA 3.31. GRÁFICAS DE EMPALMES CIRUJANO.	58
A. GRÁFICA CIRUJANO PRUEBA 1.....	58
B. GRÁFICA CIRUJANO PRUEBA 2.	58
C. GRÁFICA CIRUJANO PRUEBA 3.	58
D. GRÁFICA CIRUJANO PRUEBA 4.....	58
E. GRÁFICA CIRUJANO PRUEBA 5.	58
F. GRÁFICA CIRUJANO PRUEBA 6.	58
G. GRÁFICA CIRUJANO PRUEBA 7.	59
H. GRÁFICA CIRUJANO PRUEBA 8.....	58
FIGURA 3.32. CONJUNTO DE GRÁFICAS DE EMPALME CIRUJANO.	58
FIGURA 3.33. GRÁFICA PROMEDIO DE PRUEBAS EN EMPALME CIRUJANO.....	58
FIGURA 3.34. CONJUNTO DE GRÁFICAS DE EMPALMES BASADOS EN NUDOS.....	59
FIGURA 3.35. COMPARACIÓN DE LOS EMPALMES Y EL CABLE BASE.....	59

Índice de Tablas.

TABLA 1.1. CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS DEL COBRE.....	10
TABLA 1.2. TABLA DE CODIFICACIÓN DE CABLES ELÉCTRICOS.....	17
TABLA 1.3. TABLA DE CALIBRE DE CABLE.....	18
TABLA 1.4. DESCRIPCIÓN DE COLORES.....	18
TABLA 2.1. VELOCIDAD DEL PUENTE.....	22
TABLA 2.2. UNIDADES DE MEDICIÓN.....	23
TABLA 2.3. PARTES DE CUÑA NON-SHIFT.....	24

I. Glosario.

Arnés eléctrico: Conjunto de cables, terminales, conectores, clips, cintas entre otros componentes que tienen la función de llevar una señal eléctrica de un punto a otro.

Cabo: Extremo o punta de un objeto, generalmente de algo alargado, por ejemplo los extremos de un cable.

Deformación elástica: Área en la cual un cuerpo al ser sometido a tensión, puede regresar a su estado normal.

DIN 76722: Esta norma se aplica a los cables eléctricos destinados para uso en vehículos de carretera. Especifica la estructura de los códigos, o la nomenclatura, para estos cables.

Fluencia: Es la deformación irre recuperable de la probeta.

Hilo: Se le llama hilo a toda varilla delgada y estirada de metal.

Punto de fluencia: Es el punto donde el objeto pierde la deformación elástica. Consiste en un alargamiento muy rápido sin que varíe la tensión aplicada en un ensayo de tracción.

Realizar un tendido: Agrupar conductores de la misma fase cuando la intensidad a transportar por una línea sea superior a la admisible por un solo conductor.

Soldadura de cordón: Se le llama así al depósito continuo de metal de soldadura formado sobre la superficie del metal base.

Sistema eléctrico: Es una serie de elementos o componentes eléctricos, tales como resistencias, inductancias, fuentes y/o dispositivos eléctricos semiconductores, conectados eléctricamente entre sí con el propósito de generar, transportar o modificar señales electrónicas o eléctricas.

Tensión: Efecto de aplicar una fuerza sobre una forma alargada aumentando su elongación.

USCAR: Define los métodos de prueba y los requisitos de rendimiento para empalmes eléctricos cable a cable (6).

II. Introducción.

Un cable eléctrico es un elemento fabricado y pensado para conducir electricidad. El material principal con el que están fabricados es cobre, debido a su alto grado de conductividad eléctrica. Actualmente se ha desarrollado nuevas formas de mejorar las propiedades de los cables para la transmisión eléctrica, ya sea para las instalaciones domésticas o para la industria. Los splices o también conocidos como empalmes son utilizados para unir dos o más cables. Estos tipos de uniones presentan diferentes características mecánicas, que aún no se han documentado académicamente. Una característica relevante en las uniones de cables es la resistencia a la tracción, debido a que muchos están sometidos a condiciones de cargas. Un ejemplo de la importancia de estas uniones es en la reparación de instalaciones eléctricas en general o bien en la manipulación de arnés automotrices (Sistema eléctrico).

III. Justificación.

Los empalmes eléctricos son sin duda el medio de conexión más utilizado en la industria y en instalaciones domésticas, ya sea para solucionar un problema o mejorar la conductividad

eléctrica, los empalmes han sido un elemento básico de un sistema eléctrico. Estas uniones deben de cumplir con ciertas características eléctricas y mecánicas. Dentro de los requerimientos mecánicos que se deben contemplar es la resistencia a la tracción, debido a que muchas veces, estas uniones se someten a condiciones de estrés.

Las propiedades mecánicas definen el comportamiento de los materiales ante fuerzas exteriores que tienden a alterar su equilibrio afectando a todo el sistema. Estos estudios se deben centrar en la elaboración de métodos que permitan, en base a las características y propiedades mencionadas, poder estimar con facilidad y confiabilidad las condiciones de utilización y procesamiento adecuado de la instalación de dichos empalmes. Las propiedades mecánicas definen el comportamiento, aptitud y capacidad que tienen, en este caso, los empalmes para resistir fuerzas externas **(1)**.

Teniendo en cuenta que el 25% de todas las fallas eléctricas en un carro (posiblemente en otros productos también) es debido a prensados incorrectos **(2)**. Se propone realizar un estudio a la resistencia de tracción de empalmes en cables eléctricos flexibles. El ensayo de tracción es probablemente el fundamental de todas las pruebas mecánicas que se puede realizar en un material. Los ensayos de tracción son simples, relativamente baratos, y totalmente estandarizados **(3)**.

Estas prácticas tienen el objetivo inmediato de ilustrar, mediante la experiencia, las propiedades mecánicas de los materiales que se derivan a partir de un ensayo a tracción **(4)**. Además los resultados que se obtengan en estas pruebas pueden enriquecer la información sobre los empalmes eléctricos, ya que no existe mucha información de estos.

IV. Resumen de tesis.

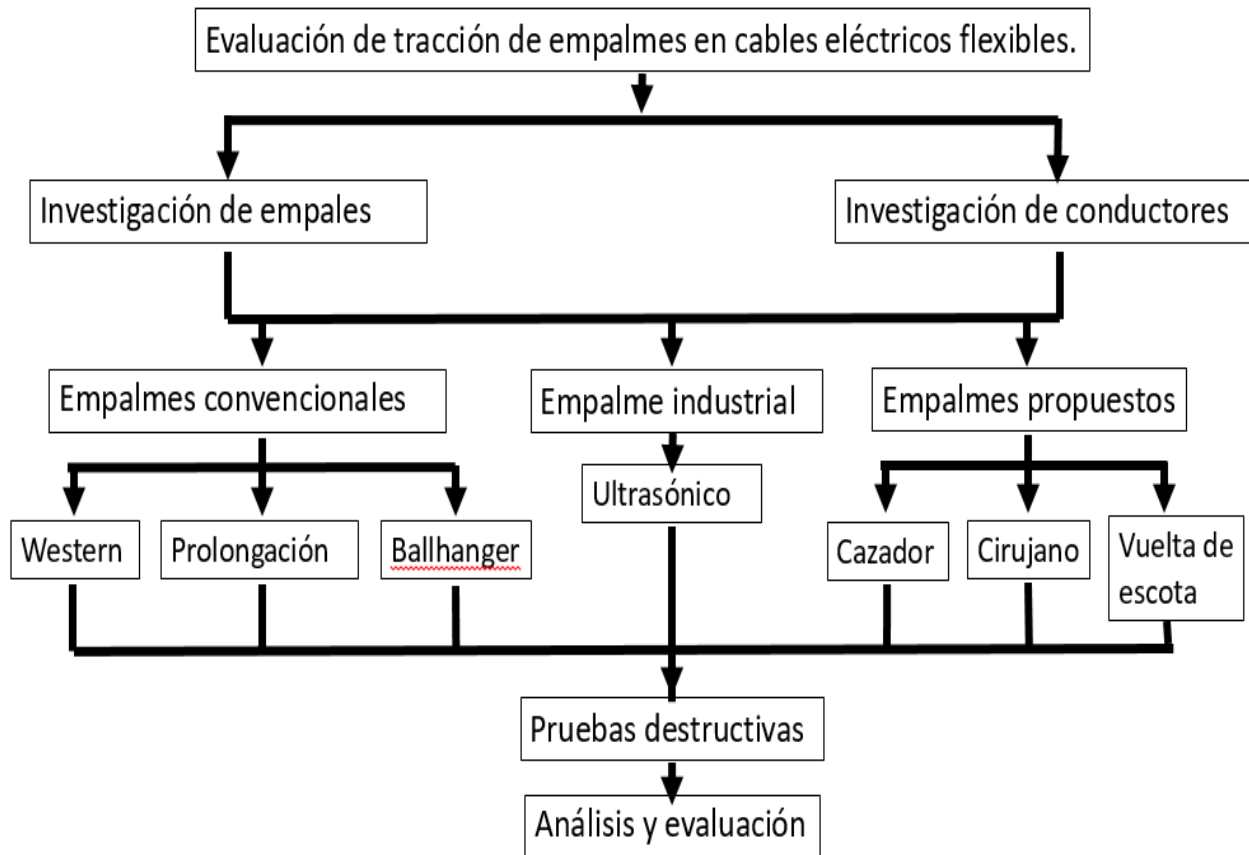
Este trabajo de tesis se centró en realizar la evaluación experimental de empalmes eléctricos en cables flexibles sometidos a tracción. La finalidad del estudio es comparar la capacidad de carga que pueden soportar cada empalme, así como de encontrar cual presenta mejores capacidades a tensión. Por otra parte, esta tesis presenta tres propuestas de empalmes basados en nudos que pueden tener comportamiento superior a los empalmes comerciales e industriales. Para ello, el trabajo se dividió 3 secciones, que a continuación se describirán

- Estudiar y describir conceptos utilizados en la industria de conductores eléctricos: Se hará una investigación sobre los cables eléctricos, tomando en cuenta sus características.
- Seleccionar y proponer empalmes eléctricos flexibles sometidos a fuerzas de tracción: Además se investigará y elegirán 3 tipos de empalmes eléctricos convencionales, un industrial así como 3 empalmes basados en nudos.
- Se evaluará experimentalmente los empalmes por medio de ensayos de tracción para conocer cuál de ellos presenta mejores características mecánicas.

Actualmente no existe mucha información sobre empalmes eléctricos y sobre todo de resultados de pruebas mecánicas destructivas. En el caso de los empalmes propuestos, basados en nudos, se considera que pueden presentar mejor desempeño que los empalmes convencionales, ya que estos presentan azocamiento a fuerzas de tensión.

V. Diagrama

A continuación se muestra el diagrama de las partes que conforman este trabajo.



VI. Objetivos.

VI.I Objetivo general.

Evaluar y proponer empalmes en cables eléctricos flexibles sometidos a la tracción.

VI.II Objetivos específicos.

- Estudiar y describir conceptos utilizados en la industria de conductores eléctricos.
- Seleccionar y proponer empalmes eléctricos flexibles sometidos a fuerzas de tracción.
- Análisis de ensayos de tracción en empalmes de cables eléctricos flexibles.

1. Capítulo 1: Estudio y descripción de conceptos utilizados en la industria de conductores eléctricos.

1.1. El cobre y sus propiedades.

El cobre es un metal de color pardo rojizo, brillante, dúctil, muy maleable, resistente a la corrosión y buen conductor de la electricidad y el calor; su símbolo es *Cu*, masa atómica 63,54u y número atómico 29. Su punto de fusión es de 1.083°C mientras que su punto de ebullición es de unos 2.567°C, y tiene una densidad relativa de 8,9gr/cm².

Su ductilidad permite transformarlo en cables de cualquier diámetro, desde 0,25cm en adelante. La resistencia a la tracción del alambre de cobre estirado, es de unos 410N/mm².

1.1.1. Propiedades mecánicas.

Si se aplica unos niveles de carga a una pieza de cobre que superen el límite elástico (tensión máxima a la que puede ser sometida un material sin sufrir deformaciones), entonces el material sufrirá deformaciones permanentes y ya no recuperará su forma original cuando cese estas cargas. Es entonces cuando el material entrará en el régimen plástico hasta alcanzar el punto de rotura o resistencia a la tracción. Estas propiedades se pueden incrementar mediante las aleaciones, pero esto supone una reducción de la conductividad eléctrica. La *Tabla 1.1* muestra las características mecánicas del cobre.

Características Mecánicas del Cobre			
Estado	Resistencia a la tracción, kg/mm ²	Límite elástico, kg/mm ²	Alargamiento en la rotura, %
Fundido	15 - 22	-	25 - 15
Recocido	21 - 24	9	46 - 47
Templado	37 - 41	36	5 - 6

Tabla 1.1. Características mecánicas del cobre.

El cobre se puede unir fácilmente mediante soldadura (fuerte y blanda), pernos o adhesivos. En la industria, esto resulta muy útil para sistemas de tuberías y embarrados, que son elementos esenciales en los sistemas de distribución eléctrica. Además es el metal de más usos y se utiliza para líneas de alta tensión, maquinaria eléctrica, aleaciones y la fabricación de cables.

1.2. Cable eléctrico.

Un cable eléctrico es un elemento fabricado y pensado para conducir electricidad. El material principal con el que están fabricados es con cobre (por su alto grado de conductividad), también se utiliza el aluminio, es más económico pero su grado de conductividad es menor.

1.2.1. Partes de un cable eléctrico.

Los cables eléctricos están compuestos por el conductor, aislamiento, una capa de relleno y una cubierta. Cada uno de estos elementos que componen el cable eléctrico cumple con un propósito, los cuales son:

Conductor eléctrico: Es la parte del cable que transporta la electricidad y puede estar constituido por uno o más hilos de cobre o aluminio.

Aislamiento: Este componente es la parte que recubre el conductor, se encarga de que la corriente eléctrica no se escape del cable y sea transportada de principio a fin por el conductor, previniendo que entre en contacto con el usuario o con otros conductores y provoquen un cortocircuito.

Capa de relleno: Esta se encuentra entre el aislamiento y el conductor, se encarga de que el cable conserve un aspecto circular ya que en muchas ocasiones los conductores no son redondos o tienen más de un hilo. Con la capa de relleno se logra un aspecto redondo y homogéneo.

Cubierta: Es el material que protege al cable de la intemperie y elementos externos.

1.2.2. Tipos de conductores eléctricos.

En un sistema eléctrico, el conductor debe cumplir con varias características dependiendo de su función, para ello se utilizan diferentes tipos de cables, los cuales son:

1.2.2.1. Conductor de alambre desnudo.

Es un solo alambre en estado sólido, no es flexible y no tiene recubrimiento, un ejemplo de uso de este tipo de conductores es la utilización para la conexión a tierra en conjunto con las picas de tierra. A continuación, en la *Figura 1* se muestra un ejemplo de este conductor.



Figura 1.1. Ejemplo de conductor de alambre desnudo.

1.2.2.2. Conductor de alambre aislado.

El conductor va recubierto de una capa de aislante de material plástico para que el conductor no entre en contacto con ningún otro elemento como otros conductores, personas u objetos metálicos. El alambre aislado se utiliza mucho más que el cobre desnudo tanto en viviendas como oficinas. A continuación, en la *Figura 1.2* se muestra un ejemplo de este conductor.

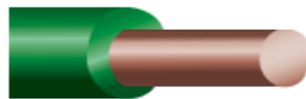


Figura 1.2. Ejemplo de conductor de alambre aislado.

1.2.2.3. Conductor de cable flexible.

El cable eléctrico flexible es el más comercializado y el más aplicado, está compuesto por multitud de finos alambres recubiertos por un aislante de material plástico. Son tan flexibles porque al ser muchos alambres finos en vez de un alambre conductor gordo se consigue que se puedan doblar

con facilidad, son muy maleables. A continuación, en la *Figura 1.3* se muestra un ejemplo de este conductor.

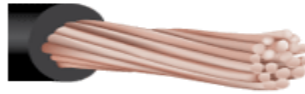


Figura 1.3. Ejemplo de conductor de cable flexible.

1.2.2.4. Conductor de cordón.

Están formados por más de un cable o alambre, se juntan todos y se envuelven de manera conjunta por segunda vez, es decir, tienen el propio aislamiento de cada conductor más uno que los reúne a todos en un conjunto único. A continuación, en la *Figura 1.4* se muestra un ejemplo de este conductor.

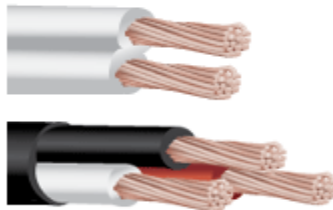


Figura 1.4. Ejemplo de conductor de cordón.

1.3. Fabricación del cable.

El cable es esencial en cualquier sistema eléctrico, a pesar de la variedad de características que puede tener para cada función a desempeñar, en su fabricación, se siguen de forma general los siguientes procesos:

1.3.1. Trefilado.

El trefilado es el proceso por el cual se reduce el tamaño del alambre de cobre de manera progresiva, hasta tener el diámetro requerido, aumentando su ductilidad y su conductividad, utilizando como materia prima, rollos de 5000kg de cobre de 8mm de diámetro, el cual llega desde las fábricas de fundición, se le denomina técnicamente como alambroón. El proceso de trefilado se divide en 2 fases, en las cuales obtiene las características mencionadas anteriormente, estas son:

1.3.1.1. Primera fase.

El alambre entra al trefilado fino donde se reducirá el diámetro del cable hasta la medida del hilo definida para cada tipo de conductor, a esta fase se le llama desbaste. A continuación, en la *Figura 1.5* se muestra una imagen de este proceso.



Figura 1.5. Máquina Trefiladora de alambón.

1.3.1.2. Segunda fase.

Se someten los cables a un tratamiento térmico, llamado recocido, aumentando la ductilidad y conductividad del cobre.

1.3.2. Trenzadora.

Los hilos de cobre recocido obtenido, se agrupan para formar los conductores, se pueden formar secciones muy diversas, por ejemplo una sección tan pequeña como de $0.5mm^2$ o circuitos de alta frecuencia de $240mm^2$ o $400mm^2$, esto depende en la función de la sección de cada conductor. Para esto se colocan los diferentes rollos de hilos en la máquina, la cual por medio de rotación va trenzando el cable. A continuación en la *Figura 1.6* se muestra una imagen de este proceso.



Figura 1.6. Máquina trenzadora.

1.3.3. Aislamiento.

Se coloca un recubrimiento aislante sobre el conductor para evitar fugas de corriente, el material de aislamiento se funde y se aplica sobre el conductor en continuo para evitar la fuga de corriente, los materiales de aislamiento pueden ser de distinta naturaleza (pvc, pe, xlp, etc.) en función de las características del cable, los materiales de aislamiento pueden variar, la calidad de un material de aislamiento viene definida por 2 características básicas:

- Su calidad de aislamiento: Su calidad de aislamiento del material y su espesor determinaran la tensión máxima del servicio del polímero.
- Su nivel térmico: Un material de aislamiento de mayor nivel térmico, permitirá transmitir mayor potencia para una misma sección de conductor.

A lo largo de toda la longitud del cable, este es sometido a un control de voltaje para asegurar que la capa de aislamiento no presenta ningún fallo.

1.3.4. Cableado de fase.

Consiste en agrupar distintos conductores aislados para formar un cable multipolar, la identificación de las fases puede realizarse por coloración o por numerado de las mismas, conocido como calibre. A continuación, en la *Figura 1.7* se muestra un ejemplo de este tipo de cableado.

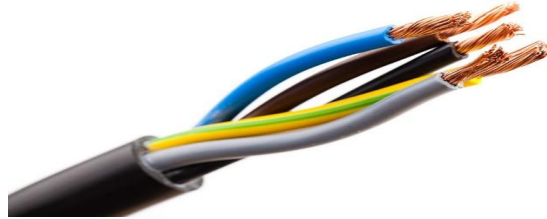


Figura 1.7. Ejemplo de cableado de fase.

En este proceso también se hace un control de voltaje sobre toda la longitud del cable fabricado.

1.3.5. Protecciones auxiliares.

Para tener mayor protección del núcleo del cable, se incorporan protecciones metálicas, ya sean eléctricas o mecánicas.

Protecciones eléctricas también conocidas como pantallas, aíslan las señales que circulan por el cable de posibles interferencias externas, también blindan a los cables de potencia para evitar que interfieran en circuitos de señal adyacente. A continuación, en la *Figura 1.8* se muestra un ejemplo de este tipo de protección.

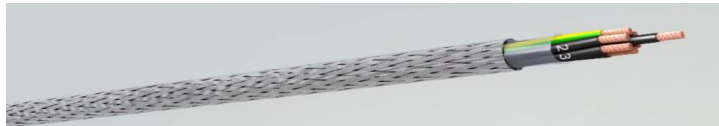


Figura 1.8. Ejemplo de protección eléctrica.

