



# **UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**

## **FACULTAD DE INGENIERIA GEOLÓGICA Y**

### **METALÚRGICA**

#### **ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA**

##### **METALURGICA**



**EVALUACION DEL PROCESO DE EMPALME VULCANIZADO  
EN CALIENTE DE LA FAJA TRANSPORTADORA ST 4500 EN LA  
EMPRESA MINERA SHOUGANG HIERRO PERÚ S.A.A.**

#### **TESIS**

#### **PRESENTADA POR:**

**Bach. Wiler Sucari Mamani**

#### **PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO METALURGISTA**

**PUNO – PERÚ**

**2023**



NOMBRE DEL TRABAJO

**EVALUACION DEL PROCESO DE EMPALME VULCANIZADO EN CALIENTE DE LA FAJA TRANSPORTADORA ST 4500 EN LA EMPRESA MINERA SHOUGANG HIERR O PERÚ S.A.A.**

AUTOR

**WILER SUCARI MAMANI**

RECUENTO DE PALABRAS

**17735 Words**

RECUENTO DE CARACTERES

**92667 Characters**

RECUENTO DE PÁGINAS

**137 Pages**

TAMAÑO DEL ARCHIVO

**22.3MB**

FECHA DE ENTREGA

**Apr 13, 2023 9:29 PM GMT-5**

FECHA DEL INFORME

**Apr 13, 2023 9:31 PM GMT-5**

● **17% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 17% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 10% Base de datos de trabajos entregados
- 3% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● **Excluir del Reporte de Similitud**

- Material bibliográfico
- Material citado
- Material citado



Firmado digitalmente por MAYNAS  
CONDORI Oswaldo Luzver FAU  
20145496170 soft  
Motivo: Soy el autor del documento  
Fecha: 11.04.2023 23:20:27 -05:00

V°B°

Firmado digitalmente por CARPIO  
RAMOS Darssy Argelida FAU  
20145496170 soft  
Motivo: Doy V° B°  
Fecha: 12.04.2023 10:05:45 -05:00



## DEDICATORIA

A mi madre Matiasa Mamani y mi padre Victorano Sucari por darme todo su amor incondicional, por sus consejos, su comprensión e inculcarme valores para ser una persona de bien y a mis hermanos por estar siempre presentes acompañándome y fortaleciendo mi espíritu con voces de ánimo y entusiasmo para poderme realizar.

Al ser Supremo, por guiarme, protegerme, darme las virtudes y la fortaleza necesaria para salir adelante pese a las dificultades, e iluminar cada pasó de mi vida.

Con todo mi amor y cariño a mi esposa e hijas: Mirian Gutiérrez, Emma Daniela y Sammy, quienes han sido mi fortaleza y apoyo constante para seguir adelante y por ayudarme a cumplir mi meta.

A mi hermanos y hermanas, mis abuelos, tíos y primos; para ellos, mis esfuerzos prometidos le dedico por los ánimos que me daban a seguir adelante



## AGRADECIMIENTOS

Me gustaría expresar mi más profundo agradecimiento a la Universidad Nacional del Altiplano de Puno, a la facultad de ingeniería geológica y metalúrgica, y en particular, a la escuela profesional de ingeniería metalúrgica por brindarme la oportunidad de explorar y desarrollar mi pasión por la metalurgia.

Gracias por proporcionarme una educación de alta calidad y por haberme desafiado constantemente a pensar de manera crítica y creativa. Sus mentes brillantes, consejos sabios y apoyo inquebrantable me han ayudado a alcanzar mis objetivos académicos y personales.

Espero con ansias el día en que pueda retribuir a la comunidad académica y profesional de la metalurgia con mi conocimiento y experiencia adquiridos gracias a esta institución. ¡Nuevamente, gracias por todo!



# ÍNDICE GENERAL

	Pág.
<b>DEDICATORIA</b>	
<b>AGRADECIMIENTOS</b>	
<b>ÍNDICE GENERAL</b>	
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b>	
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b>	
<b>ÍNDICE DE ACRÓNIMOS</b>	
<b>RESUMEN .....</b>	<b>16</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>17</b>
<b>CAPITULO I</b>	
<b>INTRODUCCIÓN</b>	
<b>1.1 BRANCH CONVEYOR.....</b>	<b>18</b>
<b>1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....</b>	<b>20</b>
1.2.1 Problema general.....	21
1.2.2 Problemas específicos .....	21
<b>1.3 JUSTIFICACIÓN .....</b>	<b>21</b>
<b>1.4 OBJETIVOS.....</b>	<b>22</b>
1.4.1 Objetivo general .....	22
1.4.2 Objetivos específicos .....	22
<b>1.5 HIPÓTESIS .....</b>	<b>22</b>
1.5.1 Hipótesis general .....	22
1.5.2 Hipótesis específicas .....	23

## CAPITULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA



<b>2.1</b>	<b>ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN</b> .....	<b>24</b>
<b>2.2</b>	<b>MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>26</b>
2.2.1	Faja transportadora.....	26
2.2.2	Clasificación de fajas transportadoras.....	27
2.2.3	Fajas transportadoras con carcasa textil.....	27
2.2.4	Fajas transportadoras de poliéster (EP).....	28
2.2.5	Fajas transportadoras de alta temperatura (EPDM) .....	28
2.2.6	Fajas transportadoras antillamas .....	29
2.2.7	Fajas transportadoras con alma de acero.....	29
2.2.8	Tipos de fajas transportadoras.....	29
2.2.8.1	Fajas transportadoras con cables de acero .....	33
2.2.9	Características técnicas de las correas de cables de acero .....	36
2.2.10	Especificaciones de cuerdas .....	36
2.2.11	Especificaciones de faja transportadora de cable de acero .....	37
2.2.12	Factor de seguridad más recomendables.....	38
2.2.13	Resistencia a la tracción.....	38
2.2.14	Empalme .....	40
2.2.14.1	Tipos de empalme .....	41
2.2.14.2	Kits de empalme .....	42
2.2.15	Tres factores principales en el proceso de empalmes .....	44
2.2.15.1	Temperatura .....	44
2.2.15.2	Tiempo .....	45
2.2.15.3	Presión.....	45
2.2.16	Construcción y dimensiones de empalmes de correas transportadoras con cables de acero. ....	48



2.2.16.1	Métodos para realizar un empalme. ....	48
2.2.16.2	Construcción de empalme de tres pasos. ....	49
2.2.17	Empalmes de correas de cable de acero. ....	50
2.2.17.1	En el diseño del empalme es importante tener en cuenta: .....	50
2.2.18	Vulcanización del empalme. ....	55
2.2.18.1	Vulcanización. ....	56
2.2.18.2	El proceso de vulcanización.....	57
2.2.18.3	Entrelazado o vulcanizado .....	59
2.2.18.4	Grado de vulcanización.....	59
2.2.18.5	Etapas de vulcanización .....	60
2.2.18.6	Curva de vulcanización de empalme .....	60
2.2.19	Polímeros.....	61
2.2.19.1	Elastómeros.....	62
2.2.19.2	Caucho natural .....	64
2.2.20	Propiedades Mecánicas de los polímeros.....	64
2.2.20.1	Elongación. ....	64
2.2.20.2	Resistencia. ....	65
2.2.20.3	Dureza. ....	65
2.2.21	Ensayo de dureza.....	65
2.2.22	Métodos de medición de la dureza.....	66
2.2.22.1	Dureza Rockwell.....	66
2.2.22.2	Dureza Brinell.....	66
2.2.22.3	Dureza Vickers.....	66
2.2.22.4	Dureza Shore.....	66
2.2.22.5	Dureza en Polímeros.....	67