Protecciones mecánicas, denominadas armaduras, protegen el cable de agresiones externas como golpes, ataques de roedores, tracción, etc. Estas se fabrican en acero o aluminio y pueden ser de fleje, corona de hilos o trenza de hilos, etc. A continuación, en la *Figura 1.9* se muestra un ejemplo de este tipo de protección.

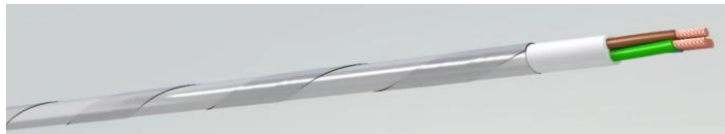


Figura 1.9. Ejemplo de protección mecánica.

1.3.6. Cubierta exterior.

Aísla el interior del cable de elementos externos que podrían alterar sus propiedades eléctricas, como la humedad y lo protege de los golpes que pueda recibir durante su instalación y uso. Está

cubierta puede ser termoplástica o termoestable, el material se funde y se aplica sobre el núcleo del cable en continuo al igual que el aislamiento, los materiales de cubierta pueden ser de distinta naturaleza en función del nivel de protección requerida, flexibilidad final del cable, entorno de trabajo, etc. A continuación, en la *Figura 1.10* se muestra un ejemplo de este tipo de cubierta.

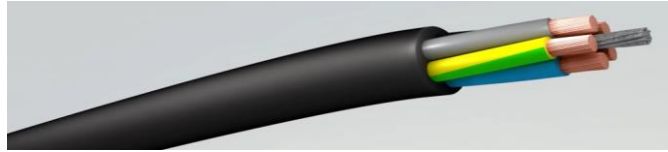


Figura 1.10. Ejemplo de cubierta externa.

1.3.7. Código.

Para identificar bien el cable, este se marca con los datos más relevantes, fabricante, denominación comercial, número de conductores o hilos, sección, norma constructiva, certificación del producto, control de stock, etc. En este proceso también se hace un control de voltaje sobre toda la longitud del cable fabricado. A continuación, en la *Figura 1.11* se muestra una imagen de este proceso.



Figura 1.11. Ejemplo de instalación de código.

1.4. Tipos de aislamientos de cables eléctricos.

Se puede identificar el tipo de aislamiento que tiene un cable en las inscripciones que aparecen sobre él, son abreviaciones del inglés. Los cables que se utilizan para instalaciones en viviendas y oficinas son: THN, THW, THHW y THWN. El significado de estas abreviaturas es el siguiente:

- T (Thermoplastic): Aislamiento termoplástico. (En la imagen de abajo se visualiza el número 1 con color **negro**).
- H (Heat resistant): Resistente al calor hasta 75° centígrados (167° F). (En la imagen de abajo se visualiza el número 2 con color **naranja**).
- HH (Heat resistant): Resistente al calor hasta 90° centígrados (194° F). (En la imagen de abajo se visualiza el número 3 con color **rosa**).
- W (Water resistant): Resistente al agua y a la humedad. (En la imagen de abajo se visualiza el número 4 con color **azul**).
- LS (Low smoke): Este cable tiene baja emisión de humos y bajo contenido de gases contaminantes. (En la imagen de abajo se visualiza el número 5 con color **gris**).
- SPT (Service parallel thermoplastic): Esta nomenclatura se usa para identificar un cordón que se compone de dos cables flexibles y paralelos con aislamiento de plástico y que

están unidos entre sí. También se denomina cordón dúplex. (En la imagen de abajo se visualiza el número 6 con color amarillo).

A continuación, en la *Figura 1.12* se muestra ejemplos de nomenclaturas de aislamiento en cables eléctricos.

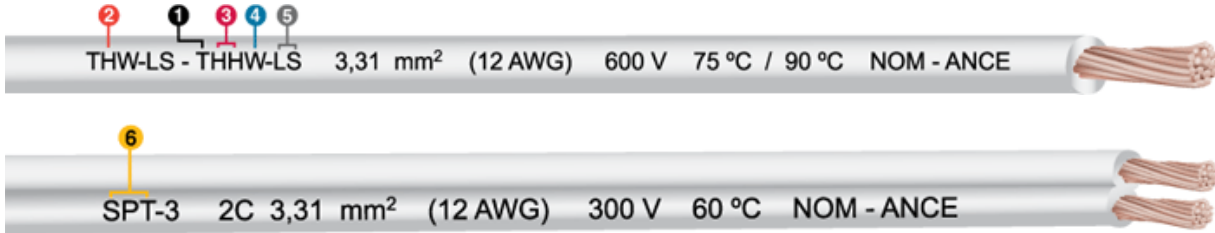


Figura 1.12. Ejemplos de la nomenclatura de aislamiento de cables eléctricos.

1.4.1. Composición del aislamiento de cables eléctricos

Existen dos tipos de aislantes, los aislamientos termoplásticos y los aislamientos termoestables.
Aislamiento termoplástico: Propiedad que presentan los aislantes que soportan 70°C en régimen permanente y 160°C en cortocircuito.

Los materiales pueden ser:

- PVC: Policloruro de vinilo.
- PE: Polietileno.
- PCP: Policloropreno, neopreno o plástico.

Aislamiento termoestable: Propiedad que presentan los aislantes que soportan 90°C en régimen permanente y 250°C en cortocircuito.

Los materiales pueden ser:

- XLPE: Polietileno reticulado.
- EPR: Etileno-propileno.
- MICC: Cobre revestido, mineral aislado.

1.5. Código de cable eléctrico

A continuación, en la *Tabla 1.2* se mostraran los atributos más comunes de los cables y su codificación.

Norma	Nacional	ES
	Armonizada	H
Tensión asignada	300/ 500 V	05
	450/ 750 V	07
Aislamiento	Etileno-propileno	B
	Mezcla especial de policloropreno	N2
	Goma natural	R

	PVC	V
	PVC para bajas temperaturas	V3
	Mezcla libre de halógenos reticulada	Z
	Mezcla libre de halógenos termoplástica	Z1
Cubierta	Goma de etileno-propileno	B
	Policloropreno	N
	Goma natural	R
	PVC	V
	Mezcla libre de halógenos reticulada	Z
	Mezcla libre de halógenos termoplástica	Z1
Forma del conductor	Flexible para soldadura	-D
	Flexible para servicios móviles	-F
	Flexible para instalación fija	-K
	Rígido, sección circular, varios alambres	-R
	Rígido, sección circular, un alambre	-U
Número de conductores y sección nominal	Número de conductores	Nº
	Con amarillo/ verde	G
	Sin amarillo/ verde	x
	Sección nominal	mm ²

Tabla 1.2. Tabla de codificación de cables eléctricos (5).

Uno ejemplo del uso de esta tabla son:

Cable: **ES05VV-F 4G0'75**

ES → Es un conductor fabricado según norma nacional

05 → De tensión asignada 300V/500V

V → Con aislamiento de PVC

V → Con cubierta de PVC

-F → Flexible para servicios móviles.

4G0'75 → 4 conductores de 0'75mm² de sección con conductor amarillo/ verde.

1.6. Medidas de los cables eléctricos.

Las medidas de los cables y alambres eléctricos se suelen categorizar en calibres si se habla del sistema AWG (American Wire Gauge), sin embargo es más común conocerlos dependiendo del diámetro del cable en el sistema métrico decimal y categorizarlos en milímetros cuadrados dependiendo del diámetro de la sección. La *Tabla 1.3* indica las equivalencias de calibre en milímetros.

FOTO	CALIBRE / AWG	DIAMETRO EN MM	CONSUMO DE CORRIENTE	EJEMPLOS
	6	16mm	Muy alto	Aires acondicionados centrales, equipos industriales (se requiere instalación especial de 240 volts).

	8	10mm	Alto	Aires acondicionados, estufas eléctricas y acometidas de energía eléctrica.
	10	6mm	Medio – alto	Secadoras de ropa, refrigeradores, aires acondicionados de ventana.
	12	4mm	Medio	Hornos de microondas, licuadoras, contactos de casas y oficinas, extensiones de uso rudo.
	14	2.5mm	Medio – bajo	Cableado de iluminación, contactos de casas, extensiones reforzadas.
	16	1.5mm	Bajo	Extensiones de bajo consumo, lámparas.
	18	1mm	Muy bajo	Productos electrónicos como termostatos, timbres o sistemas de seguridad.

Tabla 1.3. Tabla de calibre de cable.

1.7. Colores y significado de los cables eléctricos.

Los cables eléctricos tienen un aislamiento de alguno de los siguientes colores normalmente: Azul, bicolor (verde y amarillo), marrón, gris o negro, dependiendo del color, se ocupa para diferentes funciones. La *Tabla 1.4* muestra sus descripciones.

Color	Descripción
Cable verde y amarillo	Es el cable de toma a tierra, antiguamente se utilizaba cables de color gris o blanco pero, para evitar confusiones, se comenzó a utilizar este cable bicolor, por ser más llamativo.
Cable azul	Es el cable neutro, hasta 1970 se utilizaba el cable de color rojo.
Cable marrón	Es el cable de fase, aunque también puede ser negro o gris, según la estética del aparato que lo luzca. Anteriormente se utilizaba el color verde, por lo que si se encuentra un cable verde, será mejor revisarlo antes de usarlo, ya que puede estar reseco o roto.
Cable negro	Es un cable de fase, también, y está visible en la gran mayoría de las instalaciones y cables. Al igual que el blanco, puede responder a motivos estéticos.
Cable blanco	Los cables blancos son utilizados como cables neutrales. Éstos también son tomas de tierra, pero sólo se conectan al transformador para así, llevar la energía de vuelta.
Cables de colores con rayas	Los cables de colores con una raya (también llamada "guía" son cables tan neutrales como los blancos. Estos tipos de cables se usan para identificar cuál cable neutral va con cuál cable de color.
Cables de colores	Todos los cables de colores (excepto aquellos que tienen una raya) son cables de corriente (o de carga). El de uso más común es el rojo. Cuando hay muchos cables, hay mayor facilidad de identificarlos por medio de los colores.

Tabla 1.4. Descripción de colores.

2. Capítulo 2: Selección y propuesta de empalmes eléctricos flexibles sometidos a fuerzas de tracción.

2.1. Empalmes eléctricos

Son uniones de dos o más conductores realizados para facilitar la continuidad de la corriente eléctrica. Deben hacerse mecánica y eléctricamente seguros, con el objeto de impedir recalentamiento, oxidación y corrosión del cobre.

Es importante saber la forma apropiada de realizar empalmes, pues una mala realización de estos, puede provocar un mal contacto entre los cables y hacer que falle la instalación, o puede ocasionar un incendio si el empalme queda flojo y la corriente es elevada. Si los conductores se van a instalar a la intemperie, se debe de tomar en cuenta la tensión a la cual estarán expuestos, por lo que se tendrá que determinar el tipo de empalme más conveniente. No deben quedar cables sueltos ni contactos mal montados. Como precaución, siempre es bueno tener la corriente apagada a la hora de trabajar con electricidad.

Una vez realizados los empalmes eléctricos se pueden soldar para conseguir un mejor contacto. Si existe el riesgo de cortocircuito con otros empalmes o cables, se deben aislar mediante algún tipo de cinta aislante. Así mismo, para protegerlo de ambientes húmedos, puede usarse cinta vulcanizada.

Un empalme eléctrico ofrece estas ventajas:

- Economía en materiales, es más barato que un conector pre-formado.
- Mayor control en la fuerza de apriete y por ende mayor garantía en la unión.
- Es adecuado para unir alambres.
- Permite elegir la forma geométrica más adecuada a la aplicación requerida.
- Mayor control en la elaboración de los encintados de aislamiento y permite agregar capas extras.
- Puede adaptarse para hacer derivaciones en circuitos donde un conector no está disponible, por ejemplo, con alambres que tiene diferentes calibres.

Un empalme eléctrico tiene estas desventajas:

- Mayor gasto en mano de obra calificada, porque se emplea más tiempo en hacerlo.
- Requiere buenos conocimientos y experiencia, para hacer el encintado de aislamiento.
- Mal elaborado es un peligro de punto caliente, por falso contacto.
- Requiere de espacio para su ejecución, no es apto para espacios reducidos.
- No es apto para hacer entre cables de diferentes materiales.
- Mal elaborado puede causar fallas de aislamientos y por ende cortos circuitos.
- Un empalme flojo puede causar cortes de energía.

Normalmente se evita el empalme. Sin embargo, es a menudo una necesidad económica y como se mencionó anteriormente las desventajas de los empalmes se relacionan con una mala realización de estos, por lo tanto si se hace adecuadamente, siguiendo normas de seguridad, estos pueden mejorar la calidad de los sistema eléctricos.

2.2. Tipos de empalmes.

El tipo de empalme que se debe utilizar en un caso específico depende del calibre y número de hilos de los conductores que se van a unir, y el propósito de la unión. De acuerdo a su función, existen 2 clases principales de empalmes:

A) Los que se usan para unir 2 conductores y de esta manera formar uno solo. Sirven para aumentar la longitud del conductor o para conectar 2 secciones de un mismo conductor, cuando se rompe accidentalmente. A continuación, en la *Figura 2.1* se muestra un ejemplo de este tipo de empalmes.



Figura 2.1. Ejemplo de empalme para unión de conductores.

B) Los que se usan para hacer derivaciones para otros conductores. Se usa para sacar una derivación de otro conductor que lleva corriente. También se le llama “unión de toma”. A continuación, en la *Figura 2.2* se muestra un ejemplo de este tipo de empalmes.



Figura 2.2. Empalme derivación de conductores.

En este trabajo, nos enfocaremos en los empalmes de unión, utilizando un cable en cada extremidad del mismo, ya que tiene mayor similitud con un cable común. Además se evitara la presencia de algún tipo de recubrimiento metálico, plástico o aditamento, para enfocarnos en la tensión del empalme desnudo, evitando que obtenga una resistencia adicional.

2.3. Normas para pruebas de esfuerzos de tensión.

Para las pruebas de tensión, se tomaron en cuenta normas especializadas en esta área, las cuales varían entre ellas. Por ejemplo, la velocidad de tensión es la velocidad a la cual se estirará la unión del cable. Esta propiedad mecánica es importante ya que se pueden lograr diferentes valores si la velocidad no es constante.

Como lo menciona **(2)** en su proyecto de investigación de diseño de arneses eléctricos para General Motors, las normas UL (Underwriters Laboratories, es una consultoría de seguridad y certificación), utilizada por VW (Volkswagen, nombre de una marca de automóviles Alemana) y General Motors, no especifican una velocidad, así que los fabricantes pueden utilizar el método más rápido disponible, siempre y cuando no haya un jalón repentino sobre la muestra. Las normas para pruebas de empalmes llamada USCAR **(6)**, indica una velocidad de entre 50mm a 250mm por minuto, pero normalmente se ocupa a 100mm por minuto, mientras que la norma SAE AS7928 **(7)** especifica una velocidad de 24.5mm por minuto.

Al llevar a cabo una prueba de tensión, la mayoría de las compañías fabricantes no retiran el prensado del aislante, sin embargo, las normas UL y USCAR requieren que el aislante de prensado se abra o quede deshabilitado.

Aún con todas estas normas, el 25% de todas las fallas eléctricas en un carro (posiblemente en otros productos también) es debido a prensados incorrectos.

2.4. Pruebas mecánicas.

Son pruebas destructivas en las que los materiales de estudio son sometidos a esfuerzos mediante la aplicación de una fuerza externa hasta su deformación y/o ruptura, para determinar sus propiedades tales como dureza, elasticidad, fragilidad y resistencia a la penetración. Se pueden estudiar diversos materiales como: polímeros, metales de baja dureza, cerámicos, materiales compuestos, productos farmacéuticos y alimentos.

Además, las pruebas mecánicas se ocupan para determinar las características de nuevos materiales antes de que se puedan usar en forma confiable en los diseños de ingeniería. Asegurar y controlar la calidad de las materias primas y los productos que se obtienen de ellos, para que cumplan con los requerimientos especificados por los clientes. Comparar resultados obtenidos en diferentes partes del mundo. En el campo de la ingeniería, las pruebas mecánicas son indispensables para poder definir la resistencia de los materiales sometidos a diferentes tipos de cargas, como pueden ser cargas axiales concéntricas, cargas de torsión y cargas flexionantes.

En este trabajo se harán pruebas de tracción a 4 tipos de empalmes convencionales, 3 tipos de empalmes basados en nudos y el cable simple, en la maquina AUTOGRAPH SHIMADZU AG-IS serie MS, tomando en cuenta que el cable a utilizar será el mismo para cada muestra y se hará todo bajo norma.

2.5. Máquina AUTOGRAPH SHIMADZU AG-IS.

La máquina universal es una herramienta que sirve para realizar pruebas mecánicas a los materiales utilizados en el diseño en ingeniería, se utiliza para obtener resultados de las propiedades mecánicas de los materiales, sometidos a diferentes tipos de pruebas, como pueden ser de compresión, de flexión y de tensión. Para esto se necesita crear una presión, a cual se logra con un sistema hidráulico o tornillos que se accionan con unas placas, o mandíbulas.

Las pruebas mecánicas son necesarias para el diseño en ingeniería, porque determinan que material es apto para cada tipo de esfuerzo al que son sometidos y de este modo poder ser utilizados de manera confiable en las nuevas estructuras.

2.5.1. Descripción de maquina

Método de carga:

Alta precisión, control de la velocidad de tensión utilizando dos tornillos de bolas. Su capacidad de fuerza es de 100kN, la capacidad de fuerza varía del tipo de máquina de prueba.

Exactitud de la medición:

- Exactitud en la medición de extensión: Dentro del +/- 1% del valor indicado. (Dentro de un rango de 1/1 a 1/250 de la capacidad de la celda de carga). (Dentro de un rango graduado 1/1 a 1/500 de la capacidad de la celda de carga es opcional).

Exactitud de la velocidad del puente:

- Dentro de +-1% (a una velocidad constante del puente de 0.5mm/min a 500mm/min. Basada en el movimiento del puente dentro de un periodo especificado).

2.5.2. Especificaciones detalladas

Establecer la velocidad del puente:

La velocidad de la prueba se establece como parte de las condiciones exclusivas del procesador de datos.

El número de dígitos para establecer la velocidad (resolución preestablecida) es diferente del control de resolución. Aunque la velocidad del puente puede ser establecida más alta que el control de resolución, la velocidad de operación real se limita al control de resolución. A continuación. La *Tabla 2.1* muestra la velocidad del puente referente a la resolución

Velocidad (mm/min)	0.0005/0.001	0.001/0.5	.5/20	20/50	50/500
Resolución (mm/min)	0.0001	0.001	0.01	0.25	0.5

Tabla 2.1. Velocidad del puente.

Dispositivo para la medición de la fuerza (amplificador de la fuerza):

- Magnificación de la medición: seleccionada entre los 7 niveles (x1, x2, x5, x10, x20, x50, 100).
- Resolución de la medición: aproximadamente 1/16000 de la escala completa de cada rango.

La función de cambio de rango de fuerza automática no puede ser utilizada bajo las siguientes condiciones:

- Cuando se controla por la velocidad de fuerza y rango de tensión (ALSC).
- Cuando se utilice una muestra de velocidad muy alta.

La *Tabla 2.2* muestra las unidades de medición que toma la maquina universal.

Unidad de sistema	mN, N, kN
Unidad de sistema KGF	Gf, kgf, tf
Unidad de sistema en libras	Lbf, kip

Tabla 2.2. Unidades de medición.

2.5.3. Partes del despliegue del valor de la fuerza

Resolución de despliegue:

- 1/5000 de la escala completa de cada rango controlador inteligente.
- 1/16000 de la escala completa de cada rango con el software procesador de datos.

Dispositivo para la medición de la carrera del puente:

- Método de medición: Medición utilizando un decodificador óptico.
- Resolución de medición: 0.001mm
- Establecer el origen de la medición: El origen se establece en la posición deseada.
- Presionando la tecla de posición en cero.
- Señal de salida de desplazamiento: Análoga (de 0 a voltaje de corriente continua).
- Resolución: 1/2048 (aprox. 0.0002V).
- Rango de salida: 0.0001min.

Despliegue de desplazamiento del puente:

- Tipo de despliegue: despliegue digital en controlador inteligente y software procesador de datos exclusivo.
- Resolución del despliegue: 0.001mm.
- Unidad de despliegue: A seleccionar entre mm, cm, pulgadas;

2.5.4. Dispositivos de prueba a la tensión.

Para ejecutar una prueba de tensión, se requiere de las mordazas y los accesorios para montar las mordazas (junta universal y junta inferior), las cuales se describen a continuación:

La *Figura2.3* muestra unas mordazas tipo cuña Non-Shift y la *Tabla2.3* explica algunas especificaciones de estas:

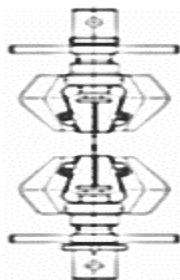


Figura 2.3. Mordazas tipo cuña.

Capacidad de fuerza	No. de parte	Tipo de caras	Abertura entre caras	Tamaño de la cara
100kN (10tf)	346-52791-02	Diamantada para planos	0 a 7mm	40(W)×55(L) mm
50kN (5tf)	346-52791-01			

Tabla2.3. Partes de cuña Non-shift

2.6. Montar prensa para pruebas de tensión.

En la *Figura2.4* se muestra como debe estar colocada la herramienta para pruebas de tensión.

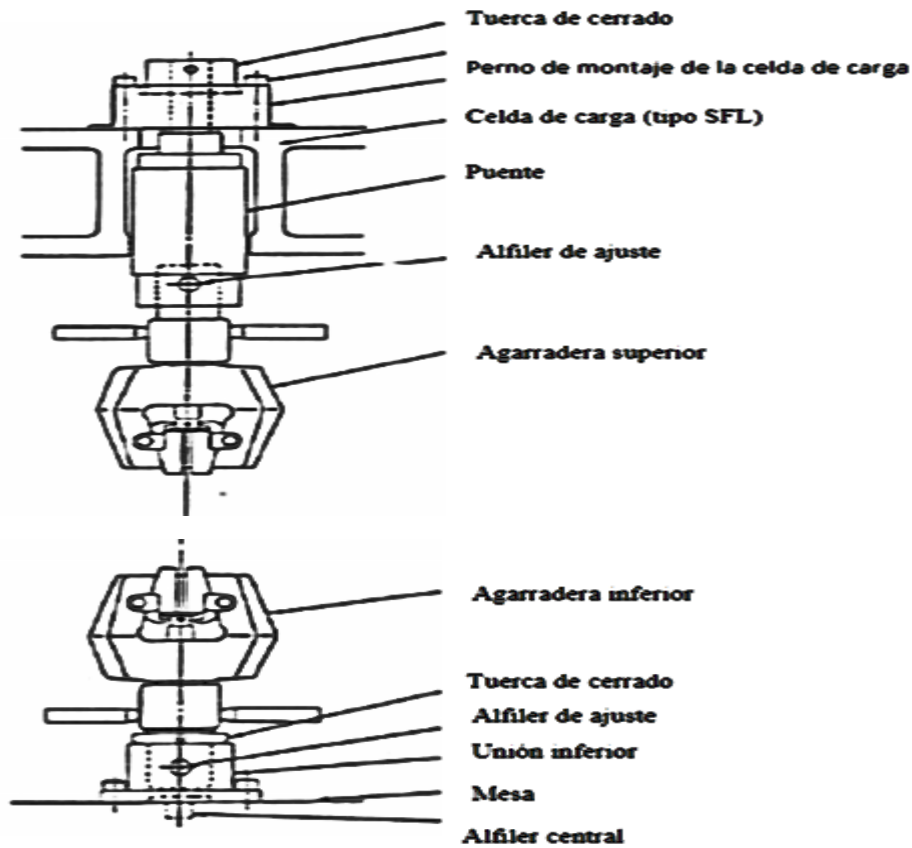


Figura 2.4. Imagen de dispositivo montado para pruebas de tensión.

2.7. Nudos y sus propiedades.

Entrelazamiento de los extremos de un hilo, una cuerda o una cosa alargada y flexible, que, en cuanto más se estira por uno o ambos extremos, más apretada queda.

Las técnicas empleadas en la elaboración de nudos experimentaron un importante impulso entre los siglos XVI y XVIII, potenciadas por el auge de los viajes oceánicos. Donde fue el inicio de una gran variedad de nudos que actualmente se utilizan para diversas funciones **(8)**.

Propiedades de los nudos **(9)**.

- Resistencia: Todo nudo realizado sobre una cuerda la debilita. Por sencillo que sea el nudo la cuerda sufrirá esta merma en su resistencia que puede ir desde el cinco hasta el cincuenta por ciento sin que importe el material de que esté constituida.
- Seguridad: La seguridad de un nudo depende de varios factores y principalmente se refiere a la capacidad de ese nudo para mantenerse en su lugar, sin deslizarse, a pesar de la carga o la tracción a la que se someta la cuerda.
- Azocamiento: Es la forma en que un nudo se aprieta cuando se ha ejercido una fuerza sobre la cuerda.

Partes de un cabo

Se distinguen cuatro partes fundamentales: el firme, el seno, el propio nudo y el chicote.

- Firme: Es la parte de la cuerda alrededor de la cual se hace el nudo. El firme no interviene en la elaboración del mismo.
- Seno: Es la curva que forma la cuerda cuando se hace un nudo.
- Nudo: Ya fue descrito anterior mente.
- Chicote: es el extremo de la cuerda que interviene directamente en la elaboración del nudo.

2.8. Nudos de ajuste.

Los nudos de unión, también conocidos como nudos de ajuste son utilizados para unir, normalmente de forma provisional los chicotes de dos cabos diferentes. Por seguridad se procura que el diámetro de dichos cabos sea del mismo tamaño y material.

2.9. Elaboracion de las probetas para pruebas de tracción.

Para la elaboración de los empalmes, la empresa Draexlmaier Components Automotive de México S.A; apoyo la tesis con cable FLY2.5B/T105 y 8 empalmes tipo ultrasónico ya que por cuestiones de protección de producto y temporada laboral ocupada, no hubo oportunidad de conseguir una mayor cantidad, por lo tanto se utilizarán 8 empalmes iguales para cada tipo de unión. Con el cable se harán 3 empalmes convencionales (empalme ballhanger, nudo western y empalme bajada en derivación) y 3 empalmes basados en nudos (nudo cirujano, nudo cazador y nudo de vuelta de escota).

2.9.1. Características del cable a ocupar.

El cable FLY2,5B/T105, es un cable de nivel industrial, utilizado en empresas automotrices, su nomenclatura es alemana, su traducción es:

FL: Línea de baja tensión (según DIN 76722), para vehículos de carretera.

Y2.5B: Características del material aislante y de cubierta, PVC (cloruro de polivinilo), de -40°C/105°C

T105: Tejido en textil, con 50 hilos individuales (valor de referencia).

Sus especificaciones son:

- Artículo no. 1002500100245B
- Diámetro de alambres individuales, máximo: 0.26mm.
- Resistencia a 20°C cobre desnudo, máximo: 7.8mΩ /m.
- Espesor de la pared de aislamiento (valor nominal): 0.35mm.
- Contenido por barril: 5000mm

Se crearán 8 probetas de cable, las cuales, al pasar por la prueba de tracción, se utilizarán como base para comparar los resultados de los empalmes. A continuación, en la *Figura 2.5* muestra el cable automotriz y la probeta del mismo.



Figura 2.5. Cable automotriz: A). Ejemplos de cable automotriz. B). Probeta de cable automotriz.

Acatando la norma USCAR (6), cada probeta se hizo de una longitud de 200mm, siguiendo paso a paso cada uno de los procesos para la creación de cada empalme, buscando que los 8 empalmes de cada tipo, sean idénticos, en tamaño y forma. A continuación se explicarán los empalmes a utilizar:

2.9.2. Empalmes a usar para pruebas.

Para las pruebas se utilizarán los empalmes para unión de cable más conocidos y usados en sistemas eléctricos, los cuales se sabe que tienen fuerza mecánica pero no está establecida. Estos empalmes son:

2.9.2.1. Empalme Western

Utilizado en instalaciones eléctricas al arreglar un falso contacto, este empalme es el más popular para la unión de cable a cable, los cables a unir deben ser del mismo calibre para tener mayor sujeción entre ellos. Para su realización se siguen los siguientes pasos:

- A) Doblar los alambres 90°.
- B) Colocar los cables en sentido contrario en forma paralela
- C) Colocar la tenaza como prensa por la mitad de los dos cables.
- D) Girar con la pinza en forma de anillos, de tal manera que queden lo suficiente sujetos y unidos los anillos,
- E) Realizar el paso anterior en el otro extremo del cable.

En la *Figura 2.6* muestra la realización del empalme western, tomando en cuenta el orden de los incisores para el procedimiento del empalme eléctrico. En la *figura 2.7* muestra al empalme western.

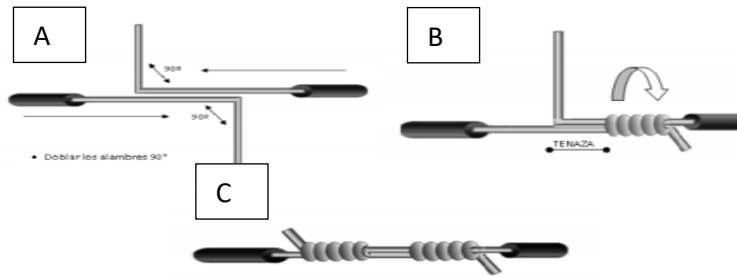


Figura 2.6. Realización de nudo western.



Figura 2.7. Empalme western: A). Empalme western en posición horizontal. B). Empalme western en posición vertical.

2.9.2.2. Empalme ballhanger

Utilizado para instalaciones eléctricas, pensando que tiene una mayor resistencia que el empalme Western, este empalme se ocupa al reparar falsos contactos o al cambiar un viejo cable, al igual que el empalme Western, los cables a unir deben ser del mismo calibre para tener mayor sujeción entre ellos. Para su realización se siguen los siguientes pasos:

- Doblar los cables por la mitad en un ángulo de 90° .
- Colocar los alambres en sentido contrario y en forma a paralela.
- Enganchar los dos cables en el punto donde inicio los 90° .
- Colocar la tensión en forma de presa en el punto donde se unen los cables.
- Con la pinza realizar 1 vuelta sin que se separen del centro.
- Realizar con la pinza círculos en forma de anillos, de tal manera que queden lo suficientemente sujetos y unidos los anillos.
- Repetir el paso anterior con el otro extremo del cable.

En la *Figura 2.8* muestra la realización del empalme ballhanger, tomando en cuenta el orden de los incisos para el procedimiento del empalme eléctrico. En la *figura 2.9* muestra al empalme ballhanger.

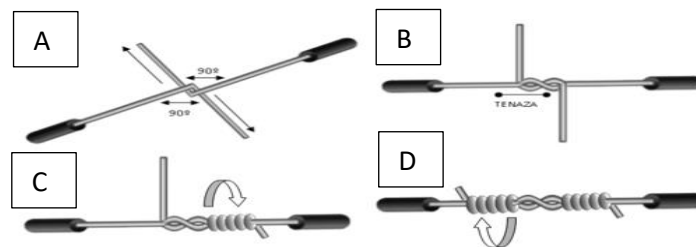


Figura 2.8. Realización de empalme ballhanger.



Figura 2.9. Empalme ballhanger: A). Empalme ballhanger en horizontal. B). Empalme ballhanger en vertical.

2.9.2.3. Empalme de Prolongación.

Este empalme es utilizado para prolongar un cable al no tener la longitud adecuada o pedida, se debe tomar en cuenta que para su elaboración, los cabos a utilizar deben tener la misma longitud en el área de unión para un óptimo desempeño del mismo, los pasos a seguir para su realización son:

- A) Descentralizar la mitad de los 2 cables de los hilos.
- B) Separar los hilos en forma circular en cada uno de los cables.
- C) Acomodar los hilos de tal manera que queden separados a la misma distancia uno de otro y hacer lo mismo con el otro cable.
- D) Unir los cables de tal manera que el final de uno sea el principio de otro.
- E) Utilizar la tenaza como prensa y ordenar los hilos de tal manera que queden uno a la par de otro.
- F) Utilizar la pinza para enrollar los hilos de un lado, de tal forma que no quede uno sobre el otro.
- G) Repetir el paso anterior con los hilos del otro extremo.

En la *Figura2.10* muestra la realización del empalme prolongación, tomando en cuenta el orden de los incisos para el procedimiento del empalme eléctrico. En la *figura2.11* muestra al empalme prolongación.

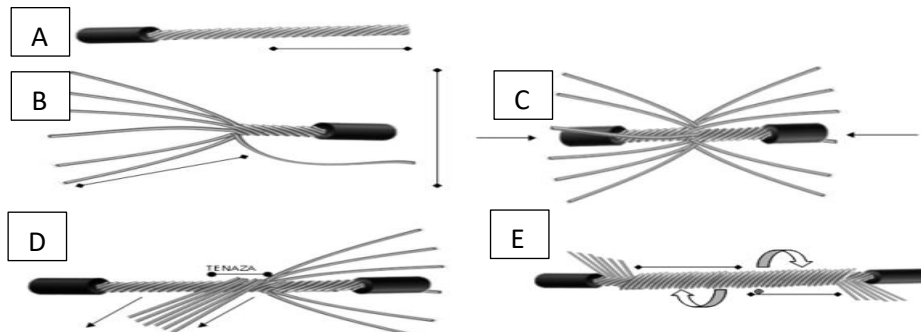


Figura 2.10. Realización de empalme prolongación.



Figura 2.11. Empalme de prolongación: .A) Empalme bajada en derivación en posición horizontal. B) Empalme bajada en derivación en posición vertical.

2.9.2.4. Empalme por ultrasonido.

Permite unir algunos componentes metálicos no ferrosos, mediante la utilización del ultrasonido. Se trata de aplicar simultáneamente presión, fricción y vibraciones de alta frecuencia en la zona de contacto de las dos piezas, de modo que los átomos superficiales de éstas se entrelazan y se anclan. Por tanto, las piezas a soldar no se calientan hasta el punto de fusión, sino que se sueldan mediante la aplicación de presión y vibraciones mecánicas de alta frecuencia.

La soldadura de metales por ultrasonido está siendo cada vez más utilizada por la industria a nivel mundial. Algunas de las ventajas e inconvenientes son:

Ventajas

- Permite unir metales diferentes.
- Tiempos de ciclo inferiores a un segundo.
- Calidad alta y uniforme de la soldadura.
- Ligas más fuertes, generalmente, que las juntas realizadas con soldadura por resistencia.
- Operador no requiere una habilidad y entrenamiento elevados para producir uniones de alta calidad.
- No requiere de soldadura o fundente.
- Las zonas afectadas por el calor no se hacen más frágiles, ya que hay acumulación de calentamiento, de modo que no se fragilizan las zonas afectadas por el calor.
- La conductividad eléctrica es normalmente superior a la obtenida por conexiones tranzadas o soldadas.
- Oxidación o contaminación superficial no afectan la cantidad de la conexión.

Inconvenientes

- La soldadura se restringe a soldadura de solapa.
- No permite hacer soldaduras de cordón.
- Sólo se pueden soldar piezas con espesores menores a 3 milímetros.
- Solo se pueden unir superficies planas o con poca curvatura.
- No es adecuada para partes estañadas.
- El costo de capital es más alto que el de la soldadura normal.

En la *figura2.12* muestra ejemplos empalme ultrasónico.

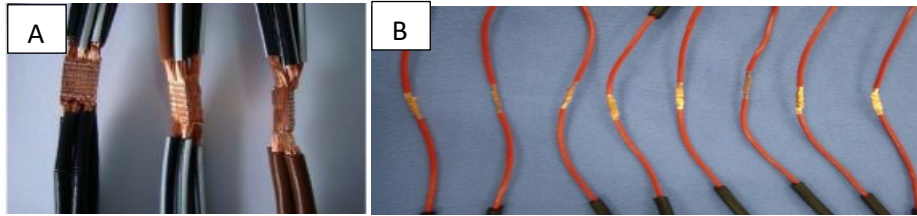


Figura 2.12. Empalme ultrasónico: A) Ejemplos de empalme ultrasónico. B) Probetas de empalme ultrasónico.

2.9.3. Nudos a utilizar

Como propuesta de empalme para cables eléctricos se utilizarán nudos de ajuste, ya que sus propiedades mecánicas podrían beneficiar la resistencia a la tensión de los sistemas eléctricos. Los nudos a utilizar fueron escogidos por ser los más resistentes y populares entre la gran variedad. Gracias a la información obtenida (10) sobre tipos de nudos y su creación, se obtuvo la información necesaria para conocer su realización, los cuales son:

2.9.3.1. Nudo de cirujano

Este nudo es comúnmente utilizado por cirujanos en situaciones donde es importante mantener la tensión en una sutura, dándole su nombre. Además, es un nudo para unir dos cabos sintéticos, elásticos o escurridizos.

Elaboración:

- A) Se hace un medio nudo simple.
- B) Se le agrega una vuelta más.
- C) Con los dos chicotes,
- D) Se hace otro medio nudo más teniendo en cuenta que los chicotes salgan paralelos al firme como si de un nudo de rizo se tratase.
- E) Azocar bien el nudo.

En la Figura 2.13 muestra la realización del empalme cirujano, tomando en cuenta el orden de los incisos para su procedimiento. En la figura 2.14 muestran al empalme cirujano.

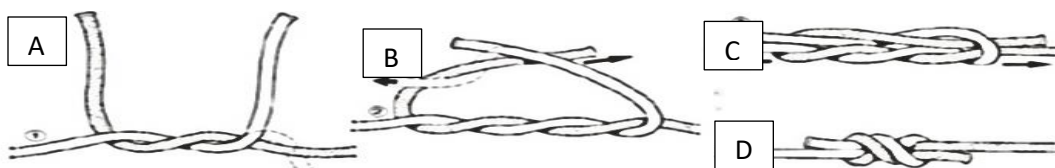


Figura 2.13. Realización de nudo cirujano.



Figura 2.14. Ejemplos de empalmes tipo cirujano: A) Empalme cirujano en horizontal. B) Empalme en vertical.

2.9.3.2. **Nudo de cazador**

Se trata de un nudo muy fácil de realizar, seguro y muy resistente. Tiene la virtud de que a pesar de soportar gran tensión, no se azoca y es fácil de deshacer.

Elaboración:

- A) Disponemos los chicotes paralelos, pero en direcciones opuestas.
- B) Formamos una gaza con el chicote del primer cabo (el de la derecha).
- C) Pasamos el chicote del segundo cabo por dentro de la gaza, después por debajo de su mismo firme, terminando la segunda gaza dentro de la primera.
- D) Tirar de ambos extremos hasta formar el nudo.

En la *Figura 2.15* muestra la realización del empalme cazador, tomando en cuenta el orden de los incisos para el procedimiento del empalme eléctrico. En la *Figura 2.16* muestran al empalme cazador.

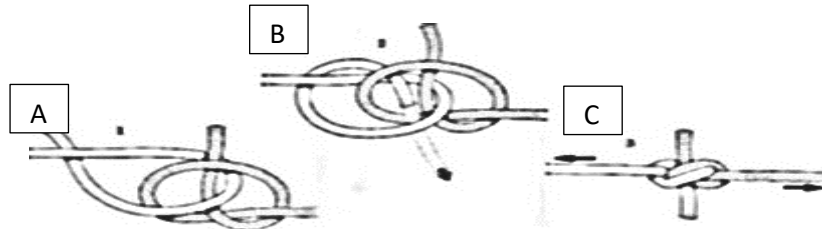


Figura 2.15. Realización de nudo cazador.



Figura 2.16. Ejemplos de empalmes tipo cazador: A) Empalme cazador horizontal. B) Empalme cazador vertical.

2.9.3.3. **Nudo Vuelta de escota**

El empalme vuelta de escota es probablemente la unión más utilizada de todas, puede utilizarse para la unión de líneas de diferente grosor. Sin embargo, su fuerza de rotura disminuye en proporción directa a la diferencia de diámetro de las líneas que se unan. Es utilizado para unir las esquinas de las banderas a las cuerdas cuando éstas se izan o se arrían. El nombre proviene de la forma en que se usaba en los veleros para asegurar los cabos, conocidos como escotas, a las velas, siendo uno de los nudos básicos que todos los marineros deben conocer.

Elaboración.

- A) Con el seno de uno de los cabos, formar un bucle a modo de gaza.
- B) Se pasa el chicote del otro cabo por dentro de la gaza, se le da vuelta.
- C) Se pasa el chicote por debajo del firme para que quede mordido por él.

En la *Figura 2.17* muestra la realización del empalme vuelta de escota, tomando en cuenta el orden de los incisos para el procedimiento del empalme eléctrico. En la *figura 2.18* muestran al empalme vuelta de escota.

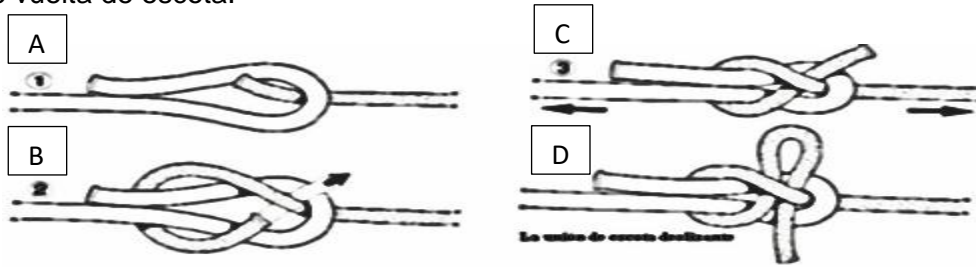


Figura 2.17. Realización de nudo vuelta de escota.



Figura 2.18. Ejemplos de empalme: vuelta de escota. A) Empalme vuelta de escota en horizontal. B) Empalme vuelta de escota en vertical.