2.2.23	Ensayo dureza Shore.....	67
2.2.24	Instrumento de medición de la dureza.....	68
2.2.25	Durómetro.....	69

### CAPITULO III

#### MATERIALES Y MÉTODOS

<b>3.1</b>	<b>DISEÑO, NIVEL Y TIPO DE LA INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>72</b>
3.1.1	Diseño de la investigación.....	72
<b>3.2</b>	<b>OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....</b>	<b>73</b>
3.1.1.	Variable Independiente.....	73
3.1.2.	Variable dependiente.....	73
<b>3.3</b>	<b>POBLACIÓN Y MUESTRA DE LA INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>74</b>
3.1.3.	Unidad de estudio.....	74
3.1.4.	Población.....	74
3.1.5.	Muestra.....	74
<b>3.4</b>	<b>TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS.....</b>	<b>75</b>
3.1.6.	Técnicas y métodos.....	75
3.1.7.	Instrumentos de recolección de datos.....	75
3.1.8.	Instrumentos de recolección de datos.....	76
<b>3.5</b>	<b>PROCEDIMIENTO.....</b>	<b>77</b>
3.1.9.	Procedimiento de recolección de datos.....	77
3.1.10.	Procedimiento de análisis de datos.....	77
<b>3.6</b>	<b>DIAGRAMA FUNCIONAL.....</b>	<b>82</b>

### CAPITULO IV

#### RESULTADOS Y DISCUSIÓN





<b>4.1</b>	<b>DESCRIPCIÓN DE FAJA TRANSPORTADORA 5812-CB-110. ....</b>	<b>83</b>
4.1.1.	Características de diseño de faja transportadora ST 4500. ....	83
<b>4.2</b>	<b>RECOLECCIÓN DE DATOS DE PROCESO DE EMPALME VULCANIZADO EN CALIENTE.....</b>	<b>84</b>
<b>4.3</b>	<b>ELECCIÓN DE LOS FACTORES Y NIVELES .....</b>	<b>90</b>
<b>4.4</b>	<b>ANOVA DE LOS RESULTADOS INTERACCIONES Y MEDICIÓN DE INTERACCIONES.....</b>	<b>91</b>
4.1.2.	ANOVA del experimento 1 .....	91
4.1.2.1.	Prueba de hipótesis .....	94
4.1.2.2.	Prueba de normalidad .....	95
4.1.3.	ANOVA del experimento 2 .....	96
4.1.3.1.	Prueba de hipótesis .....	100
4.1.3.2.	Prueba de normalidad .....	100
4.1.4.	ANOVA del experimento 3 .....	102
4.1.4.1.	Prueba de hipótesis .....	104
4.1.4.2.	Prueba de normalidad .....	105
4.1.5.	ANOVA del experimento 4 .....	107
4.1.5.1.	Prueba de hipótesis .....	109
4.1.5.2.	Prueba de normalidad .....	110
<b>V.</b>	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>113</b>
<b>VI.</b>	<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>114</b>
<b>VII.</b>	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>115</b>
	<b>ANEXOS.....</b>	<b>119</b>

**Área** : Proyectos y diseños de plantas metalúrgicas.

**Tema** : Evaluación del proceso de empalme vulcanizado en caliente de la faja transportadora st 4500 en la empresa minera shougang hierro Perú S.A.A

**Fecha de sustentación: 14/04/2023**



## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
<b>Figura 1.</b> Esquema de la Zona de Mina.....	20
<b>Figura 2.</b> Esquema de los elementos que componen una faja transportadora. ....	27
<b>Figura 3.</b> Faja transportadora con carcasa textil.....	27
<b>Figura 4.</b> Faja transportadora de poliéster. ....	28
<b>Figura 5.</b> Faja transportadora con alma de acero.....	29
<b>Figura 6.</b> Partes de una banda con cable de acero. ....	33
<b>Figura 7.</b> Características técnicas de las correas de cables de acero .....	36
<b>Figura 8.</b> 7 x 7 cable Con núcleo de goma en el interior.....	37
<b>Figura 9.</b> Estructura de una banda con cable de acero. ....	37
<b>Figura 10.</b> Diferencia de grosores en los tejidos.....	38
<b>Figura 11.</b> Resistencias a las tensiones en cintas transportadoras según normas DIN. ....	40
<b>Figura 12.</b> kits de empalme para vulcanizado se muestra en corte las capas. ....	43
<b>Figura 13.</b> kits de empalme para vulcanizado .....	43
<b>Figura 14.</b> Elemento calefactor flexible.....	45
<b>Figura 15.</b> Platinas flexibles .....	46
<b>Figura 16.</b> Tipos de barras seccionales. ....	47
<b>Figura 17.</b> Partes de la barra vulcanizadora.....	47
<b>Figura 18.</b> Tipos de empalme de forma romboidal/rectangular. ....	49
<b>Figura 19.</b> Empalme en construcción de 3 pasos y sus dimensiones.....	49
<b>Figura 20.</b> Correa de lado perfil ángulo del empalme y bisel en zona de transición....	50
<b>Figura 21.</b> Unión de Banda de 1 fase (Tipo DIN) .....	53
<b>Figura 22.</b> Unión de Banda de 2 fase (Tipo DIN) .....	54
<b>Figura 23.</b> Unión de Banda de 3 fase (Tipo DIN) .....	55
<b>Figura 24.</b> Unión de Banda de 4 fase (Tipo DIN) .....	55
<b>Figura 25.</b> Instalación de faja transportadora St en el plato vulcanizado. ....	56
<b>Figura 26.</b> Plato vulcanizadora para la unión de faja transportadora St. ....	56
<b>Figura 27.</b> Presentación esquemática de las dos cadenas (azul y roja) de caucho natural después de la vulcanización con azufre elemental.....	57
<b>Figura 28.</b> Presentación esquemática de las cadenas después de la vulcanización con azufre elemental. ....	59



<b>Figura 29.</b> Curva de Vulcanizado Rheometer a 149°C, mostrando un compuesto propenso a la reversión. ....	60
<b>Figura 30.</b> Curva de vulcanizado Rheometer a 149°C mostrando un compuesto tipo SBR. ....	60
<b>Figura 31.</b> El tiempo de vulcanizado comienza en el momento que la temperatura alcanza el punto de inicio y dura hasta que comienza la temperatura de reversión..	61
<b>Figura 32.</b> Durante el proceso de vulcanización la presión debe mantenerse constante hasta enfriarse a 100° C.....	61
<b>Figura 33.</b> a) unidad estructural repetitiva del caucho natural. b) segmento de una cadena de polímero de caucho natural. ....	64
<b>Figura 34.</b> Modelos de Durómetros, analógicos o digitales. ....	68
<b>Figura 35.</b> Escala de durezas Shore A y D para distintas aplicaciones .....	71
<b>Figura 36.</b> Diseño de la investigación.....	72
<b>Figura 37.</b> Instrumento de recolección de datos. ....	75
<b>Figura 38.</b> Instrumento de Medición Durómetro.....	79
<b>Figura 39.</b> Caja de control de temperatura.....	79
<b>Figura 40.</b> Bomba eléctrica.....	80
<b>Figura 41.</b> Bomba eléctrica.....	81
<b>Figura 42.</b> Barra transversal de equipo vulcanizador (SHAW ALMEX).....	82
<b>Figura 43.</b> Diagrama funcional de equipo vulcanizador.....	82
<b>Figura 44.</b> Diagrama de faja transportadora 5812-CB-110. ....	83
<b>Figura 45.</b> Resultados de datos obtenidos de ensayo de dureza (shore A) con durómetro digital. ....	86
<b>Figura 46.</b> Resultados de datos obtenidos de ensayo de dureza (shore A) con durómetro digital. ....	87
<b>Figura 47.</b> Resultados de datos obtenidos de ensayo de dureza (shore A) con durómetro digital. ....	89
<b>Figura 48.</b> Resultados de datos obtenidos de ensayo de dureza (shore A) con durómetro digital. ....	90
<b>Figura 49.</b> Diagrama de Pareto de los efectos del experimento 1. ....	92
<b>Figura 50.</b> Diagrama de Efectos principales del experimento 1 .....	93
<b>Figura 51.</b> Diagrama de interacciones del experimento 1 .....	94
<b>Figura 52.</b> Análisis de resultados descriptivos de la resistencia a la tracción. ....	95
<b>Figura 53.</b> Diagrama de Pareto de los efectos del experimento 2 .....	98