2.10. Creación del método

El fin de realizar un método en el programa TRAPEZIUM X es generar un régimen de prueba para poder realizar los ensayos mecánicos en la máquina universal, sin este método no se podrá llevar a cabo ninguna prueba. Los pasos para generar un método son los siguientes:

Paso 1: Abrir el programa TRAPEZIUM X, mostrando la ventana de inicio del programa.

Paso 2: Para realizar un nuevo método damos clic en el botón “Crear un nuevo método” en seguida el programa nos desplegará la ventana del sistema. La *Figura 2.19* muestra la ventana del sistema, a continuación se dará una explicación de las partes que la conforman.



Figura 2.19. Ventana del sistema.

- A) Podemos elegir el tipo de prueba que se va a realizar, este trabajo se enfoca en las pruebas de tensión.
- B) El programa nos permite seleccionar las unidades que necesitamos para las pruebas, de las cuales están: Sistema Internacional, Sistema Métrico y Sistema Ingles.
- C) Se muestra una ventana llamada formato, en esta opción podemos elegir el redondeo de nuestros parámetros, ya que en algunos casos para realizar cálculos un poco más exactos tenemos que tomar ciertas cifras decimales.

Paso 4: La siguiente ventana que nos muestra el software, es la de los sensores, en la cual nos da ciertas opciones para elegir dependiendo del material y de sus especificaciones. En la parte derecha nos indica que información necesitamos, la cual nos la arrojará al correr la prueba. La *Figura2.20* muestra la ventana de sensores, a continuación se dará una explicación de las partes que la conforman.

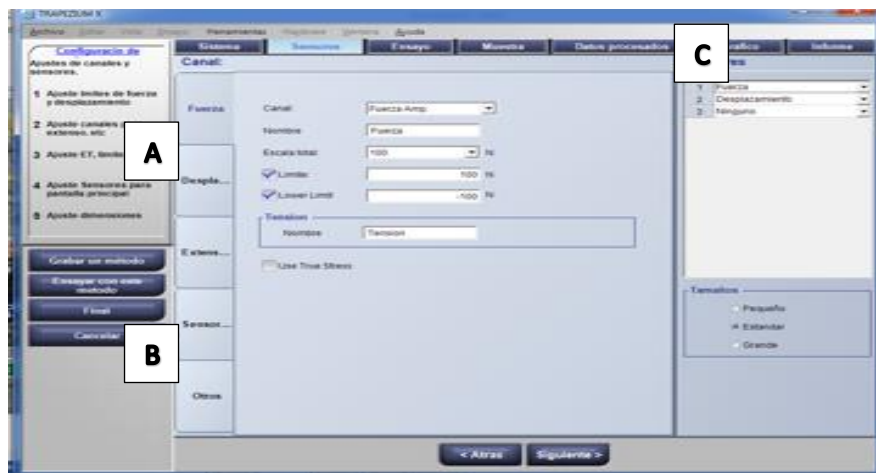


Figura2.20. Ventana de sensores.

- A) Se pueden notar del lado izquierdo, debajo de la palabra “Canal”, unas pestañas, las primeras dos son para fuerza y la otra para extensión. Para poder elegir una fuerza en el punto uno debemos de conocer la especificación del material, en dado caso que no se conozca debemos de poner el máximo, también debemos activar la casilla que se llama “rango automático”, con el fin de que la máquina determine el rango. La siguiente casilla es la de límite, la cual se activa para introducir una fuerza límite y cuando llegue a esa fuerza se detenga la prueba. En el apartado “Extensión”, debemos activar la casilla “limite”, la cual se refiere al límite de elongación de muestra de probeta, dependiendo de cada tipo de material por lo regular trabajaremos con materiales en la que el porcentaje de elongación oscila entre el 5 y 20%.
- B) La frase “Intervalo de muestreo”, es para establecer a cada que tiempo el software analizará las mediciones de los sensores.
- C) El software nos presenta que sensores van a analizar la probeta del material.

Paso 5: Esta ventana nos da la opción de escoger como se va a controlar la prueba, la velocidad, cuando iniciar, qué hacer cuando se rompa la probeta del material. La *Figura2.21* muestra la ventana de control, a continuación se dará una explicación de las partes que la conforman.

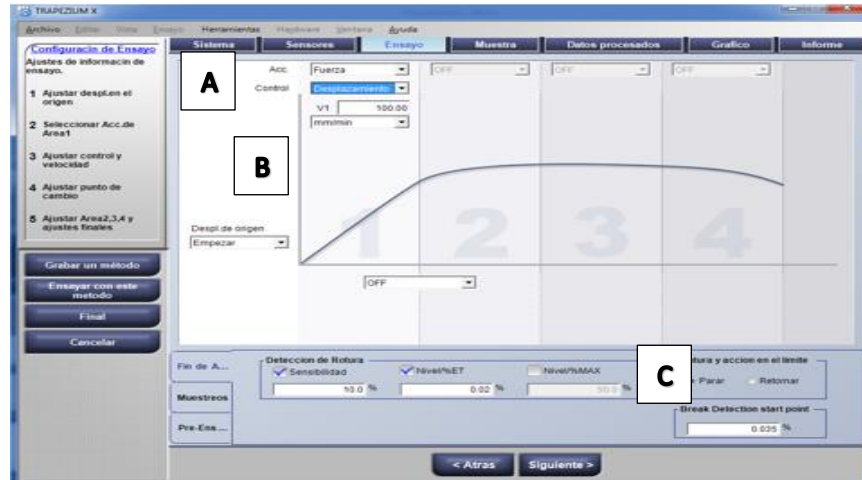


Figura 2.2113. Ventana de control de prueba.

- A) Esta el botón de control, el cual nos indica con cual parámetro se va a controlar la prueba, en este caso será el de “Desplazamiento”.
- B) Elegiremos la velocidad de desplazamiento del puente, acatando la norma USCAR, utilizaremos una velocidad de 100mm/min. En la casilla de “Inicio” debemos de cambiar a la opción de “Fuerza” ya que el software empezara a analizar los puntos cuando detecte una fuerza por lo general será pequeña.
- C) En esta zona se encuentra una ventana llamada “Romper o limitar la acción”, esta opción nos permite ordenar al software que hacer cuando la probeta se haya roto. En este caso se detendrá cuando haya finalizado el ensayo.

Paso 6: La ventana de “Muestra”, es un paso donde el software nos pide datos geométricos de la probeta que vamos a ensayar, así como la cantidad de ensayos que vamos a realizar. Podemos escoger la opción de lotes y de sub-lotes, por si existe la necesidad de realizar considerables ensayos. La *Figura2.22* muestra la ventana de muestra, a continuación se dará una explicación de las partes que la conforman.

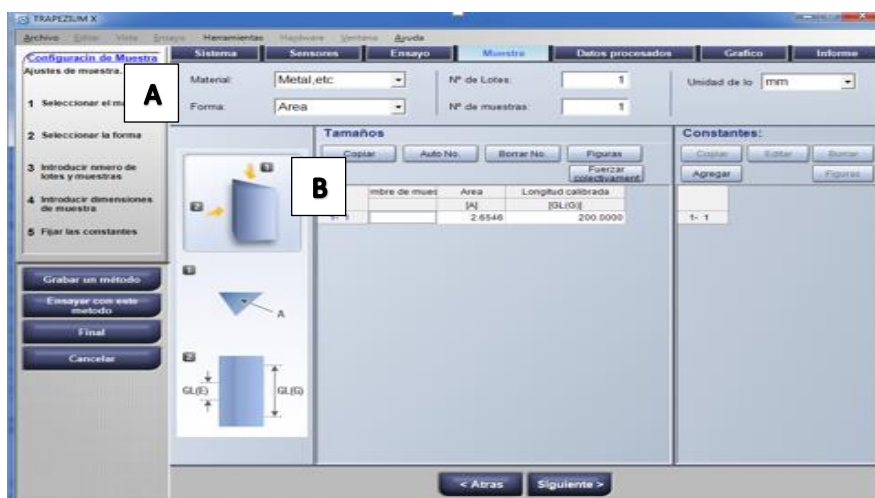


Figura 2.22. Ventana muestra.

- A) En este punto se encuentran varias opciones, la primera es “Geometría”, en la cual designaremos la geometría de la probeta, tenemos varias opciones como lo son, plano, cilíndrica tubos, etc. Se ocupara la opción de cilindro por la forma del cable y material de metal, ya que es el más cercano al material del cable. En esta casilla nos pide introducir las unidades que vamos a manejar para el ensayo, en la cual se usara en milímetros. Lo siguiente son los lotes de ensayos que vamos a realizar. Por ultimo ingresamos la cantidad de probetas o de sub-lotes que conforma cada lote. Se utilizaran en la prueba, 8 empalmes en cada tipo, sabiendo que estos últimos serán: 4 empalmes convencionales y 4 basados en nudos.
- B) Hay una ventana donde aparece una casilla con los lotes y sub-lotes, en esta ventana se ingresa las dimensiones de las probetas, dependiendo que geometría tengan, serán las columna que integraremos.
- Se harán probetas compuestas por 50 hilos de cobre con un área transversal total de 2.6545mm^2 y una longitud calibrada de 200mm.

Pasó 7: La ventana de procesador de datos es la más importante de esta práctica, ya que aquí elegimos los datos que el software nos va a presentar en la tabla de resultados, dependiendo de los parámetros que necesitemos. Podemos elegir entre una gran variedad de parámetros. También nos da la opción de obtener algunos resultados estadísticos. La *Figura2.23* muestra la ventana de procesador, a continuación se dará una explicación de las partes que la conforman

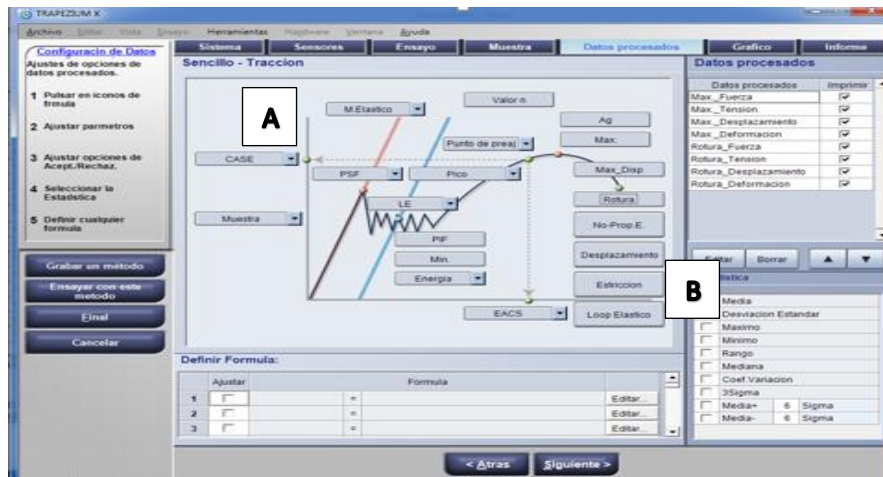


Figura 2.23. Ventana de procesador.

- A) Nos muestra una gráfica en la cual elegimos los parámetros que queremos que nos muestre en la tabla de resultados, podemos elegir entre las opciones de la gráfica dependiendo de que necesitemos. Buscamos elasticidad y punto de rotura.
- B) El software nos da la opción de elegir algunos parámetros estadísticos.

Pasó 8: En este paso, se elegirá lo que el programa va a graficar en la gráfica de resultados, eligiendo el parámetro del eje X y del eje Y, el programa nos desplazará las siguientes opciones a elegir: fuerza, desplazamiento o tiempo (para cualquiera de los ejes). También podemos activar la opción de “overlay” o auto-escalas que se utiliza cuando tenemos sub-lotes o varias piezas de un lote. El “Offset” es para la separación de cada resultado de la gráfica, para cada ensayo. La *Figura2.24* muestra la ventana de esfuerzos, a continuación se dará una explicación de las partes que la conforman

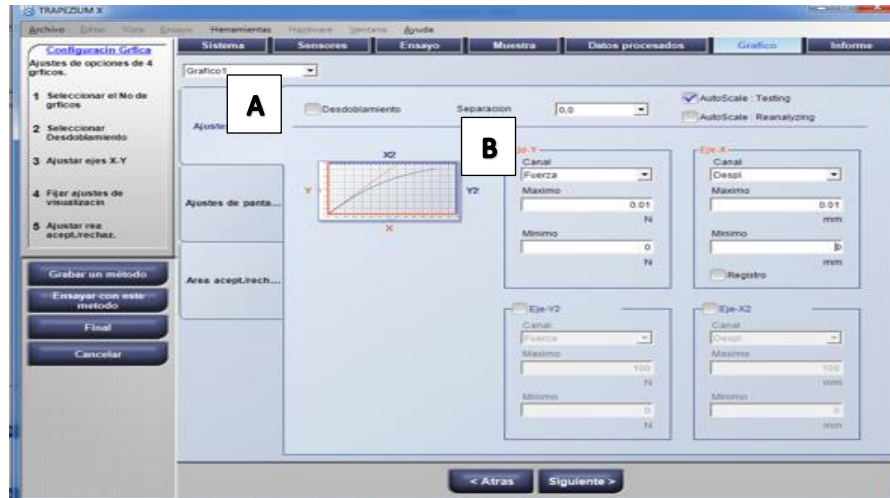


Figura2.24. Ventana de esfuerzos.

- A) La primera opción indica que lo esperado en la probeta sea un desdoblamiento del material. Las opciones de “Auto-escala” define si se hará uno o varios ensayos con el mismo método y diferente probeta, solo se activa cuando se tiene lotes o sub-lotes. La opción de separación sirve para establecer que separación necesitamos entre cada resultado de un ensayo y otro.

Utilizaremos una separación de 0 y auto-escala de pruebas

- B) Se elige que parámetro va a estar presente en el eje Y, para que en la tabla de resultados quede representado en una gráfica. Del lado derecho del eje Y, se muestra el eje X, en el cual elegiremos que parámetro necesitamos, para que aparezca en la tabla de resultados. El eje Y representara la fuerza con 0.01N y el eje X que representará el desplazamiento, será de 0.01mm.

2.10.1. Armado de máquina para pruebas de tensión.

Paso 1: Identificar los aditamentos necesarios para pruebas de tensión, los cuales, se muestran en la *Figura2.25*.



Figura 2.25. Piezas de la maquina autograph shimadzu.

Enumerando las piezas de izquierda a derecha tenemos un par de mordazas, el alfiler de ajuste de la agarradera superior, la agarradera superior, el alfiler de ajuste de la agarradera inferior, la agarradera inferior, tuerca de cerrado, la unión universal articulada, alfiler central y por ultimo unión inferior.

Paso 2: Insertar el alfiler central en el orificio de la mesa, y sobre este ajustar la unión inferior, cuando tengamos este ajuste, debemos atornillar la unión inferior a la mesa hasta donde empiece a oponer una resistencia de baja a media, atornillando en forma cruzada con la llave de barra hexagonal correspondiente, teniendo en cuenta que los orificios deben quedar enfrente de uno, como lo muestra la *Figura 2.26*.



Figura 2.26. Colocación de la unión inferior.

Paso 3: En este paso debemos introducir la unión universal articulada en el puente, para después atornillar con la tuerca de cerrado por la parte superior del puente y apretar al llegue con la llave de gancho. Como lo muestra la *Figura 2.27*.



Figura 2.27. Ensamblado de maquina universal: A) Colocación de la unión universal articulada. B) Finalización de la colocación de la unión articulada.

Paso 4: Colocar la agarradera superior en la unión universal articulada sujetándola con el alfiler ajustable. Teniendo en cuenta que el orificio del alfiler ajustable debe quedar enfrente al usuario para que la agarradera superior no quede girada. De la misma manera tenemos que colocar la agarradera inferior en la unión de la parte de abajo. Teniendo cuidado con el alfiler ajustable, ya que debe quedar exactamente en medio de los orificios de la agarradera. A continuación, en la *Figura 2.28* se muestra la forma correcta del ensamble del dispositivo de tensión:

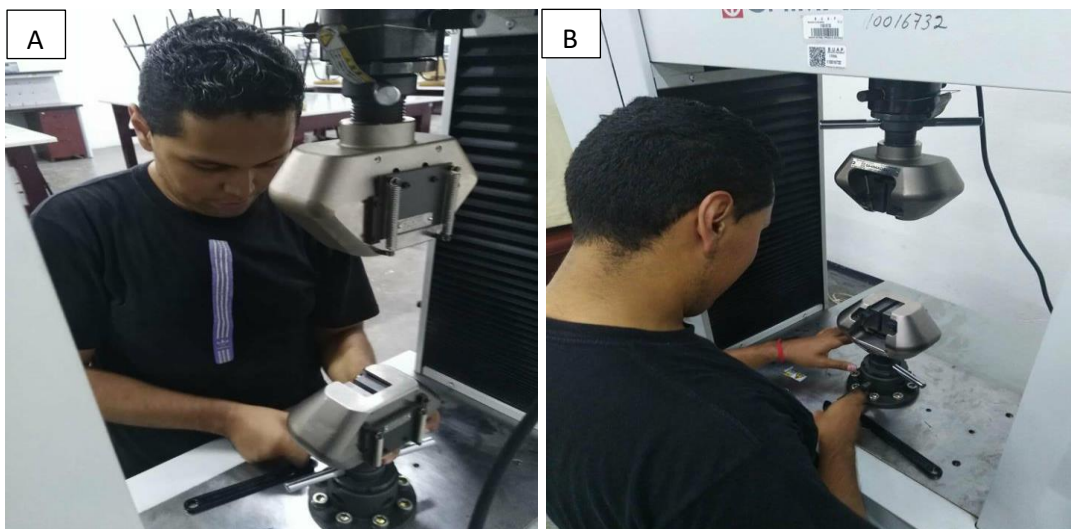


Figura 2.28. Maquina universal shimadzu: A) Ensamble de dispositivo de tensión. B) Ensamble de dispositivo en diferente ángulo.

Paso 5: Para comenzar el ensayo debemos de colocar la probeta de forma adecuada, esto se realiza ubicando la probeta en la mordaza superior y apretando sutilmente, posteriormente se bajará el puente hasta que se considere una distancia pequeña, para insertar la parte inferior de la probeta en la mordaza correspondiente, como lo muestra la *Figura 2.29*.



Figura 2.29. Colocación de probeta,

2.11. Pruebas de tensión en empalmes eléctricos.

Preparación de la prueba

- Enciender la maquina
- Ajustar la calibración del amplificador de fuerza, así como la calibración de fuerza eléctrica (E-CAL).
- Montar el dispositivo correspondiente a la prueba de tensión.

Procedimiento para la prueba de tensión.

- A) Establecer la perilla del interruptor de límite en la posición donde no bloquee al puente cuando este se mueva al origen de inicio.
- B) Mover el puente al origen de inicio en el modo manual o de sacudido para iniciar una prueba desde el origen de acuerdo al GL (la distancia entre las agarraderas apropiado para las probetas).
- C) Establecer el puente en la posición de cero (origen): Se selecciona restablecer cero de una posición d1 del menú del "TRAPEZIUM X" esta posición será el punto de inicio del puente, esto también se puede hacer con la tecla de posición cero del controlador inteligente.
- D) Ajustar cero del amplificador de la carga de prueba: seleccionar restablecer cero de un sensor de fuerza del menú del "TRAPEZIUM X". Se ejecuta el balance cero de un examen de ola de corriente. (la tecla fuerza cero del controlador inteligente puede ser presionada, y el balance cero también puede ser ejecutado).
- E) Establecer la perilla del interruptor del límite: para mover el puente arriba/abajo con seguridad, estableciendo la perilla del interruptor con el rango de "golpeteo de extensión + α ".
- F) Establecer la velocidad de la prueba: Establecer la velocidad de la prueba con el software. Siguiendo la norma USCAR, se tomará una velocidad de 100mm por minuto
- G) Establecer la detección de rompimiento: establecer la función detección de rompimiento en apagado/encendido y establecer las condiciones para la detección de rompimiento.
- H) Iniciar una prueba: Presione la tecla de inicio del interruptor del control del puente en el controlador inteligente para iniciar la prueba.

- I) Finalizar una prueba: dependiendo de las condiciones preestablecidas, el AUTOGRAPH se detiene o regresa el puente al origen para finalizar la prueba.
- J) Detener la grabadora: Apague el manejador de la gráfica y levante la pluma, manual de operación de la grabadora (por separado).
- K) Remover la muestra: aflojar la agarradera inferior y remover la punta final inferior de la muestra, hacer lo mismo con la agarradera y punta superior.
- L) Regresar el puente al origen: Presione la tecla de regreso del controlador inteligente para regresar el puente al origen. Esta operación no es necesaria si el “regreso máximo” ha sido seleccionado desde el modo de prueba, ya que el puente automáticamente regresará el puente al origen cuando el rompimiento sea detectado.
- M) Repetir la misma prueba: Ejecute el procedimiento anterior desde el primer paso, con los empalmes faltantes.