<b>Figura 54.</b> Diagrama de Efectos principales del experimento 2.....	99
<b>Figura 55.</b> Diagrama de interacciones del experimento 2 .....	99
<b>Figura 56.</b> Análisis de resultados descriptivos de la resistencia a tracción .....	100
<b>Figura 57.</b> Diagrama de Pareto de los efectos del experimento 3 .....	103
<b>Figura 58.</b> Diagrama de Efectos principales del experimento 3.....	103
<b>Figura 59.</b> Diagrama de interacciones del experimento 3 .....	104
<b>Figura 60.</b> Análisis de resultados descriptivos de la resistencia a tracción .....	105
<b>Figura 61.</b> Diagrama de Pareto de los efectos del experimento 4 .....	108
<b>Figura 62.</b> Diagrama de Efectos principales del experimento 4.....	108
<b>Figura 63.</b> Diagrama de interacciones del experimento 4 .....	109
<b>Figura 64.</b> Análisis de resultados descriptivos de la resistencia a Tracción.....	110



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Tejidos empleados en bandas transportadoras .....	30
Tabla 2	Clasificación de bandas transportadoras según el tipo de material.....	31
Tabla 3	Propiedades mecánicas de los recubrimientos de bandas transportadoras. .	31
Tabla 4	Designación de bandas transportadoras .....	32
Tabla 5	Detrás de la calidad del revestimiento pueden aparecer indicaciones de calidad y / o tipo especiales. ....	32
Tabla 6	Designación de bandas transportadoras st .....	34
Tabla 7	Resumen de algunos de los grados más usados de las distintas normas.....	35
Tabla 8	Ventajas y desventajas de tipos de empalmes.....	41
Tabla 9	Tipos de Empalmes Según DIN 22129 y DIN 22131 (No Corresponden Necesariamente al diseño del Empalme). ....	51
Tabla 10	Unión de banda de 1 fase (tipo DIN). ....	52
Tabla 11	Unión de banda de 2 fases (tipo DIN). ....	53
Tabla 12	Unión de banda de 3 fases (tipo DIN). ....	54
Tabla 13	Unión de banda de 4 fases (tipo DIN). ....	55
Tabla 14	Dos tipos de durómetro Shore, las longitudes están en mm. ....	69
Tabla 15	Tabla de relación de durezas (conversión).....	70
Tabla 16	Variable independiente .....	73
Tabla 17	Variable dependiente .....	73
Tabla 18	Variables de sistema de vulcanización. ....	74
Tabla 19	Características de equipo vulcanizador.....	80
Tabla 20	Datos de la faja transportadora de 103.0 m de rollo tipo (Steel Cord) .....	84
Tabla 21	Resultados de datos obtenidos de temperatura y presión de 6 platos. ....	85
Tabla 22	Datos obtenidos en el empalme N°2.....	86
Tabla 23	Resultados de datos obtenidos de temperatura y presión de 6 platos. ....	87
Tabla 24	Datos obtenidos en el empalme N°3.....	88
Tabla 25	Resultados de datos obtenidos de temperatura y presión de 6 platos. ....	88
Tabla 26	Datos obtenidos en el empalme N°4.....	89
Tabla 27	Resultados de datos obtenidos de temperatura y presión de 6 platos. ....	90
Tabla 28	Factores y niveles en el diseño factorial natural. ....	91



Tabla 29	ANOVA del experimento 1, para el proceso de empalme vulcanizado en caliente de faja transportadora ST 4500.....	91
Tabla 30	Verificación de normalidad de la resistencia a la tracción.....	96
Tabla 31	ANOVA del experimento 2, para el proceso de empalme vulcanizado en caliente de faja transportadora ST 4500.....	97
Tabla 32	Verificación de normalidad de la resistencia a la tracción. ....	101
Tabla 33	ANOVA del experimento 3, para el proceso de empalme vulcanizado en caliente de faja transportadora ST 4500.....	102
Tabla 34	Verificación de normalidad de la resistencia a la tracción.....	106
Tabla 35	ANOVA del experimento 4, para el proceso de empalme vulcanizado en caliente de faja transportadora ST 4500.....	107
Tabla 36	Verificación de normalidad de la resistencia a la tracción.....	111



## ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

**ST:** Cable de acero

**ISO:** Sistema de Gestión de Calidad

**TT1-3:** Torre de transferencia de 1 a 3

**TT2-5:** Torre de transferencia de 1 a 3

**DIN:** Instituto Alemán de Normalización

**STZ:** Compuesto Cojín de Caucho

**STB:** Compuesto cover de Caucho

**SLT – RF:** Compuesto Líquido de Cemento

**TMPD:** Toneladas métricas por día

**TMPH:** Toneladas métricas por Hora

**EPDM:** Etileno propileno Dieno

**EP:** Correas transportadora con refuerzo textil.

**PSI:** Pounds-force per square

**Kg/mm<sup>2</sup>:** Kilogramo por milímetro cuadrado

**SHORE A:** Unidad de Medida de Dureza de Caucho

**CR:** Caucho Neopreno

**NR:** Caucho Natural



## RESUMEN

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo principal, Evaluar el proceso de empalme vulcanizado en caliente de la faja transportadora de ST 4500, en la Empresa Minera Shougang Hierro Perú S.A.A. El método que se aplicó fue Tipo Aplicada, Nivel Explicativo, Diseño Experimental puro porque se recolecta toda la información del proceso de empalme vulcanizado en caliente de la faja transportadora ST 4500, luego de esto se utiliza el diseño experimental con el uso de herramienta estadístico. La población de estudio de este trabajo de Tesis está comprendida por la Faja transportadora ST 4500, lo cual está ubicado en el sector paquete 3 de mina 14 – BRANCH CONVEYOR desde torre transferencia TT1-3 a torre de transferencia TT5-3 en la parte este de la mina. Los resultados se analizaron para los supuestos de normalidad, igualdad, varianza, e independencia de residuos. Los datos analizados anteriormente se envían a Minitab para su evaluación y determinación del mejor intervalo de confianza del 95%, encontrando con un valor máximo de 150°C para temperatura de vulcanización, mientras, para la presión de vulcanización, 12 bar y Tiempo de duración de vulcanización 80 minutos. Lográndose incrementar la resistencia a tracción de 60.10 Shore A. equivalente a 95% de mayor resistencia a la tracción debido a la polimerización, por consiguiente, se determinó un total de 15 tratamientos, y cada uno forma el 100 por ciento del empalme vulcanizado en caliente, de los cuales, se elaboraron 4 ejemplares para ensayarlos a tracción, aplicando las normas DIN 22131 y DIN 53505.