Si la función de detección de rompimiento no ha sido establecida correctamente, el rompimiento no puede ser detectado y el puente continúa moviéndose en la dirección de extensión y no se detiene hasta que el interruptor de límite es activado, aun cuando el rompimiento de la probeta ocurra en el modo ciclo. Por ellos se establece el interruptor de límite con un margen suficiente para que el dispositivo montado en la superficie superior del puente no golpee el yugo. En la *Figura 2.30* muestra ejemplos de empalmes sometidos a pruebas de tracción.



Figura 2.30. Ejemplos de empalmes eléctricos sometidos a tracción.

3. Capítulo 3: Análisis y resultados de ensayos de tracción en empalmes de cables eléctricos flexibles.

Una vez obtenidos los resultados, se hará un promedio de cada tipo de empalme utilizando los datos obtenidos de cada prueba, obteniendo una sola gráfica, la cual se analizará su comportamiento, enfocando la atención en el punto de fluencia, deformación total antes de romperse y fuerza máxima ejercida. Una vez obtenida la gráfica promedio de cada empalme y cable base, se evaluarán los empalmes convencionales y los empalmes propuestos, por separado, con la finalidad de obtener el empalme con mejores características de cada uno. Al final se evaluarán los empalmes obtenidos con el cable base, analizando su comportamiento respecto a las 3 características mencionadas anteriormente, para poder verificar que:

- La propuesta sea factible
- El empalme convencional cumple con las características necesarias.
- Los empalmes, tanto los convencionales como los propuestos tengan un comportamiento parecido al cable base.

3.1. Cable base.

Como se explicó en el anterior capítulo, se hicieron pruebas con el cable de grado automotriz flexible FLY2.5B/T105, con el fin de dar uso a esta información, como base para los demás resultados. Para ello se llevó a cabo las pruebas con el cable desnudo para observar su comportamiento bajo las condiciones de tensión sin ningún aditamento. La *Figura3.1* muestra la probeta realizada con este cable.

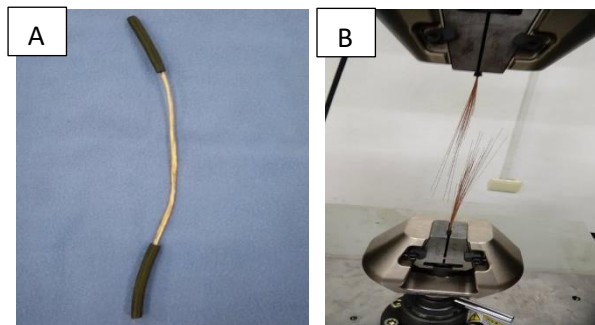


Figura3.1. Cable base: A) Probeta de cable automotriz. B) Rompimiento de cable por fuerzas de tensión.

Se utilizaron en las mordazas, pedazos pequeños de tubo de hule en cada una de las probetas, que sirvieron para proteger el cable en las zonas de conexión, para no lastimarlo.

Las probetas del cable base, al ser sometidas a tensión, alcanzaban el punto de quiebre a la mitad de las mismas, gracias a los datos obtenidos, se obtuvo las gráficas de la *Figura3.2*, las cuales representan cada probeta que se sometió a la prueba.

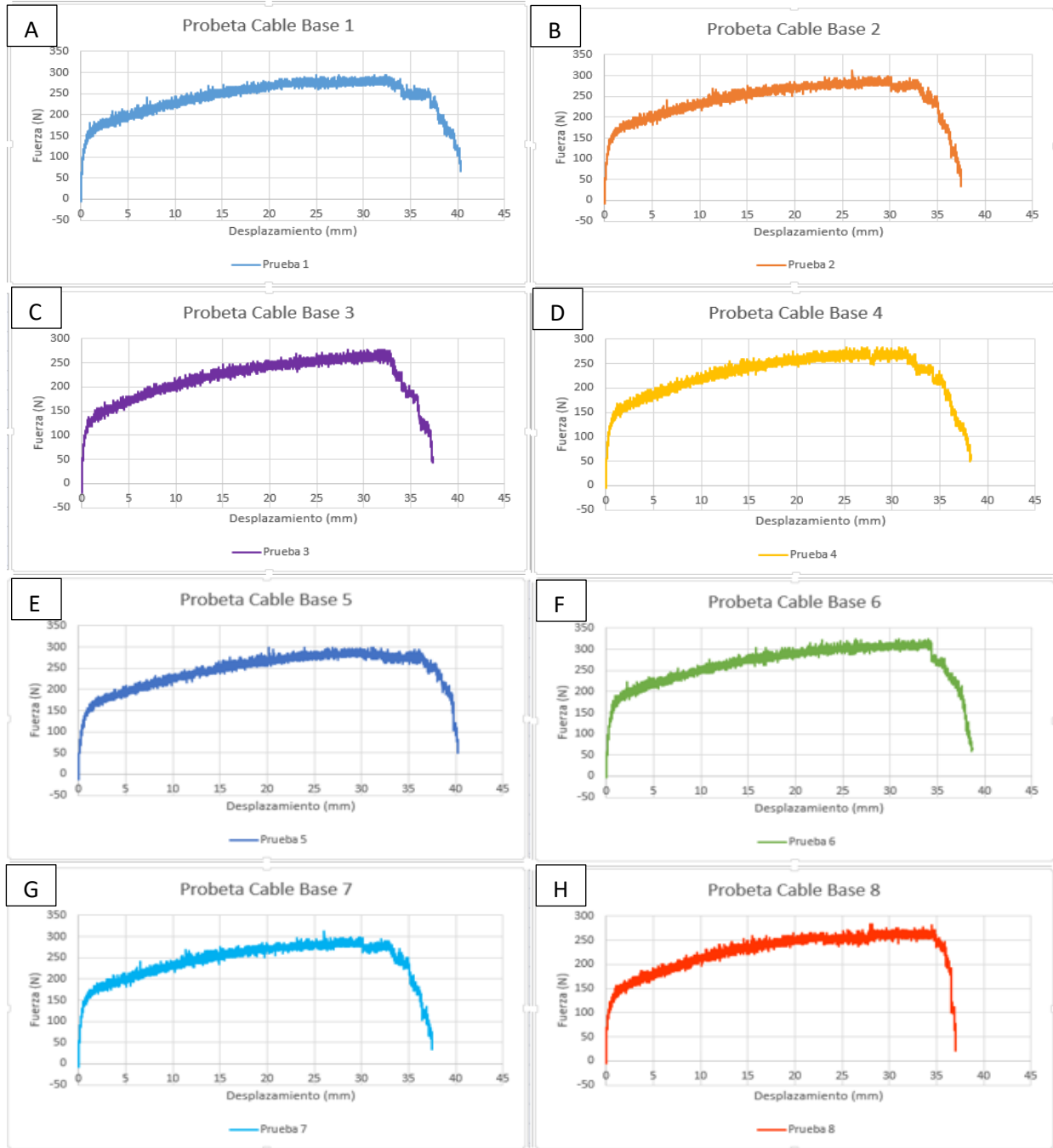


Figura 3.2. Gráficas de cable base: A) Gráfica cable prueba 1. B) Gráfica cable prueba 2. C) Gráfica cable prueba 3. D) Gráfica cable prueba 4. E) Gráfica cable prueba 5. F) Gráfica cable prueba 6. G) Gráfica cable prueba 7. H) Gráfica cable prueba 8.

Una vez echas las pruebas, se compararon los datos entre sí, colocando la gráfica de cada cable en una sola, para facilitar el análisis de sus propiedades mecánicas. Como lo muestra la Figura 3.3.

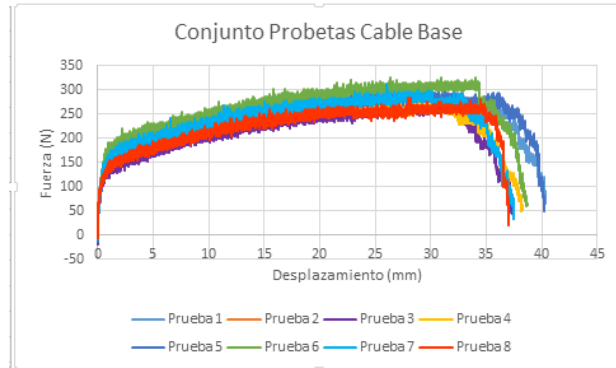


Figura 3.3. Gráfica de conjunto de resultados de probetas de cables base.

Una vez analizados los resultados de las muestras, se hizo una evaluación, obteniendo la gráfica promedio del cable base. Como lo muestra la *Figura3.4*.

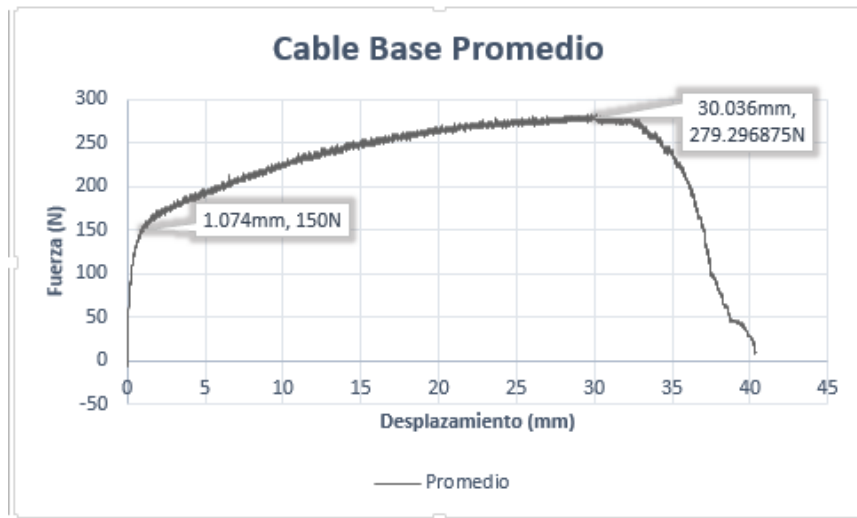


Figura 3.4. Gráfica definitiva de cable base.

El cable base llegará a su punto de fluencia al obtener una fuerza de 150N alcanzando un desplazamiento de 1.074mm, una vez que pasa este punto, su ductilidad será constante, la fuerza máxima que se le puede ejercer al cable es de 30.036N, con un desplazamiento total de 40mm.

3.2. Empalmes eléctricos.

3.2.1. Empalme Western.

La facilidad de su diseño contribuyo a que las probetas se obtuvieran en poco tiempo. A continuación, la *Figura3.5* muestra probetas del empalme western.

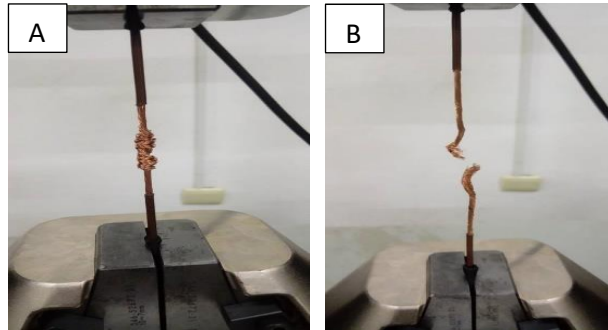
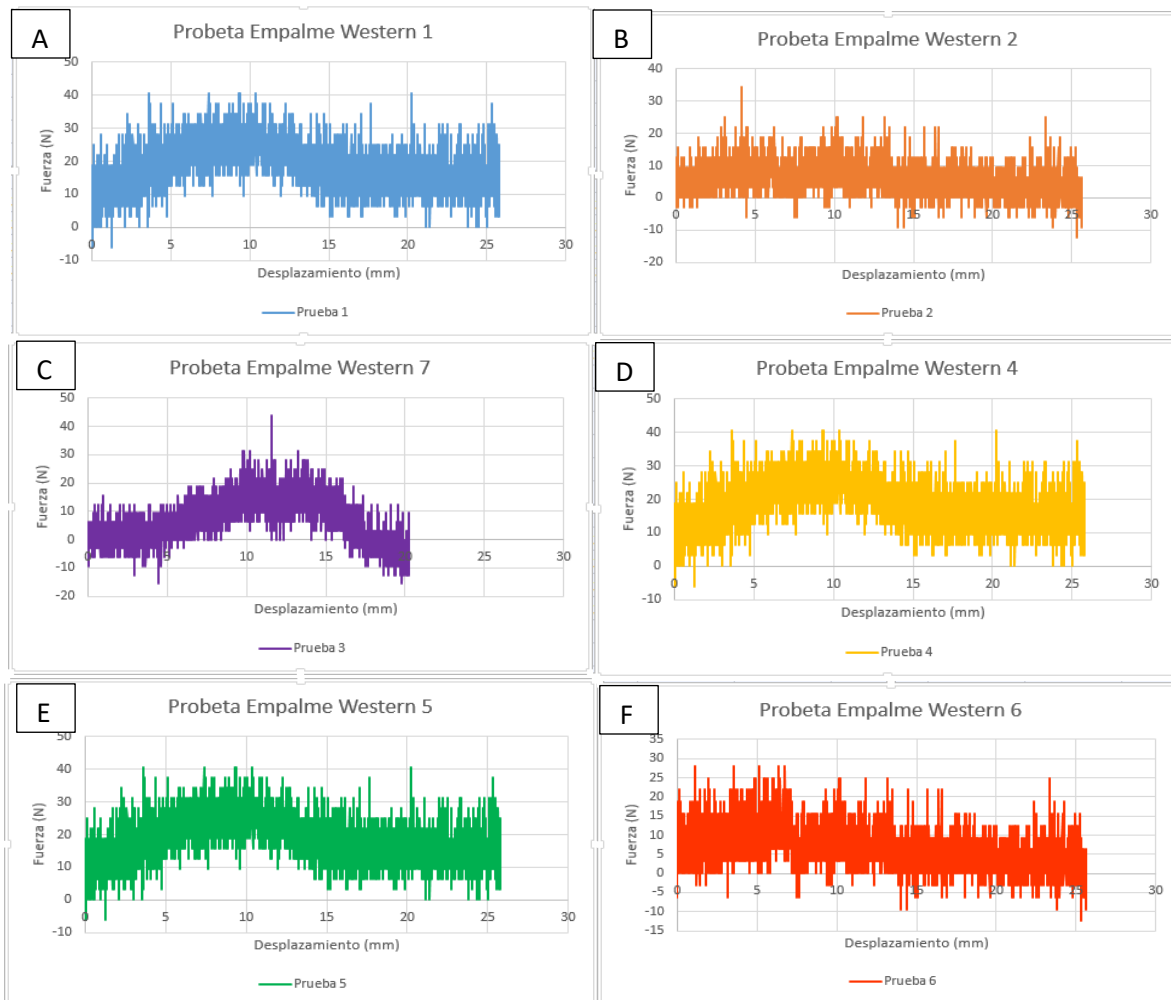


Figura 3.5. Empalme Western: A) Probeta de empalme western. B) Punto de quiebre del empalme western.

El empalme al ser sometido a fuerzas de tensión, llegó al punto de quiebre a la mitad de la probeta en poco tiempo, a continuación se muestran en la Figura 3.6 las gráficas obtenidas de las pruebas.



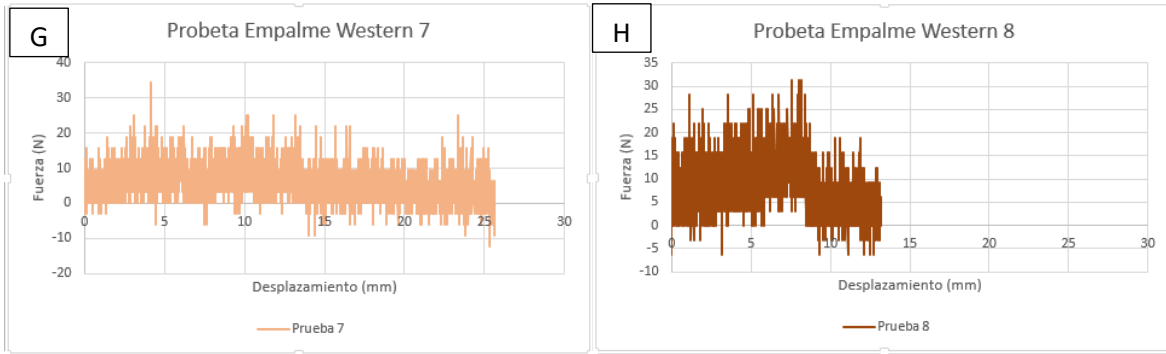


Figura 3.6. Gráficas de empalme western: A) Gráfica western prueba 1 B) Gráfica western prueba 2. C) Gráfica western prueba 3. D) Gráfica western prueba 4. E) Gráfica western prueba 5. F) Gráfica western prueba 6. G) Gráfica western prueba 7. H) Gráfica western prueba 8.

A continuación en la Figura 3.7 se puede ver todas las gráficas de las probetas sometidas a las pruebas para compararlas con mayor facilidad.

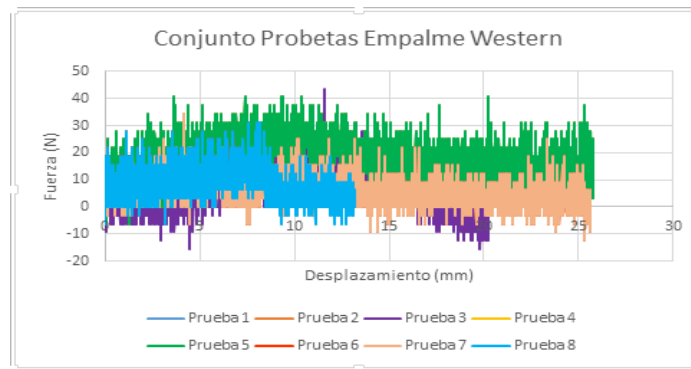


Figura 3.7. Conjunto de gráficas de empalme western.

Al evaluar los resultados anteriores, se obtuvo la gráfica del promedio del empalme Western, mostrado en la Figura 3.8.

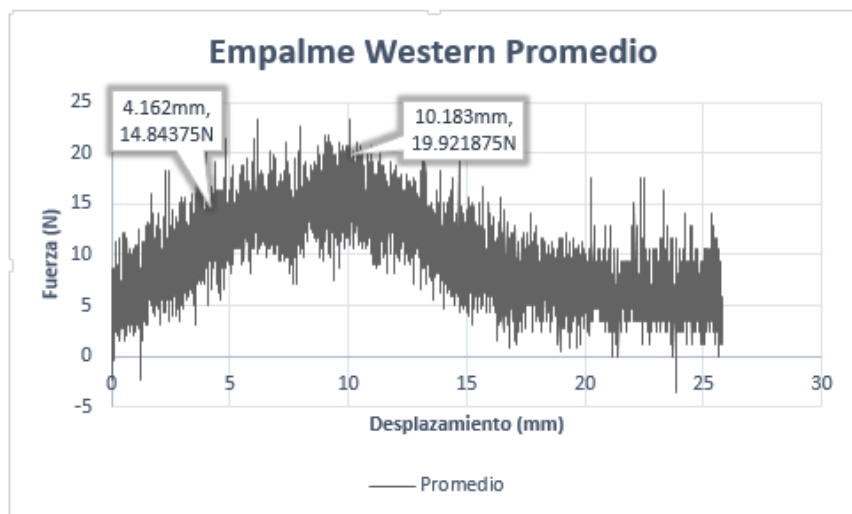


Figura 3.8. Gráfica del empalme western promedio.

El punto de fluencia del empalme Western llego a una fuerza de 14.84N, con un desplazamiento de 4.16mm, una vez pasando esta zona, se empezó a deshacer. La fuerza máxima que aguantó fue de 19.92N, después de ello, no necesitaba más de 10N para seguir deformándose hasta llegar al fallo. Por lo tanto el empalme Western, no es capaz de mantenerse en un ambiente bajo condiciones de tensión.

3.2.2. Empalme Ballhanger.

Su realización costo un poco más de tiempo que el empalme Western, por el ángulo que se tenía que formar en el primer paso. A continuación, en la *Figura3.9* se muestra probetas del empalme ballhanger.