**Palabras claves:** Bandas transportadoras, calidad, empalmes, resistencia, vulcanizados.





## ABSTRACT

The main objective of this research work was to evaluate the hot vulcanized splicing process of the ST 4500 conveyor belt, at the Mining Company Shougang Hierro Perú S.A.A. The method that was applied was Applied Type, Explanatory Level, Pure Experimental Design, because all the information on the hot vulcanized splicing process of the ST 4500 conveyor belt was collected, then the experimental design was used with the use of statistical tool. The study population of this thesis work is comprised of the ST 4500 conveyor belt, located in the package 3 sector of mine 14 - BRANCH CONVEYOR from transfer tower TT1-3 to transfer tower TT5-3 in the eastern part of the mine. The results were analyzed for the assumptions of normality, equality, variance and independence of residuals. The previously analyzed data is sent to Minitab software for its evaluation and determination of the best 95% confidence interval, finding a maximum value of 150 °C for vulcanization temperature, while, for vulcanization pressure, 12 bar and Duration of vulcanization time, 80 min. Being able to increase the tensile strength of 60.10 Shore A. equivalent to 95% greater tensile strength due to polymerization. Consequently, a total of 15 treatments were determined, and each one forms 100 percent of the vulcanized splice. in hot, of which, 4 copies were elaborated to test them to tension, applying the norms DIN 22131 and DIN 53505 respectively.

**Keywords:** splices, Conveyor belts, quality, resistance vulcanized.



# CAPITULO I

## INTRODUCCIÓN

A nivel internacional se habla sobre la evaluación del empalme de vulcanizado en el proceso de desarrollo de la investigación inicia desde este proyecto que nos permite evaluar el proceso de empalme vulcanizado en caliente de faja transportadora 5812-CB-110 “ST 4500 de tensión”. Para obtener alta resistencia a la tracción, lo cual serán identificados los parámetros con más significancia en el proceso de empalme vulcanizado, lo cual se tomará como referencia las normas DIN 22131, GB-T97700-2001. *Contitech (1994)*.

Actualmente LA EMPRESA MINERA SHOUGANG HIERRO PERU S.A.A. posee una capacidad de procesamiento de mineral de 100,000 TMPD en planta de beneficio, manteniendo su producción por más de 40 años. El transporte de mineral se realiza por camiones mineros desde tajo de la mina 14 a chancadora primaria semi - móvil y planta concentradora, Pero ahora, un transportador de carga innovador de última generación reemplazará el transporte de minerales por camiones mineros.

La faja transportadora 5812-CB-110 que transportará 3500 TMPH de mineral de hierro, desde torre de transferencia 1-3 a torre de transferencia 5-3.

por la necesidad de la empresa minera Shougang Hierro Perú surge el proyecto “EVALUACION DEL PROCESO DE EMPALME VULCANIZADO EN CALIENTE DE LA FAJA TRANSPORTADORA ST 4500 EN LA EMPRESA MINERA SHOUGANG HIERRO PERÚ S.A.A.

### 1.1 BRANCH CONVEYOR.

Por tal razón conviene implementar un transporte continuo eficiente para el acarreo del mineral entre la faja transportadora 5812-CB-110 de torre de transferencia 1-3 a



torre de transferencia 5-3, la faja transportadora tiene una longitud total de 388 m, en el campo se cuenta con 4 rollos de faja; asimismo se cuenta con 4 juntas. A lo largo de la faja 5812-CB-110 se hallan múltiples curvas en su trayectoria así como un túnel, 1 cruce aéreo, lo que hace más complejo y exigente su tendido y unión de bandas vulcanizadas, por lo tanto, Se estudiará el proceso de calidad de empalme vulcanizado en caliente, como objetivo obtener una alta resistencia a la tracción en el empalme vulcanizado en caliente para el transporte de mineral hierro a largas distancias, las cuales desempeñan un rol muy importante en el ciclo continuo de procesos. Esto se debe a varias razones entre las que destacamos: las grandes distancias Aguilar, (1997)

Los materiales transportables incluyen aquellos que son fáciles de adaptar al entorno, tienen una gran capacidad de carga y pueden mover una variedad de materiales de manera más rápida y económica, elevando los niveles de producción.

Una vez concluida la ejecución del proyecto “EVALUACION DEL PROCESO DE EMPALME VULCANIZADO EN CALIENTE DE LA FAJA TRANSPORTADORA ST 4500 EN LA EMPRESA MINERA SHOUGANG HIERRO PERÚ S.A.A. se requiere registrar y garantizar la eficiencia de las funcionalidades de los 4 empalmes, para ello se evaluará la calidad en proceso de ejecución de empalme vulcanizado en caliente de faja 5812-CB-110. Aguilar, (1997)



**Figura 1.** Esquema de la Zona de Mina

Fuente: elaboración propia.

## 1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

El presente trabajo de investigación busca evaluar el proceso de empalme vulcanizado en caliente de la faja transportadora ST 4500, las cuales desempeñan un rol muy importante en los procesos.

Al aplicar el proceso de empalme vulcanizado bajo la norma DIN 22131 a una temperatura de 150°C, mientras, para la presión de vulcanización, 12 bar y Tiempo de duración de vulcanización o tiempo de calentamiento, 80 minutos en la faja transportadora ST 4500, se presentó problemas de vulcanización, al observar este problema nace la necesidad de plantear el presente tema de investigación y evaluar los parámetros de la temperatura, presión y tiempo de calentamiento del plato calefactor en la Empresa Minera Shougang Hierro Perú.



Ya que se viene realizando el tendido de faja transportadora ST 4500 para el transporte de mineral de Hierro a largas distancias en diferentes áreas, es necesario conocer la temperatura, presión y tiempo para poder mejorar el proceso de empalme vulcanizado en caliente de la transportadora ST 4500.

### **1.2.1 Problema general**

¿Cómo será la evaluación del proceso de empalme vulcanizado en caliente de la faja transportadora ST 4500, en la Empresa Minera Shougang Hierro Perú S.A.A.?

### **1.2.2 Problemas específicos**

- ¿Sera posible evaluar los resultados de ensayo a tracción de empalme vulcanizado en caliente de la faja transportadora de ST 4500?
- ¿Cómo influye el tiempo, temperatura y presión, en calentamiento del plato calefactor, del proceso de empalme vulcanizado en caliente de la faja transportadora de ST 4500?

## **1.3 JUSTIFICACIÓN**

La justificación de este proyecto es mejorar el proceso de empalme vulcanizado de la faja transportadora ST 4500, certificaciones de empalme vulcanizados, donde se reconozcan los procedimientos para las actividades a realizar y ejecutar con cables de acero vulcanizados en caliente de Faja transportadora 5812-CB-110.

Con el recurso humano, equipos y materiales se logrará la calidad de servicio, cumpliendo con los estándares, protocolos, seguridad, especificaciones técnicas y tomando como referencia de trabajo las normas DIN 22131, GB – T9770.

Por eso, supone una alternativa inteligente al transporte convencional utilizado en la industria minera y cada vez hay más empresas mineras en el país que optan por ellas.



Si realiza el proceso de empalme vulcanizado adecuado, la vida útil de las fajas puede alcanzar varios años.

En el aspecto académico también será de gran utilidad ya que hay poca información al respecto.

## **1.4 OBJETIVOS**

### **1.4.1 Objetivo general**

Evaluar el proceso de empalme vulcanizado en caliente de la faja transportadora ST 4500, en la Empresa Minera Shougang Hierro Perú S.A.A.

### **1.4.2 Objetivos específicos**

Evaluar los resultados de los ensayos de tracción, donde se han determinado sus propiedades mecánicas para evaluar dichas respuestas en el empalme vulcanizado en caliente de la faja transportadora de ST 4500.

Determinar cómo influye el tiempo, la temperatura, y la presión en el calentamiento del plato calefactora del proceso de empalme vulcanizado en caliente de la faja transportadora de ST 4500.

## **1.5 HIPÓTESIS**

### **1.5.1 Hipótesis general**

Si es posible la evaluación del proceso de empalme vulcanizado en caliente de la faja transportadora ST 4500, en la Empresa Minera Shougang Hierro Perú S.A.A.



### **1.5.2 Hipótesis específicas**

Si es posible evaluar los resultados de ensayo a tracción en empalme vulcanizado en caliente de la faja transportadora ST 4500

Evaluando el tiempo, la temperatura, y la presión en el calentamiento del plato calefactora mejora la resistencia a la tracción en el proceso de empalme vulcanizado en caliente de faja transportadora ST 4500.



## CAPITULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### 2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Ccori, (2017) “Calidad de Empalme y Vulcanización de la Faja del Transportadora ST 6800”, establece que lo ideal es implementar procedimientos de trabajo, listas de verificación para la ejecución del empalme y certificaciones del empalme en las que se detallan los pasos necesarios para llevar a cabo Se especifica sacar y ejecutar empalmes con cables de hierro y vulcanizarlos en aceite caliente. Bajo la guía de las normas ISO 9001:2008 y DIN: 22101 para el transporte de materiales minerales, con los materiales y servicios organizados y cumpliendo adecuadamente con los estándares, especificaciones técnicas y solicitudes de los clientes.

Huamán, (2014) Band Transporter Technologies, presenta la difusión de los puntos que se deben tener en cuenta para la correcta instalación de las Band Transporter Technologies, su correcto mantenimiento y reparación para poder generar un ahorro económico. y mayor producción. El presente estudio introdujo las bandas transportadoras como una herramienta necesaria para la reducción de costos en el transporte de materiales de diversos rubros. Se examinan los dos métodos de reparación de vendajes transportables: vulcanización y empalmes mecánicos. Cada banda de transporte necesita seguridad integrada, tanto para la operación normal como para el mantenimiento potencial. La altura, el peso y el tamaño de los componentes a transportar en bandas transportadoras son factores esenciales para realizar y desarrollar un buen diseño de bandas transportadoras, así como la selección del material adecuado.





Acuña, (2016). La presente tesis responde a la necesidad de la empresa Milpo Andina Perú de aumentar la producción anual debido al aumento de la demanda de concentrados de zinc, plomo y carbón fuera del país. Para ello, se ha considerado práctico aumentar la capacidad de carga en las fajas transportadoras del circuito conocido como "AMPLIACION HACIA 7500T". Se elige una faja transportadora teniendo en cuenta variables como el diámetro del transportador, el ancho de banda, la resistencia y la potencia. Con este proceso se eliminó la contaminación por exposición del mineral al medio ambiente, lo que mejoró el flujo de minerales y agilizó el transporte de los mismos.

Hurtado (2010), se debe implementar un programa de mantenimiento preventivo y correctivo para garantizar la confiabilidad y seguridad de la operación de las bandas de transporte, así como la maximización de su vida útil. Adicionalmente, se está considerando elegir una oferta de mejoras, materiales y herramientas de mantenimiento que tenga el mayor uso y rotación para que estas sumas estén disponibles en tiempo y forma cuando se realicen las tareas de mantenimiento.

Torres, (2018) El procedimiento que se está implementando tiene como principal objetivo aumentar la vida útil de las fajas transportadoras y lograr una mayor disponibilidad. El presente informe se titula "Elaboración de procedimiento y prototipo de vulcanizado en calor empalme para el cambio de 310 metros de faja de hierro para el centro minero Shougang Hierro Peru S.A.A. 2016". El proyecto de traspaso de faja de planta para la empresa Shougang Hierro Peru S.A.A. se culminó exitosamente con el correcto desarrollo del vulcanizado en faja de transporte de calor. De acuerdo a los estándares de calidad y seguridad del proyecto, se desarrolló un procedimiento para el empalme vulcanizado en caliente de la faja transportadora. Para el desarrollo de la correa con alma de hierro se utilizaron fundamentos técnicos y experimentales.

## 2.2 MARCO TEÓRICO

### 2.2.1 Faja transportadora

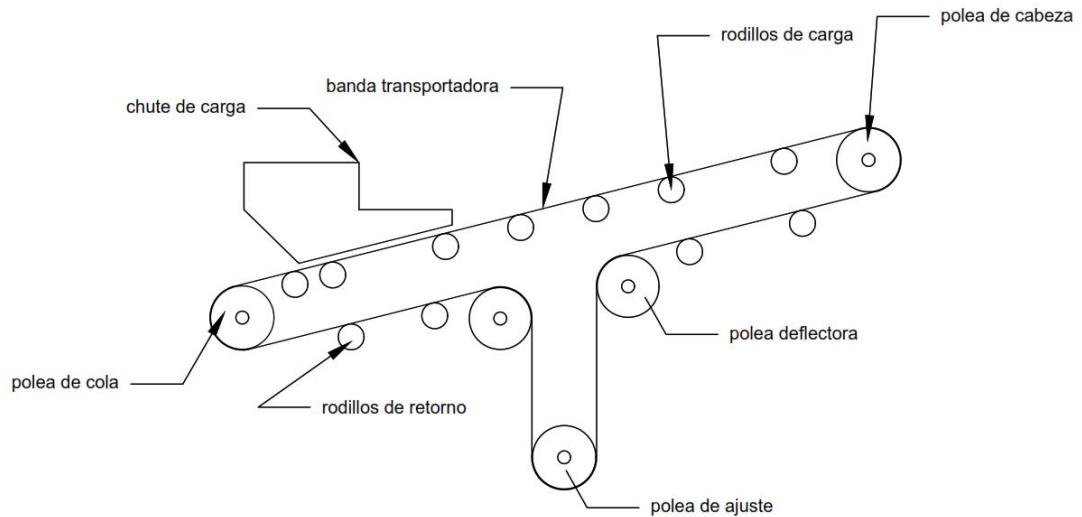
Una faja transportadora es un sistema de transporte continuo hecho principalmente de una cinta transportadora reforzada que viaja entre dos postes.

La correa es jalada por una o más poleas (motrices), que a su vez son impulsadas por uno o más motores. La "polea de cola" es una de las otras poleas que a menudo gira libremente y sirve como camino de regreso del transportador de correa. Rodillos entre los postes móviles y estacionarios sostienen la correa. En las industrias agrícola, minera y muchas otras, los materiales granulares se transportan normalmente mediante fajas transportadoras. (Abimael, 2017)

Las siguientes son las ventajas que tienen las fajas transportadoras en comparación con otros sistemas de transporte de materiales (como los camiones):

- Permiten el acarreo de material a larga distancia a costos de transporte por tonelada significativamente mínimos.
- Pueden adaptarse a cualquier tipo de terreno y tienen un gran tonelaje de transporte (hay cintas capaces de transportar hasta 20.000 tph).
- Permiten el transporte de una amplia gama de minerales de hierro.
- permitir la carga y descarga en cualquier punto de la ruta, permitir el movimiento y no afectar las mercancías transportadas.