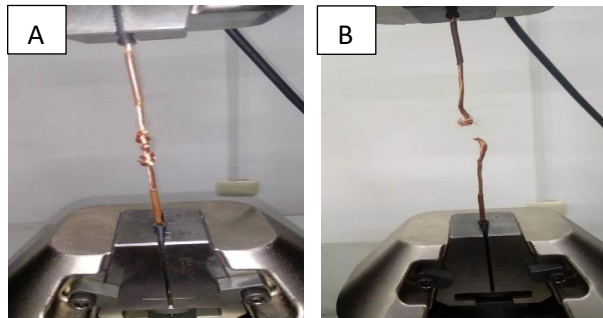
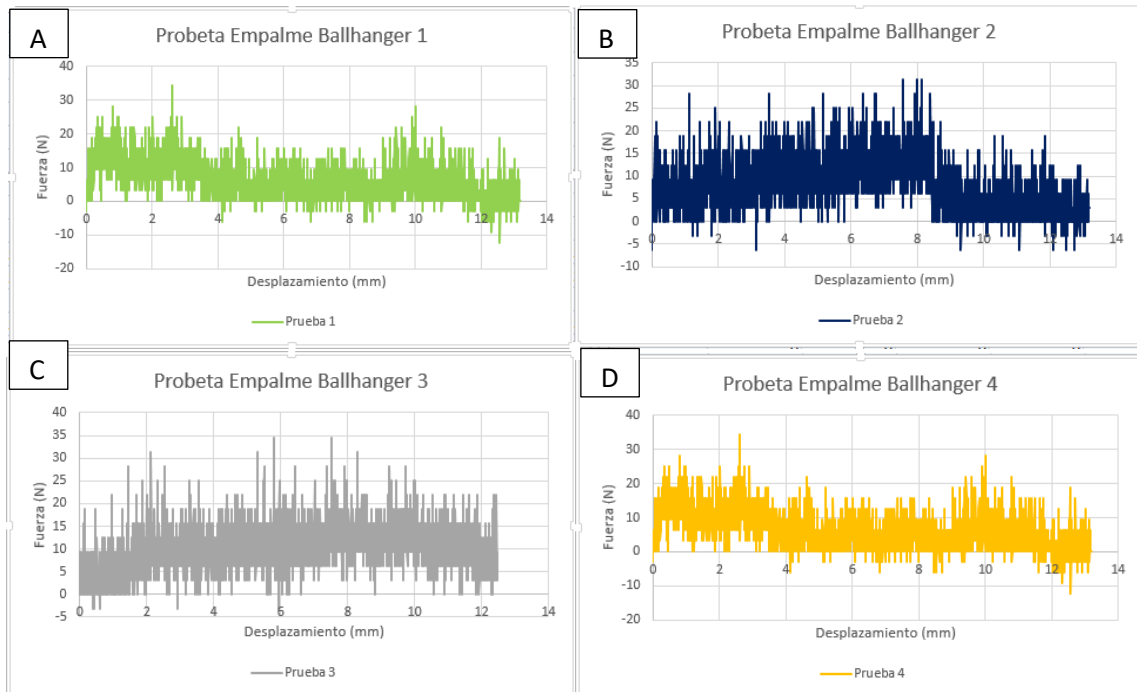


Figura 3.9. Empalme ballhanger: A) Probeta de empalme. B) Punto de quiebre de empalme.

En este empalme, al igual que el anterior, en poco tiempo se deshizo. Se puede ver en la *Figura3.10*, el comportamiento del mismo.



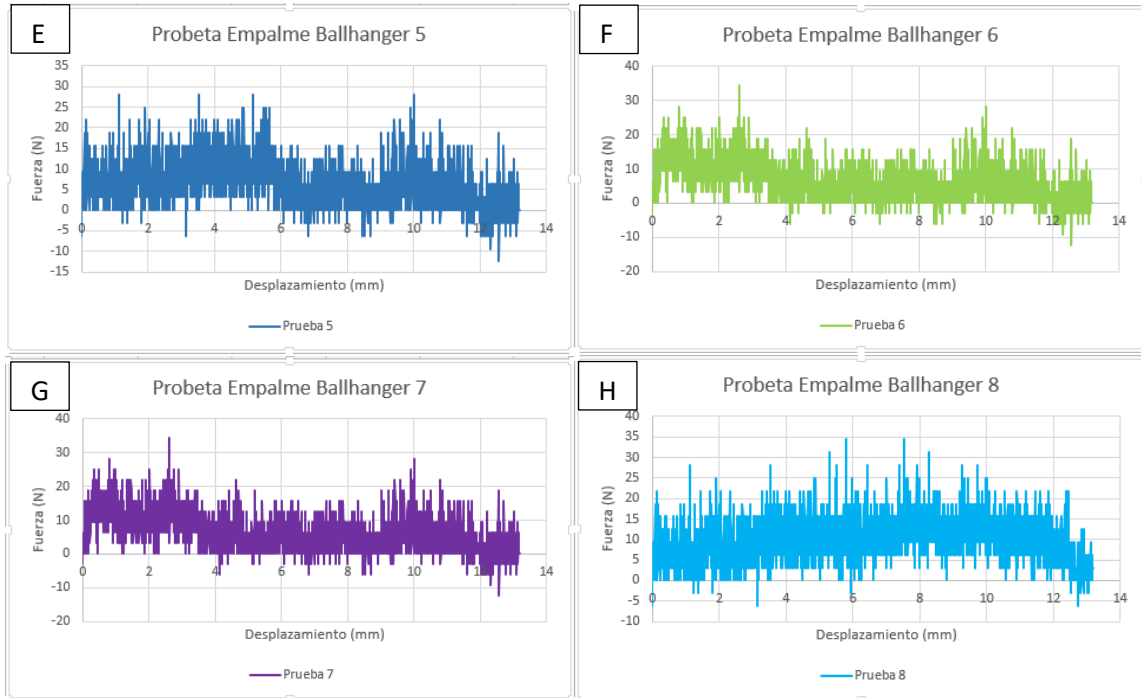


Figura 3.10. Gráficas de empalme ballhanger: A) Gráfica western prueba 1. B) Gráfica western prueba 2. C) Gráfica western prueba 3. D) Gráfica western prueba 4. E) Gráfica western prueba 5. F) Gráfica western prueba 6. G) Gráfica western prueba 7. H) Gráfica western prueba 8.

En la Figura 3.11 se puede notar la comparación de las gráficas obtenidas de las probetas sometidas a las pruebas.

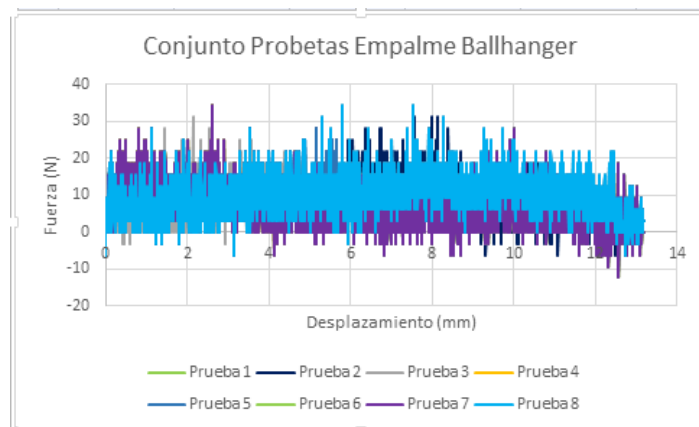


Figura 3.11. Conjunto de gráficas del empalme ballhanger

A continuación en la Figura 3.12 se muestra la gráfica promedio del empalme Ballhanger.

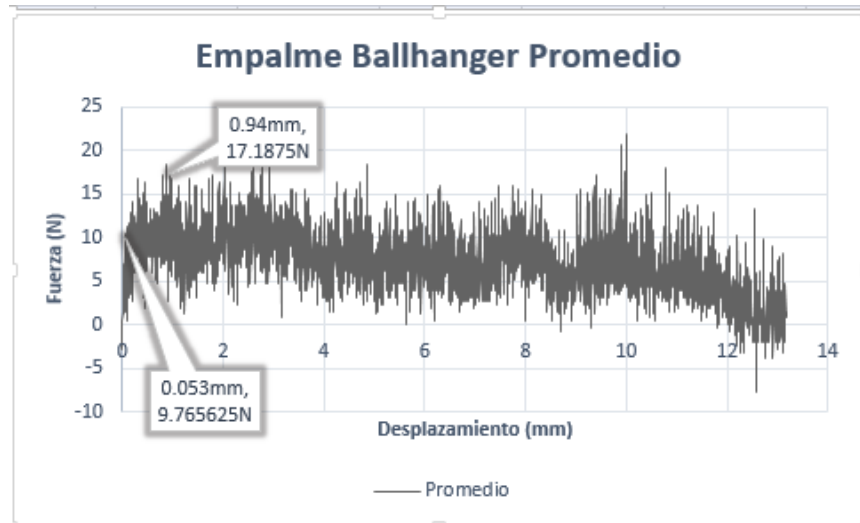


Figura 3.12. Gráfica promedio del empalme ballhanger.

El punto de fluencia del empalme Ballhanger es al ser sometido a una fuerza de 9.7N, con un desplazamiento de 0.053mm. La fuerza máxima que puede aguantar este empalme es de 17.18N, una vez pasando esta fuerza, el empalme se empieza a deshacer poco a poco hasta llegar al fallo. Por lo tanto, el empalme Ballhanger no es capaz de mantenerse en un ambiente bajo condiciones de tensión.

3.2.3. Empalme de Prolongación.

Este empalme fue el más laborioso de todos, por la forma de enrollar los cables. A continuación, en la Figura 3.13 se muestra probetas del empalme prolongación.

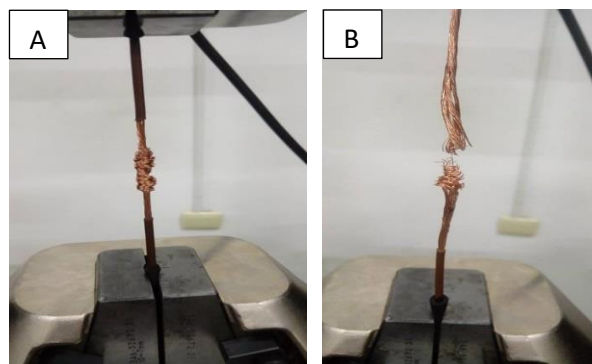


Figura 3.13. Empalme prolongación: A) Probeta del empalme prolongación. B) Punto de quiebre de empalme prolongación.

La Figura 3.14 muestra las gráficas obtenidas de las pruebas del empalme prolongación.

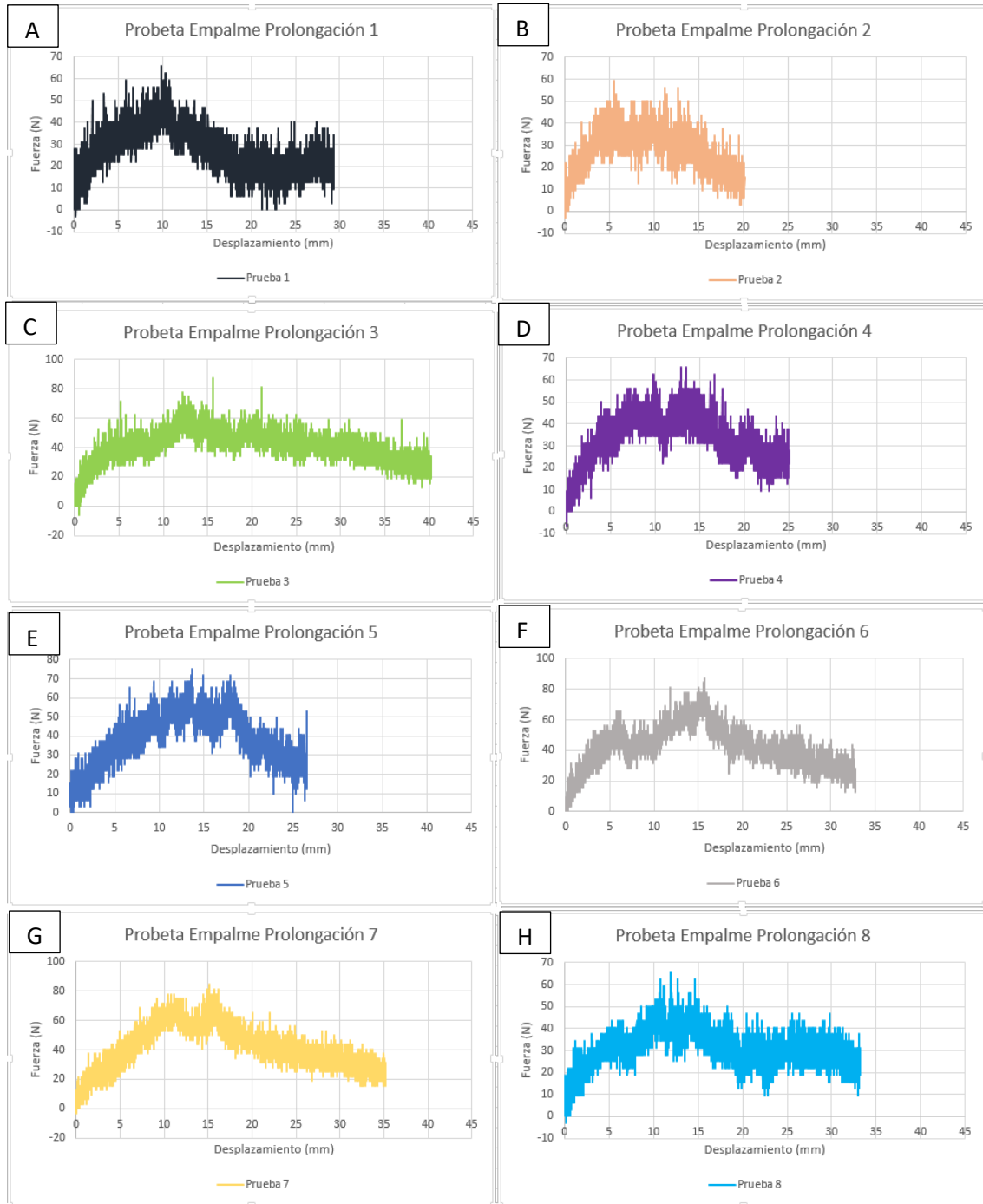


Figura 3.14. Gráficas de empalme prolongación: A) Gráfica prolongación prueba 1 B) Gráfica prolongación prueba 2. C) Gráfica prolongación prueba 3. D) Gráfica prolongación prueba 4. E) Gráfica prolongación prueba 5. F) Gráfica prolongación prueba 6. G) Gráfica prolongación prueba 7. H) Gráfica prolongación prueba 8.

A continuación, en la *Figura 3.15*, se muestra la comparación de las gráficas obtenidas.

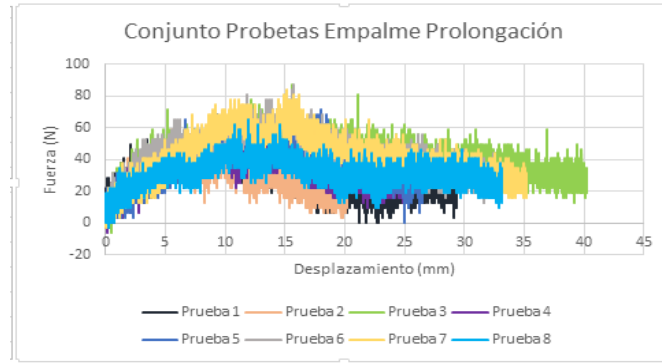


Figura 3.15. Conjunto de gráfica de empalme prolongación..

Por medio del análisis y comparación de las gráficas anteriores, se obtuvo la gráfica promedio de este empalme, que se puede ver en la Figura 3.16.

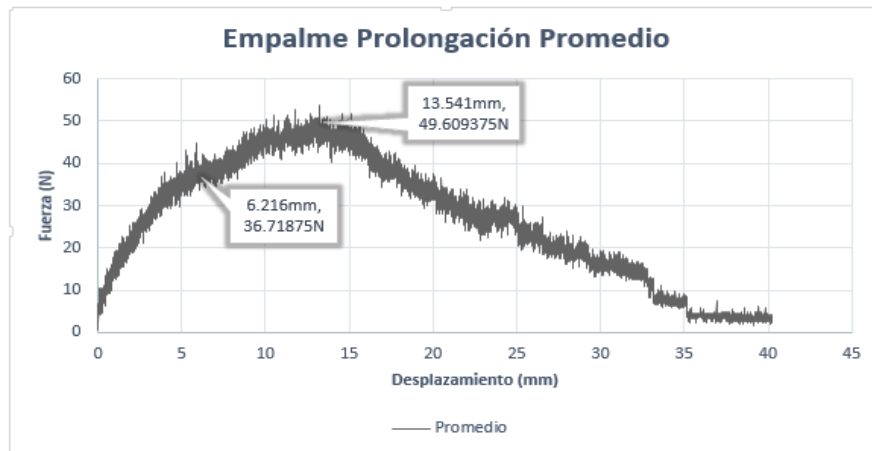


Figura 3.16. Gráfica promedio de empalme prolongación.

El punto de fluencia del empalme de prolongación se obtiene al ser sometido a una fuerza de 36.7N, con un desplazamiento de 6.2mm. La fuerza máxima que aguanta el empalme de prolongación, es de 49.2N y su desplazamiento total es de 40mm.

3.2.4. Empalme ultrasonido.

Es la unión por soldadura más moderna y limpia en su procedimiento, este empalme fue donado por la empresa Draexmaier, industria fabricante de arneses automotrices. A continuación en la Figura 3.17 se mostrara ejemplos del empalme ultrasónico.

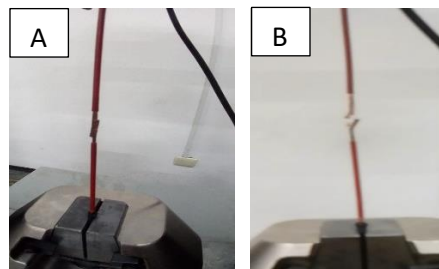


Figura 3.17. Empalme ultrasónico: A) Probeta del empalme. B) punto de quiebre de empalme.

El empalme llega al punto de quiebre a la mitad del empalme, donde se unen los cables, a continuación, en la *Figura 3.18* se muestran las gráficas obtenidas en las pruebas.

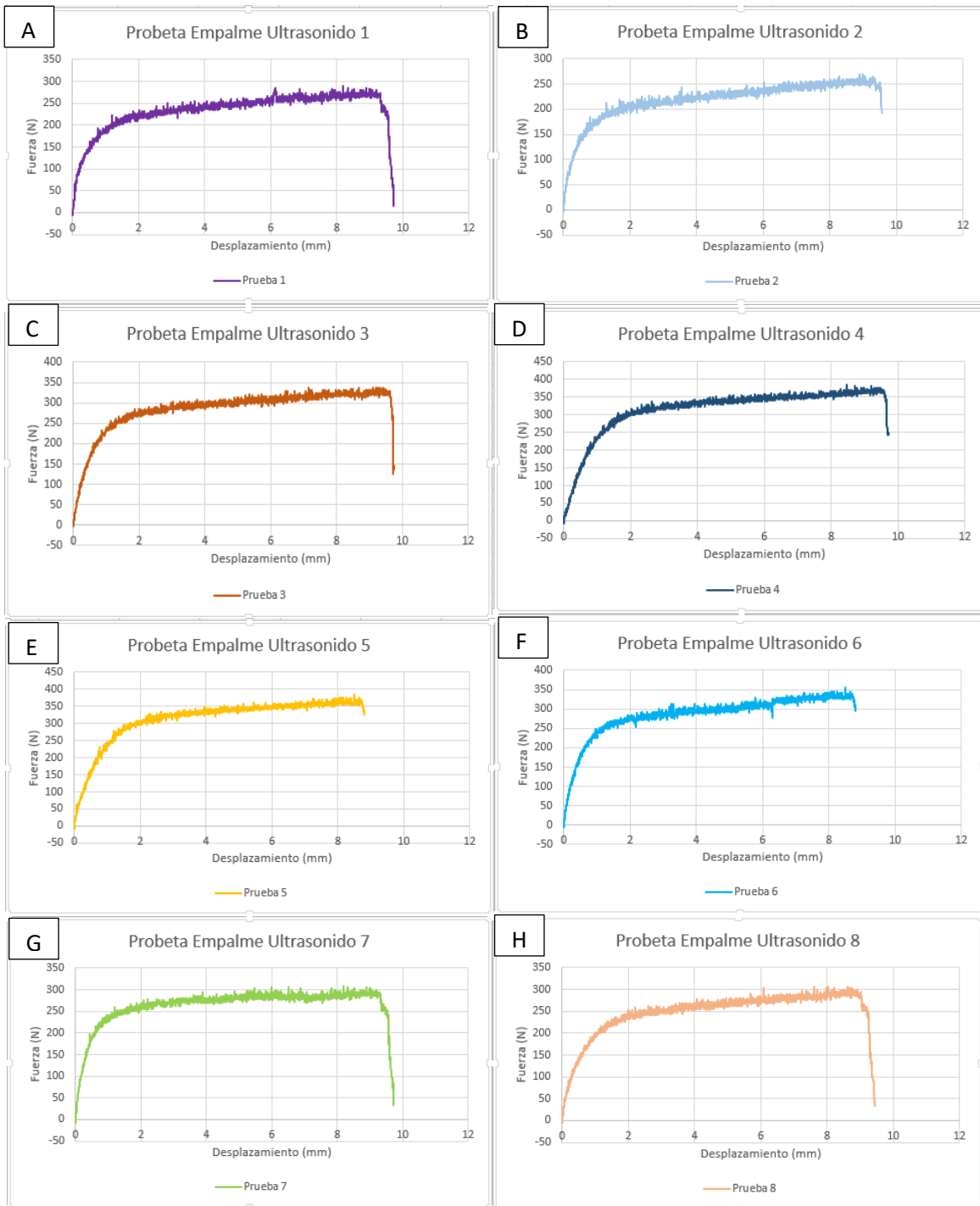


Figura 3.18. Gráficas de empalmes ultrasónicos: A) Gráfica ultrasónico prueba 1. B) Gráfica ultrasónico prueba 2. C) Gráfica ultrasónico prueba 3. D) Gráfica ultrasónico prueba 4. E) Gráfica ultrasónico prueba 5. F) Gráfica ultrasónico prueba 6. G) Gráfica ultrasónico prueba 7. H) Gráfica ultrasónico prueba 8.

Se puede notar en la *Figura 3.19* la comparación de los gráficos obtenidos.

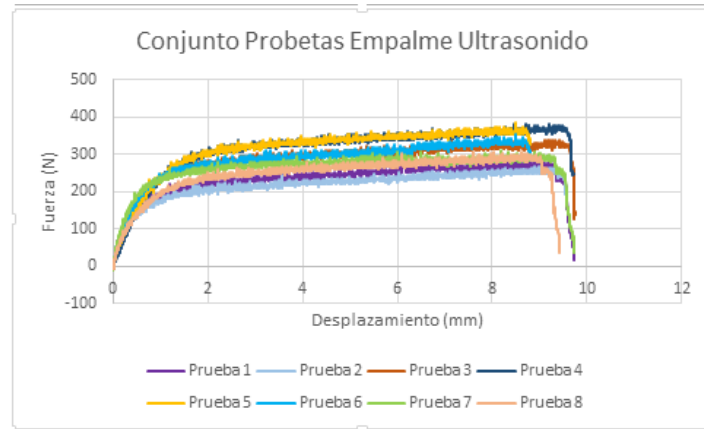


Figura 3.19. Conjunto de gráficas de empalmes ultrasónicos.

Una vez que se analizaron los resultados, se hizo una evaluación, obteniendo la gráfica dada en la *Figura 3.20*.

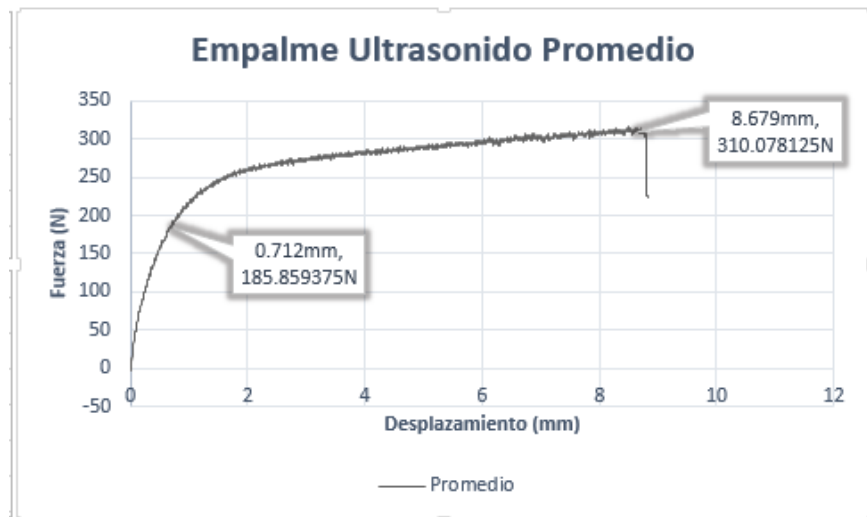


Figura 3.20. Gráfica promedio del empalme ultrasónico.

El punto de fluencia del empalme hecho por ultrasonido, se obtiene al llegar a una fuerza de 185.8N, con un desplazamiento de 0.7mm, después de esto, tendrá una ductilidad constante, hasta llegar a una fuerza de 310N, una vez pasando esta fuerza llega a su punto de quiebre, con un desplazamiento de 8.6mm.

3.2.4.1. Comparación de los diferentes empalmes convencionales.

A continuación se muestra en la *Figura 3.21* la comparación de los empalmes convencionales.

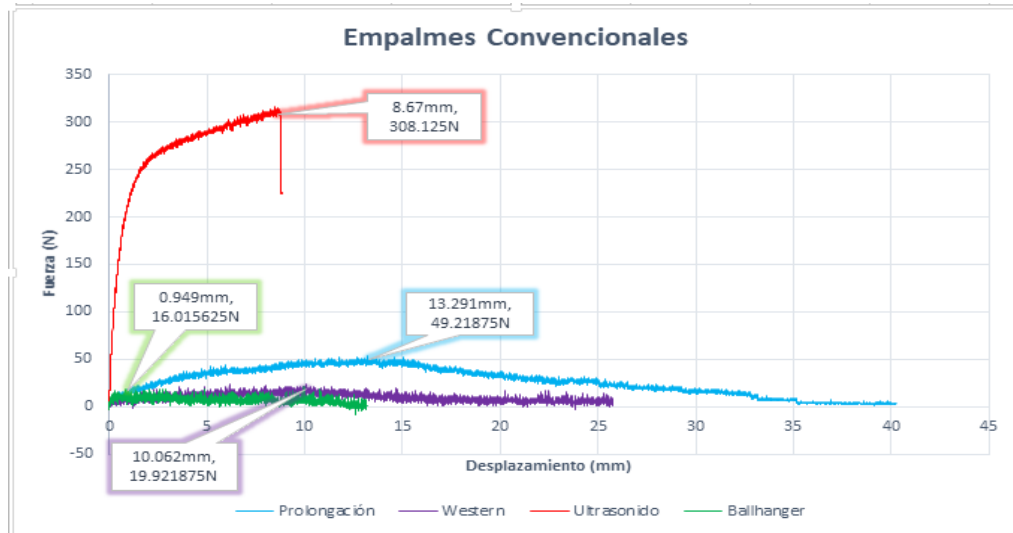


Figura 3.21. Comparación de gráficas convencionales e industrial.

Se puede notar en la *Figura 3.21*, que el empalme realizado por ultrasonido, a pesar de no obtener un gran desplazamiento, resiste mayor fuerza de tensión que los demás, aun así, se necesita de herramientas específicas para su elaboración, las cuales no son tan fáciles de tenerlas a la mano, eso no descarta que sea la mejor opción.

3.3. Empalmes basados en nudos.

Como propuesta de empalme eléctrico, se buscó que los empalmes a usar sean resistentes y que a pesar de ser sometidos a fuerzas de tensión estos necesiten bastante fuerza para sofocar el cable.

3.3.1. Empalme cazador.

Dicho anteriormente es un nudo seguro y resistente, aun así, ha sido el empalme que ha tomado más tiempo y esfuerzo en su realización de las tres propuestas elegidas. A continuación, en la *Figura 3.22* se muestra el empalme cazador, antes y después de las pruebas.

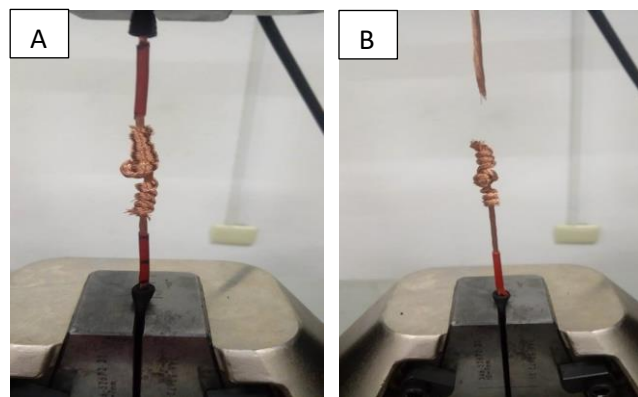


Figura 3.22. Empalme Cazador: A) Probeta del empalme. B) Punto de quiebre del empalme.

El fallo se dio arriba del empalme, esto quiere decir que la unión resistió la fuerza tensión y el cable fue el que llegó al punto de ruptura. A continuación. En la *Figura 3.23* se muestran las gráficas obtenidas de las pruebas con el empalme de cazador.

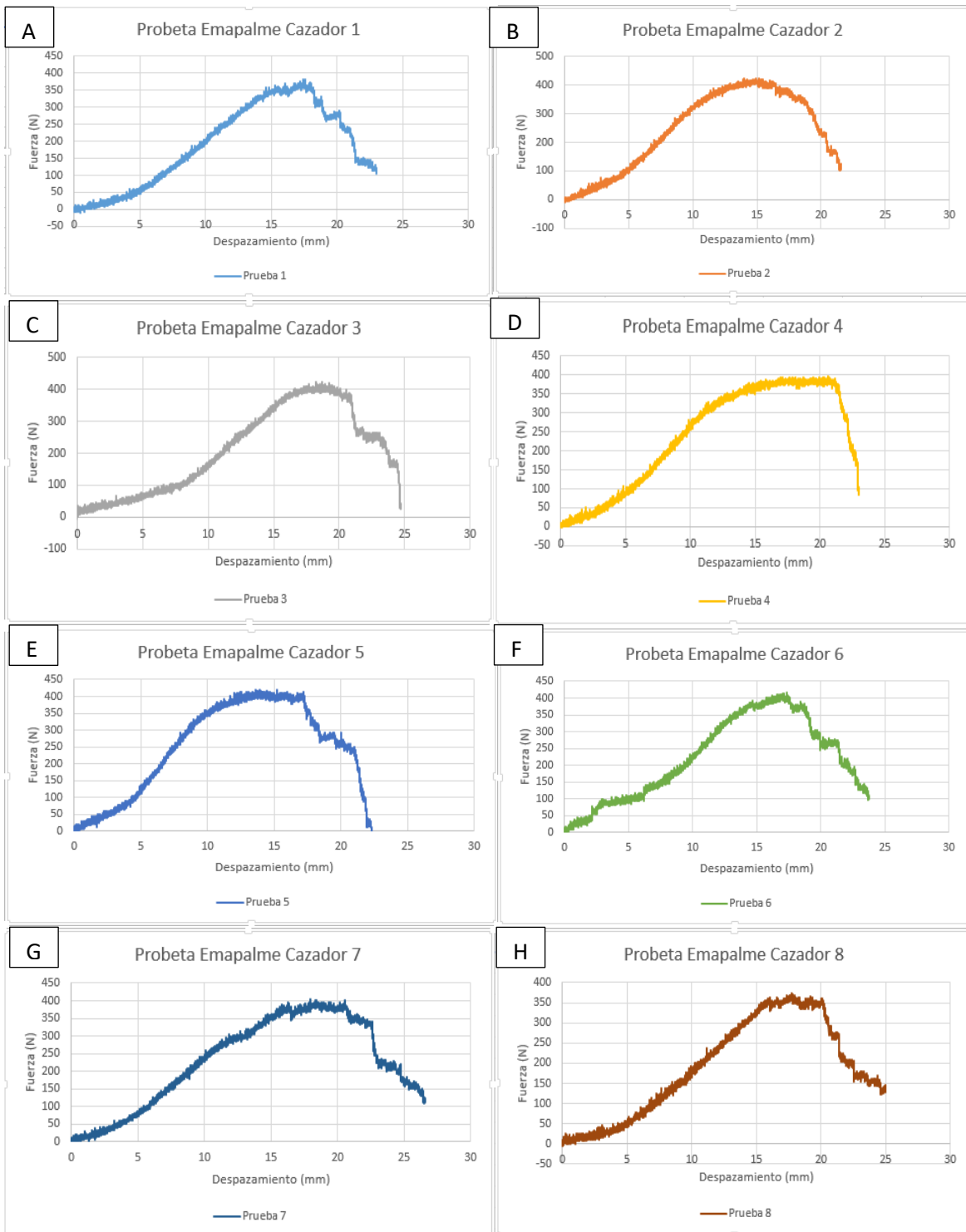


Figura 3.23. Gráficas de empalme cazador: A) Gráfica cazador prueba 1 B) Gráfica cazador prueba 2. C) Gráfica cazador prueba 3. D) Gráfica cazador prueba 4. E) Gráfica cazador prueba 5. F) Gráfica cazador prueba 6. G) Gráfica cazador prueba 7. H) Gráfica cazador prueba 8.

A continuación, la *Figura 3.24* muestra la comparación de las pruebas de las probetas sometidas a tracción.

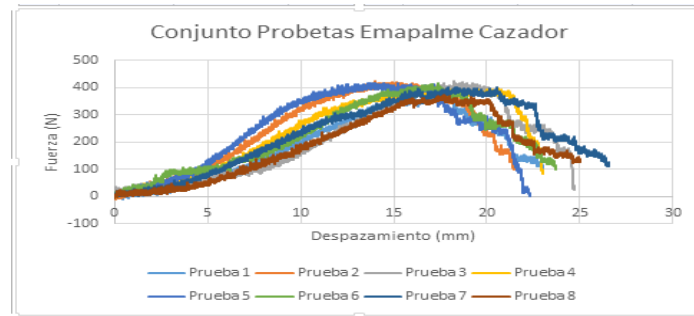


Figura 3,24. Conjunto de gráficas de empalme cazador.

Una vez analizados los resultados, se hizo una comparación entre las gráficas para obtener el promedio, dando la gráfica de la *Figura 3.25*.

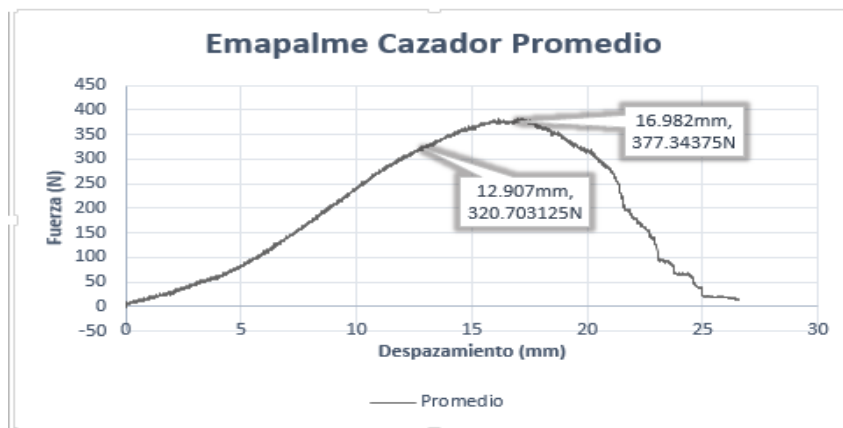


Figura 3.25. Gráfica promedio de empalme cazador.

El punto de fluencia del empalme de cazador se logra al someterlo a una fuerza de 320.7N , con un desplazamiento de 12.9mm . La fuerza máxima que puede aguantar es de 377.3N , con un desplazamiento máximo de 26N .

3.3.2. Empalme vuelta de escota.

El nudo usado por los marineros, puede convertirse en un empalme rápido de hacer, aun así, la única desventaja es que se tiene que ejercer un poco de fuerza para cerrarlo. *Figura 3.26*.

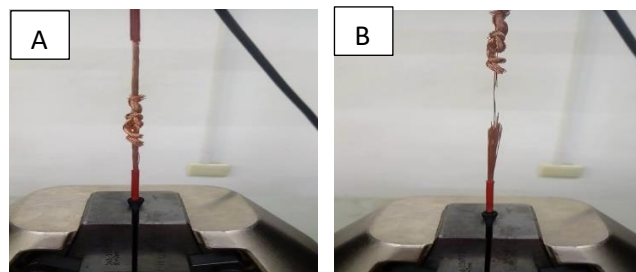


Figura 3.26. Empalme Vuelta de escota: A) Probeta del empalme. B) Punto de quiebre de la probeta.

Una vez terminadas las pruebas se revisaron las gráficas para ver su comportamiento. Que a continuación. En la *Figura 3.27* se pueden observar.

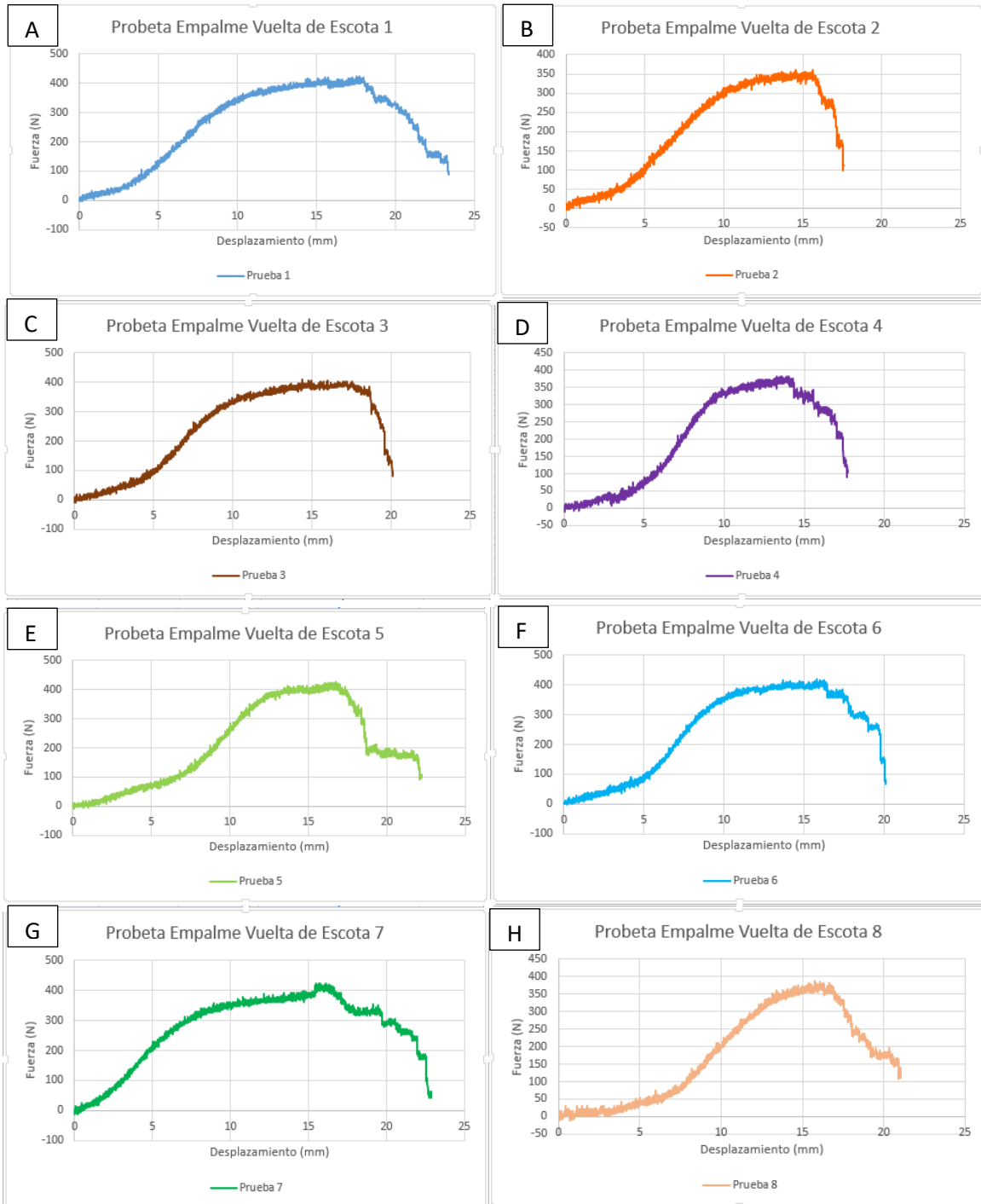


Figura 3.27. Gráficas de empalmes vuelta de escota: A) Gráfica vuelta de escota prueba 1 B) Gráfica vuelta de escota prueba 2. C) Gráfica vuelta de escota prueba 3. D) Gráfica vuelta de escota prueba 4. E) Gráfica Vuelta de escota prueba 5. F) Gráfica vuelta de escota prueba 6. G) Gráfica vuelta de escota prueba 7. H) Gráfica vuelta de escota prueba 8.

En la *Figura3.28* muestra la comparación de las pruebas para poderlas comparar.

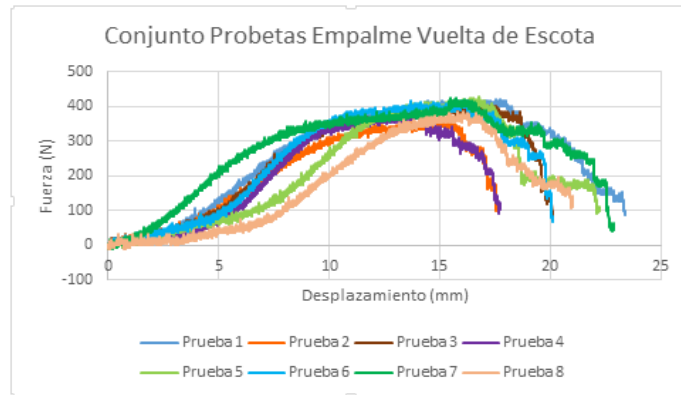


Figura 3.28. Conjunto de gráficas de pruebas de empalmes vuelta de escota.