En la figura 2, se visualiza un esquema con distintos elementos que componen la faja transportadora.



**Figura 2.** Esquema de los elementos que componen una faja transportadora.

Fuente: elaboración propia

### 2.2.2 Clasificación de fajas transportadoras

En la actualidad existen una gran variedad de fajas transportadoras. A continuación, se indican las principales.

### 2.2.3 Fajas transportadoras con carcasa textil

Las fajas transportadoras con refuerzo textil (también conocidas como correas EP) se utilizan principalmente para mover gránulos minerales en distancias cortas o medianas (hasta 500 metros), como cuando se mueven entre etapas de una planta de procesamiento (correas in-plant) o alimentadores de correa. (alimentadores de banda). *Abimael (2017)*

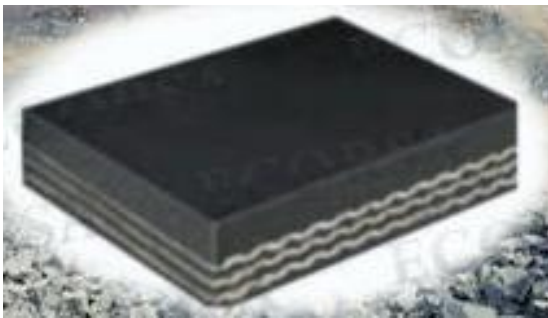


**Figura 3.** Faja transportadora con carcasa textil.

Fuente: <http://standard-a.com/>

#### 2.2.4 Fajas transportadoras de poliéster (EP)

Por su alta resistencia a la abrasión, excelentes condiciones para soportar temperaturas mínimas y excelentes condiciones contra el envejecimiento, las bandas transportadoras de Poliéster son perfectas para el transporte de materiales pesados. Las bandas de transporte de Poliéster tienen como características resistencia a la humedad, mayor adherencia entre lonas, resistencia al deterioro y bajo costo de mantenimiento.



**Figura 4.** Faja transportadora de poliéster.

Fuente: <http://standard-a.com/>

#### 2.2.5 Fajas transportadoras de alta temperatura (EPDM)

*Para Abimael (2017)* La banda de transporte de alta temperatura tiene cubiertas de EPDM o caucho cloro-butilo, ambos con excelente resistencia a las altas temperaturas.

Después de mezclar caucho con materiales resistentes a altas temperaturas, montaje y vulcanización, se elabora cuidadosamente.

Después de recibir un tratamiento único de revisión y modelado, la carcasa del producto tiene mucha adherencia.

En condiciones de trabajo típicas, o por debajo de los 180 °C, la banda tiene una elongación corta, tiene una excelente resistencia a la abrasión y es capaz de soportar temperaturas de 250 °C durante un breve período de tiempo.

La banda es adecuada para usar con cemento, la industria metalmecánica y el hierro.

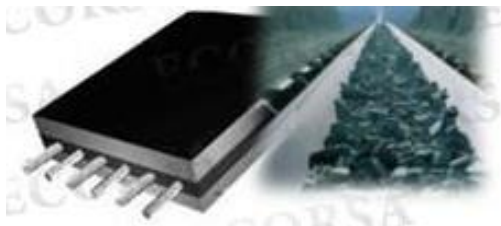
### 2.2.6 Fajas transportadoras antillamas

Según *Aldo (2018)* Esta banda exhibe resistencia a la estética y campanas, como su nombre lo sugiere. específicamente empleados en minería subterránea.

Estas bandas se utilizan normalmente cuando los productos que se transportan presentan características que pueden deteriorar a los cauchos estándar.

### 2.2.7 Fajas transportadoras con alma de acero

Son bandas hechas de una sola pieza de hierro que se doblan en el medio para actuar como tensores. Además de las bandas tejidas, este tipo de banda se utiliza cuando la operación de transporte requiere tensión. *Aldo (2018)*



**Figura 5.** Faja transportadora con alma de acero.

Fuente: <http://standard-a.com/>

### 2.2.8 Tipos de fajas transportadoras

Existen numerosas variedades de bandas transportadoras en el mercado, cada una adaptada al tipo de material a transportar y las condiciones de trabajo de la película. Para el propósito que cumple, la banda de transporte de una cinta debe ser capaz de soportar una variedad de demandas, que incluyen: Las fuerzas longitudinales resultantes del movimiento tangencial del motor y la fuerza de tensión en la cinta; El peso del material transportado, así como los efectos del impacto del material sobre la cinta en el punto de

carga, que generará ruido; Las fuerzas longitudinales resultantes de la fuerza de tensión en. Para poder soportar con seguridad todas estas acciones, la banda de un transportador de transporte típicamente consta de dos partes principales: (1) un tejido interior elástico que transmite las fuerzas causadas por el peso de la carga y el movimiento del motor, y (2) una serie de protecciones exteriores que protegen la banda de abrasiones e impactos.

*Aldo (2018)*

El componente interno de la banda encargado de transmitir y soportar los esfuerzos se denomina tejido. consta de un entramado de huecos longitudinales o en forma de urdimbre y un entramado o huecos en sentido transversal, que juntos forman el tejido interior de la banda. Como la urdimbre es el encargado de soportar los esfuerzos de trazado longitudinal que son los más significativos, serán más fuertes que los esfuerzos de trazado transversal de la trama, que son secundarios y de menor importancia que los esfuerzos de trazado longitudinal. Además, para que la banda pueda adaptarse bien a la forma artística en la que están disponibles los rodillos, la rigidez transversal de la trama no debe ser muy excesiva. *Aldo (2018)*

Los principales tipos de telas que se utilizan para hacer bandas se enumeran en la siguiente tabla.

**Tabla 1.** Tejidos empleados en bandas transportadoras

Tipo de Tejido	Designación
Algodón	B
Rayón	Z
Poliéster	E
poliamida	P
Cables de acero	St

Fuente: (ref. fundamento de Diseño de las Correas Transportadoras Phoenix)

**Tabla 2.** Clasificación de bandas transportadoras según el tipo de material.

	Algodón
Según el tipo de tejido	
	Con cables de acero
Según la disposición del tejido	De varias telas o capas
	De un tejido sólido
Según el aspecto de la superficie portante	Lisas
de la carga	Rugosas

Fuente: (ref. fundamento de Diseño de las Correas Transportadoras Phoenix)

Por otro lado, los revestimientos forman la parte exterior de la banda, tanto por encima como por debajo de ella, blindando el tejido interior. Su espesor dependerá del proceso de fabricación de la banda y del tipo de aplicación.

En general, para la eliminación de bandas se utilizan materiales del tipo elastomérico (caucho natural) o plástico (PVC), mientras que recientemente han comenzado a aparecer nuevos materiales compuestos. Pero la goma es el componente fundamental del reciclaje en cintas transportables.

Los requisitos mínimos de resistencia a la tracción, estiramiento longitudinal de rotura y abrasión de los distintos materiales que se pueden utilizar para fabricar las bandas de transporte se establecen en las normas DIN 22102 y 22131, estableciendo las categorías W, X, Y y Z como se muestra en la siguiente tabla 3.

**Tabla 3.** Propiedades mecánicas de los recubrimientos de bandas transportadoras.

Tipos de recubrimientos	W	X	Y	Z
Resistencia a la tracción longitudinal (N/mm <sup>2</sup> )	18	25	20	15
Alargamiento de rotura longitudinal (%)	400	450	400	350
Abrasión (mm <sup>3</sup> )	90	120	150	250

Fuente: (ref. fundamento de Diseño de las Correas Transportadoras Phoenix)



W = Resistencia a la abrasión

X = Gran resistencia a la abrasión

Y = Menor resistencia a la abrasión. De uso preferente en transporte de yeso.

Z = Baja resistencia al corte y abrasión.

K = Retardador a la llama y al calor.

**Tabla 4.** Designación de bandas transportadoras

Designación	Características de la banda
E	Propiedades antiestáticas
K	Propiedades antiestáticas y resistente a la llama
S	Resistente a la llama con o sin propiedades antiestáticas
T	Resistentes al calor
R	Resistentes al frío
G	Resistente a la presencia de aceites y grasas.
A	Apta para el transporte de alimentos
C	Destinada al transporte de productos químicos

Fuente: (ref. fundamento de Diseño de las Correas Transportadoras Phoenix)

Una descripción típica de una banda transportadora lisa:

**75,0 m                    1000 EP            400 /    3            4 + 2 mm**

**Tabla 5.** Detrás de la calidad del revestimiento pueden aparecer indicaciones de calidad y o tipo especiales.

75,0 m	Longitud (abierta)
1000	Ancho
EP	Tipo de tejido
400	Fuerza de tracción de la banda(N/mm)
3	Numero de telas
4	Espesor superior
2 mm	Espesor inferior
Y	Calidad revestimiento

Fuente: femos.com.ar



### 2.2.8.1 Fajas transportadoras con cables de acero

Según (Castañón, 2020) Las bandas de caucho metalnucleado (ST) han sido fabricadas de acuerdo con la norma DIN 22131, y son importantes por sus aplicaciones anticorrosivas, autoextinguibles y de alta resistencia en minería, siderología, fabricación de cemento, canteras, construcción portuaria, y construcción de torres. Estas aplicaciones permiten soportar las más altas tensiones de servicio con la menor cantidad de estiramiento.

Su núcleo está formado por cables de acero de alta flexibilidad y baja elasticidad, elevada tensión a la rotura y especialmente adaptado en la construcción de bandas para transportadores de grandes distancias entre ejes (estiramiento inferior al 0,3%).



**Figura 6.** Partes de una banda con cable de acero.

Fuente: [www.mhsperu.com](http://www.mhsperu.com)

1. Revestimiento superior
2. Núcleo o cables de acero
3. Refuerzo transversal
4. Revestimiento inferior

Una descripción típica para fajas con armazón de cable de acero es:

2000 m DIN 22131 nnn 1200 St 1600 7T/5 X

donde:



**Tabla 6.** Designación de bandas transportadoras st.

---

2000 m	Longitud de la Faja
DIN 22131	Especificación aplicable
nnn	Siglas/Acrónimo del fabricante
1200	Ancho de la Faja en mm
St	Tipo de Cuerpo del Tejido
1600	Tasa mínima del Esfuerzo de Rotura en kN/m
7	Espesor de la cobertura superior en mm
T	Reforzamiento Adicional, si aplica
5	Espesor de la cobertura inferior en mm
X	Grado de la Cobertura de Jebe (Cover Rubber Grade)

---

Fuente: (ref. fundamento de Diseño de las Correas Transportadoras Phoenix)

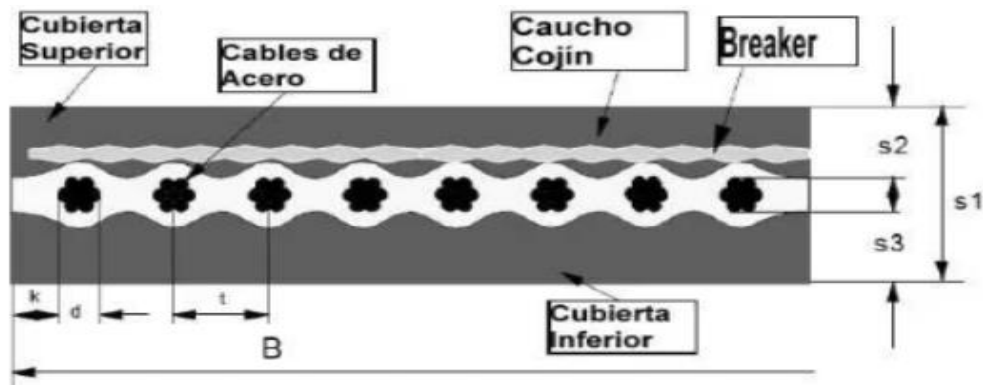
**Tabla 7.** Resumen de algunos de los grados más usados de las distintas normas.

Grado	Normas	Resistencia abrasión mm <sup>3</sup>	Aplicación
<b>Bandas con parámetros mecánicos definidos</b>			
W	DIN 22102	90	Recubrimiento antiabrasivo y buenas propiedades mecánicas.
X	DIN 22102	120	Recubrimientos antiabrasivo y a prueba de cortes para el transporte de materiales cortantes o de granulometría elevada, máximos requisitos.
Y	DIN 22102	150	Recubrimiento con buenas propiedades mecánicas para aplicaciones estándar.
Z	DIN 22102	250	Recubrimiento para aplicaciones secundarias.
<b>Explotaciones mineras subterráneas</b>			
k	ISO 15236	200	Antillama y antiestático para uso subterráneo y a cielo abierto.
S	1332	250	Antillama y antiestático para uso subterráneo y a cielo abierto.
V	DIN 22102	200	Auto extintor y antiestático con máximos requisitos de seguridad en explotaciones mineras subterráneas.
<b>Resistente a aceites y grasas</b>			
A	AS 1332		Apto para uso con alimentos (aceite, grasa y temperatura)
<b>Resistente al calor y al frío</b>			
R			Para uso a bajas temperaturas (0°C hasta -60°C)
T			Resistente al calor, transporte de material caliente.
<b>Resistente a los ácidos</b>			
C			Resistente a ácidos.

Otros grados son E (antiestático) E, F, M y N (AS 1332 corresponde a estándares austrianos)

Fuente: (ref. fundamento de Diseño de las Correas Transportadoras Phoenix)