Una vez que se analizaron las pruebas, se evaluaron para conseguir la gráfica promedio del empalme. Se puede apreciar en la *Figura3.29*.

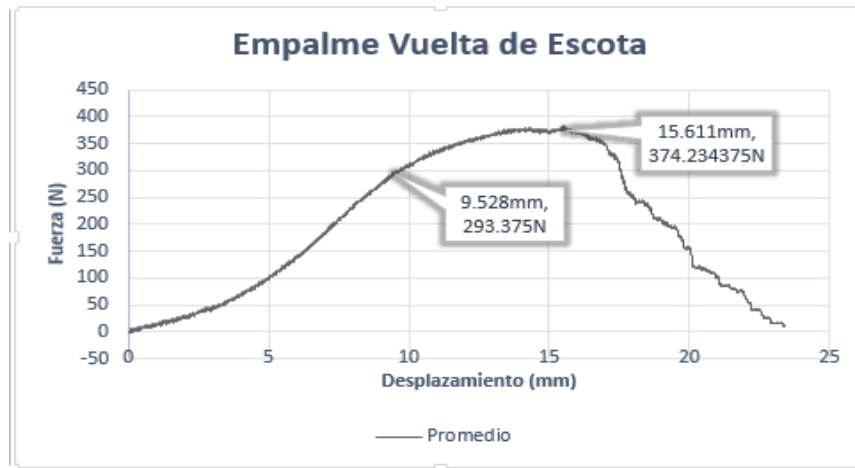


Figura 3.29. Gráfica promedio de empalme vuelta de escota.

El punto de fluencia del empalme vuelta de escota se obtiene al llegar a una fuerza de 293.3N, con un desplazamiento de 9.5mm. La fuerza máxima que puede aguantar es de 374.2N, con un desplazamiento total de 24N. Este empalme es el menos dúctil de las 3 propuestas.

3.3.3. Empalme Cirujano.

Basado en el nudo utilizado para operaciones quirúrgicas, este tipo de unión debe ser lo suficientemente fuerte para soportar esfuerzos musculares, por esto mismo se eligió para comprobar su resistencia a la tracción. Su realización, no es difícil pero se necesita ejercer un poco de fuerza al final para cerrarlo. A continuación, en la *Figura3.30*, se mostrará el empalme cirujano.

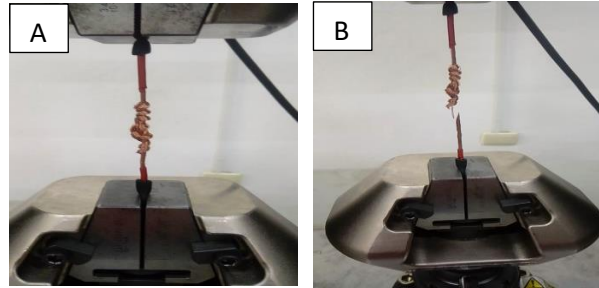
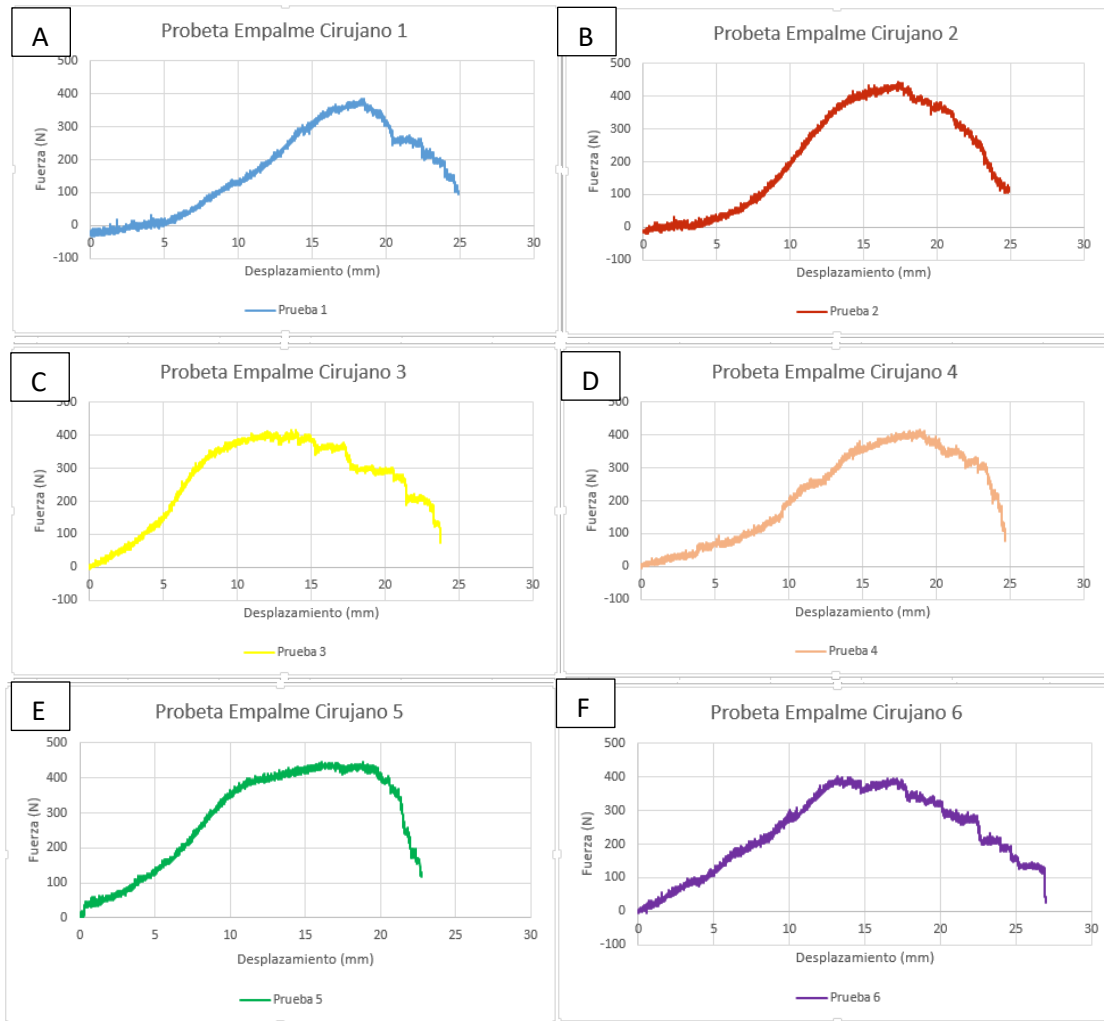


Figura 3.30. Empalme cirujano: A) Probeta del empalme. B) Punto de quiebre del empalme.

El punto de quiebre de el empalme fue abajo del mismo, por lo tanto fue el cable el que llego al fallo, una vez terminadas las pruebas, se analizarán los resultados de cada empalme, *Figura3.31*.



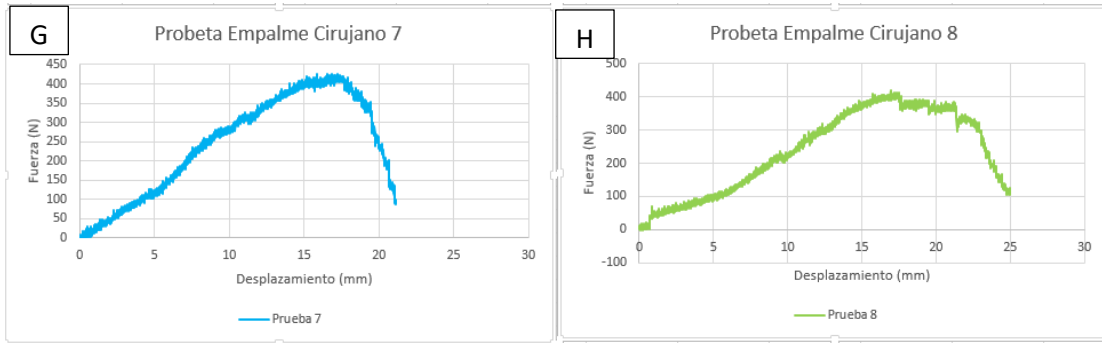


Figura 3.31. Gráficas de empalmes cirujano: A) Gráfica cirujano de escota prueba 1. B) Gráfica cirujano prueba 2. C) Gráfica cirujano prueba 3. D) Gráfica cirujano prueba 4. E) Gráfica cirujano prueba 5. F) Gráfica cirujano prueba 6. G) Gráfica cirujano prueba 7. H) Gráfica cirujano prueba 8.

A continuación, en la Figura 3.32 se muestra la comparación de los gráficos obtenidos.

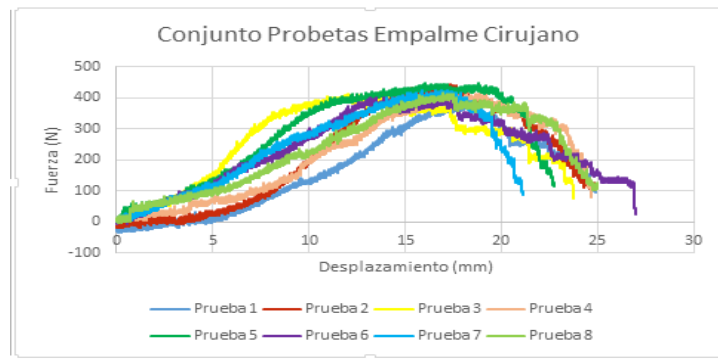


Figura 3.32. Conjunto de gráficas de empalme cirujano.

Una vez analizados los resultados, la figura 3.33 muestra la gráfica promedio de este empalme.

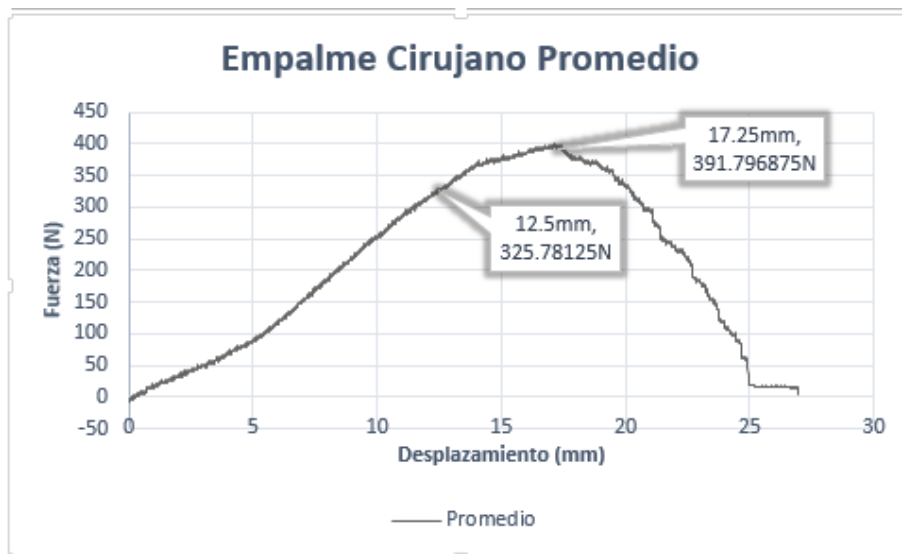


Figura 3.33. Gráfica promedio de pruebas en empalme cirujano.

El punto de fluencia del empalme cirujano se obtiene al ser sometido a una fuerza de 325.7N, con un desplazamiento de 12.5mm. La fuerza máxima que puede soportar es de 391.7N y el desplazamiento total es de 26mm. Este empalme es el más fuerte de las 3 propuestas.

3.3.3.1. Evaluación de empalmes basados en nudos.

Como se muestra en la *Figura 3.34*, se evaluarán las tres propuestas para determinar cuál es la más adecuada para condiciones de tracción.

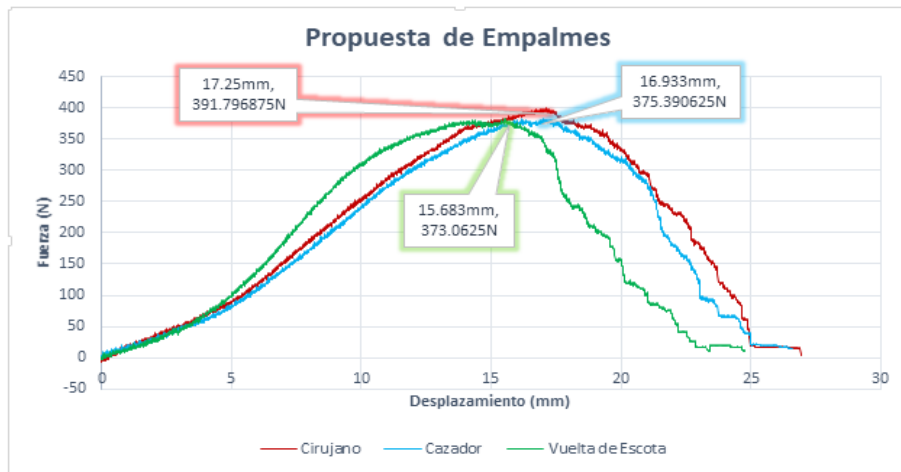


Figura 3.34. Conjunto de Gráficas de empalmes basados en nudos

Las 3 propuestas soportan grandes cargas, esto favorece la calidad de la seguridad en los sistemas eléctricos, sin embargo el empalme basado en el nudo de cirujano, resistió una fuerza máxima de 391.7N, demostrando ser el más resistente.

3.4. Comparación de los empalmes.

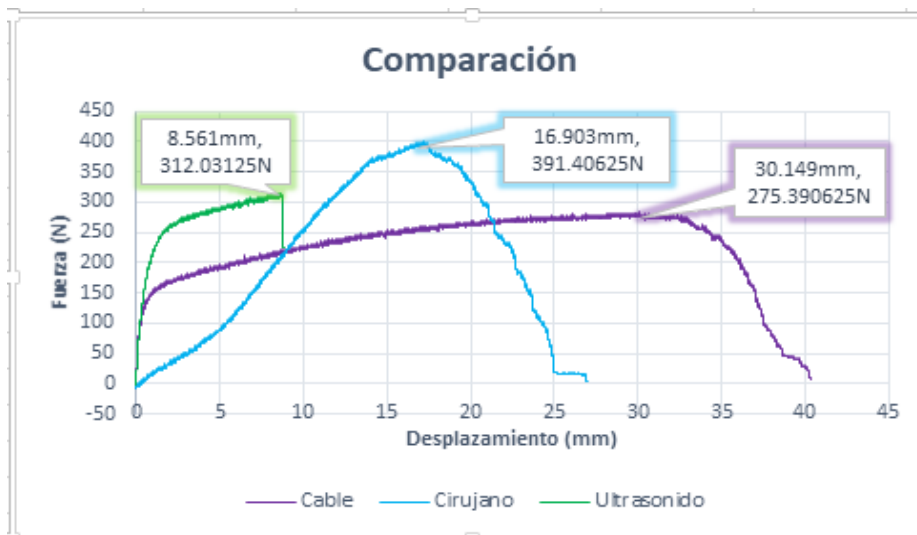


Figura 3.35. Comparación de los empalmes y el cable base.

Teniendo en cuenta los resultados de las pruebas de tensión en los empalmes eléctricos convencionales y propuestos, mostrados en la *Figura 3.35*, podemos notar:

- Cualquiera de las 3 propuestas habladas superan a los empalmes convencionales, punto de fluencia, fuerza máxima y desplazamiento respecto a fuerza aplicada.
- La ductilidad del cable base no puede ser superada por los empalmes, pero estos lo complementan con una gran resistencia a la tensión, lo que quiere decir que pueden aguantar condiciones de tracción altas a comparación del cable base.
- Los empalmes hechos por ultrasonido, soportan una gran fuerza a la tracción, pero su desplazamiento es muy corto.
- El ultrasonido es una buena opción de empalme eléctrico, pero la herramienta requerida dificulta su realización.
- Los empalmes basados por el nudo cirujano, son los más dúctiles y resistentes a la tensión de todos los empalmes analizados.

VII. Conclusión.

Este trabajo de tesis ha permitido conocer las características mecánicas de los cables eléctricos bajo presencia de cargas mecánicas de tensión. Podemos destacar que dicha investigación es importante debido a que no existe mucha literatura referente a los tipos de empalmes eléctricos en general y mucho menos en mostrar resultados de pruebas mecánicas.

Por otra parte, podemos concluir que los objetivos planteados en el trabajo se cumplieron satisfactoriamente, mostrando resultados interesantes que pueden ser objetivos de investigación por parte de la academia. Además consideramos que este trabajo es un nicho de oportunidades para realizar futuras investigaciones, ya que el trabajo solo se enfocó en evaluar las características mecánicas a tracción. Consideramos que es conveniente profundizar y evaluar otras propiedades de dichos empalmes, para así demostrar que en verdad pueden tener una aplicación comercial o industrial.

De las pruebas realizadas, podemos concluir que los empalmes comerciales presentan características mecánicas a tracción inferiores a las pensadas. Esto nos lleva a replantear la posibilidad de que si en verdad, estos empalmes son los más convenientes para las aplicaciones comerciales. En el caso del empalme ultrasónico, se confirmó que se trata de una unión bastante confiable, con características mecánicas importantes a pesar de que no presente buenas propiedades de ductilidad, además, se necesita de herramienta específica para su elaboración, la cual no es tan fácil tener a la mano hoy en día.

En el caso de los empalmes propuestos basados en nudos, podemos subrayar que presentan propiedades muy superiores con respecto a los convencionales, a pesar de que comparten la misma técnica de elaboración. También podemos decir que estos empalmes superan de manera importante al empalme ultrasónico, presentando propiedades de resistencia y ductilidad superiores, lo que los convierte en la mejor opción de todas las uniones evaluadas.

Para finalizar podemos decir que esta tesis será una vertiente para futuros trabajos académicos y para aplicaciones prácticas en diferentes sectores de la ingeniería, ya que la evaluación dada de manera experimental en los empalmes eléctricos, permite que las pruebas sean sometidas en un ambiente con variables reales, obteniendo resultados idóneos.

VIII. Bibliografía

1. UNLP, R. I. (Abril de 2012). *Importancia y determinación de las propiedades mecánicas*. Obtenido de <http://hdl.handle.net/10915/62492>
2. Madera, A. T. (2016). *Diseño de arneses eléctricos para General Motors*. México: Universidad Nacional Autónoma de México.
3. Tecnología. (s.f.). *Ensayo de tracción*. Obtenido de <http://www.areatecnologia.com/materiales/ensayo-de-traccion.html>
4. Materiales, C. y. (s.f.). *Ensayos mecánicos 2: Tracción*. Obtenido de https://jmcacer.webs.ull.es/CTMat/Practicas%20Laboratorio_archivos/traccion.pdf
5. Facel. (2017). *Asociación Española de fabricantes de cables y conductores eléctricos y de fibra óptica*. Obtenido de <http://www.facel.es/>
6. International, S. (14 de junio de 2018). *SAE International*. Obtenido de <http://standards.sae.org/uscar-standards/>
7. International, S. (01 de Junio de 1999). *SAE International*. Obtenido de <https://www.sae.org/standards/content/as7928/>
8. Garay, B. Á. (s.f.). *Nudos y tipos de cuerdas en anclajes y estructura de campismo*. Universidad Estatal a Distancia.
9. Walkabout, N. (2001). *Nudos Walkabout*. Obtenido de <http://perso.wanadoo.es/mariafelisamunozasensio/index.html>
10. Scout, T. (2 de Junio de 2009). *Técnica Scout*. Obtenido de <https://tecnicascout.wordpress.com/2009/06/02/nudos/>
11. Cable, T. (27 de Marzo de 2012). *Top Cable*. Obtenido de <https://www.youtube.com/watch?v=pqAY9CHqywU>
12. DIN, B. P. (Diciembre de 2013). *Beuth Publishing DIN*. Obtenido de <https://www.beuth.de/en/standard/din-76722/191894946>
13. energía, E. m. (18 de Febrero de 2010). *El mundo de los cables de energía*. Obtenido de <https://propol.wordpress.com/2010/02/18/%C2%BFque-significan-los-codigos-de-los-cables-electricos/>
14. FARADAYOS. (2014). *FARADAYOS*. Obtenido de <http://faradayos.blogspot.com/2013/12/empalmes-cables-electricos-derivacion-cola-rata-prolongacion.html>
15. Fernández, J. J. (s.f.). *Budos Básicos en Cirugía*. Hospital Universitario Virgen del Rosio.
16. Másvoltaje. (27 de Abril de 2016). *Másvoltaje*. Obtenido de <https://masvoltaje.com/blog/tipos-de-cables-electricos-que-existen-n12>

17. Neumáticas, A. (19 de Diciembre de 2013). *Armas Neumáticas*. Obtenido de <https://www.armsneumaticas.com/nudo-de-cazador-escalera-de-mecate-amarres-etc/>
18. Scribd. (2018). *Scribd*. Obtenido de <https://es.scribd.com/doc/90511679/ENSAYO-DE-TRACCION-EN-COBRE-LATON-Y-ALUMINIO>