### 2.2.9 Características técnicas de las correas de cables de acero



**Figura 7.** Características técnicas de las correas de cables de acero

Fuente: Manual técnicas de ejecución de empalmes TTM Chile

$S_1$  = Espesor total de la correa en mm

$S_2$  = Espesor de la cubierta superior en mm

$S_3$  = Espesor de la cubierta inferior en mm

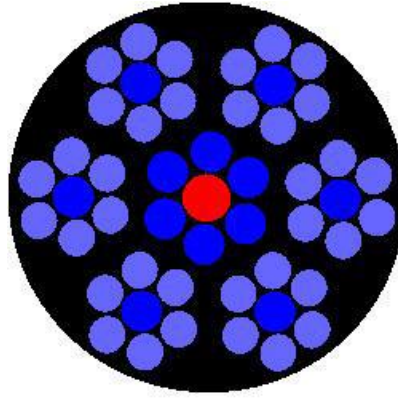
$d$  = Diámetros de los cables en mm

$t$  = Paso de los cables en mm

$k$  = Borde lateral de la goma en mm

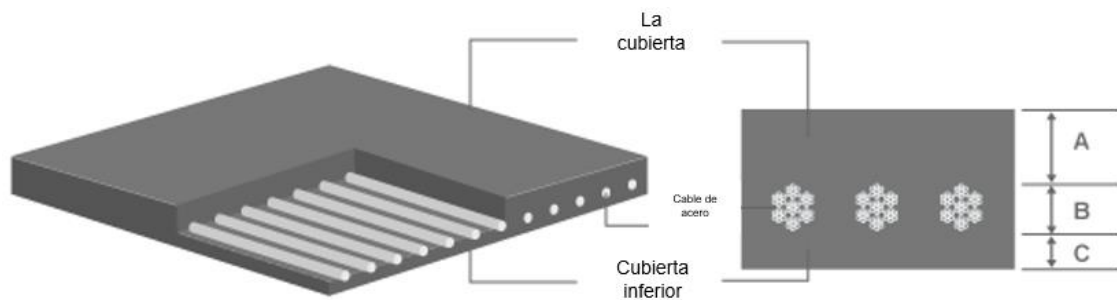
### 2.2.10 Especificaciones de cuerdas

- Fabricadas con cuerdas individuales, con tensiones planas y paralelas con tolerancias muy bajas en espacio y fallas verticales.
- Galvanizados en baño caliente es el nombre por el proceso para aplicar una capa de zinc a la superficie de los cables. El zinc provee protección a la corrosión y mejora la adhesión.
- El tejido abierto es el más usado en la construcción dejando espacio suficiente entre cables para dejar que el caucho penetre y encapsule cada cable.



**Figura 8.** 7 x 7 cable Con núcleo de goma en el interior

Fuente: <http://standard-a.com/>



**Figura 9.** Estructura de una banda con cable de acero.

Fuente: <http://www.powergripsa.com.ar/>

A: Espesor de la cubierta superior (mm)

B: Diámetro del cable de acero (mm)

C: Espesor de la cubierta inferior (mm)

### 2.2.11 Especificaciones de faja transportadora de cable de acero

Las fajas transportadoras pueden especificarse bajo las siguientes normas:

- Norma DIN (alemana).
- Norma GB – T(china).

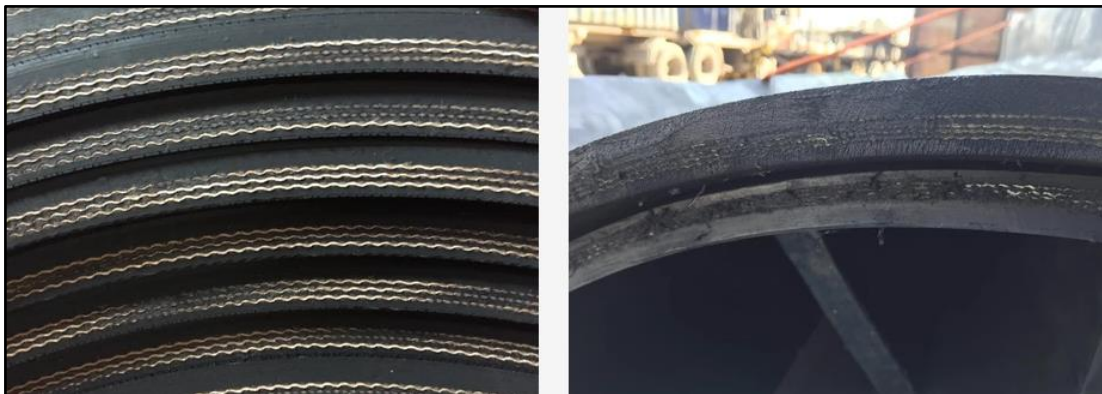
### 2.2.12 Factor de seguridad más recomendables

- Factor de seguridad a la ruptura según CEMA = 10 (Gral. Para todo tipo de materiales)
- Para correas de poliéster Nylon en operación = 12
- Para correas con cable de acero en operación = 6,7 (Norma antigua de DIN) pudiendo ser menor hasta 5,5 bajo ciertas condiciones restrictivas (Nueva Norma DIN)
- Para correas con cable de acero en aceleración = 4,5

### 2.2.13 Resistencia a la tracción.

Para (Castañón, 2020) Para hablar de resistencia a la tracción debemos primero hablar de la carcasa, que es la encargada de resistir esa tensión.

Como dijimos anteriormente, la carcasa es la estructura que debe soportar las tensiones a las que se encuentra sometida una cinta al momento de trabajar. Técnicamente, debe tolerar todas las resistencias en estado de reposo y en movimiento del sistema.



**Figura 10.** Diferencia de grosores en los tejidos.

Fuente: [//www.powergripsa.com.ar/](http://www.powergripsa.com.ar/)



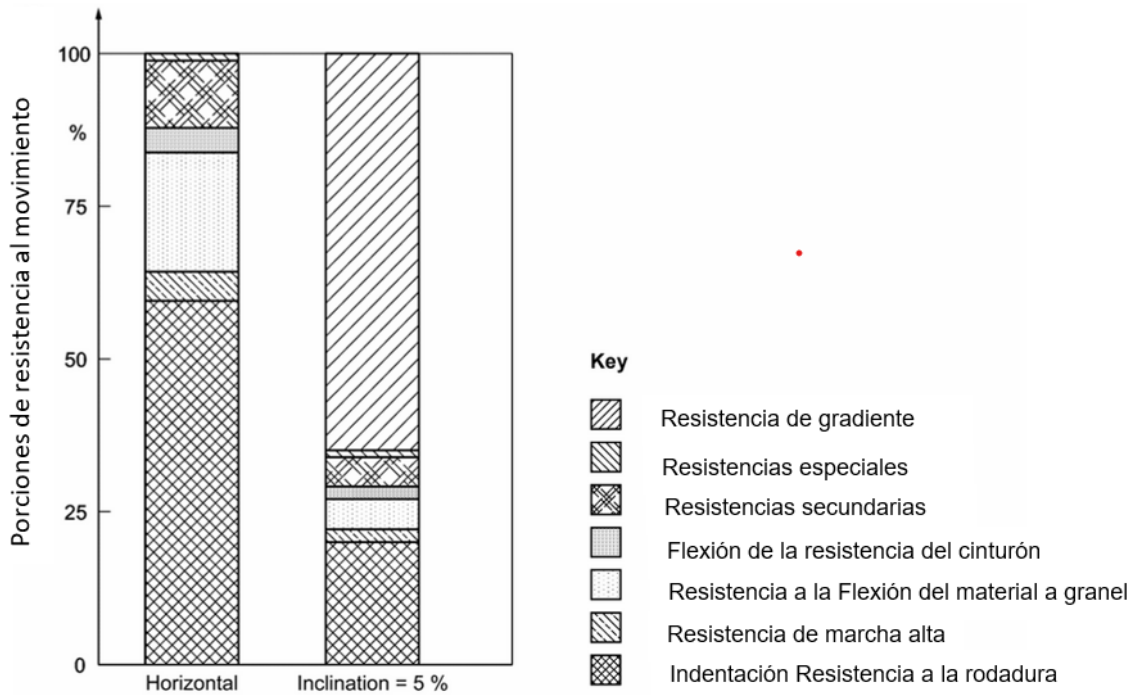
Las mismas pueden estar confeccionados con Algodón, Poliéster, Poliamida o Cables de acero. En el caso de las bandas textiles, que son las más convencionales, la urdimbre es de Poliéster y la trama de Nylon.

La urdimbre es la parte del tejido que soporta las tensiones longitudinales a las que se someterá la banda en funcionamiento. El poliéster, brinda elevada resistencia a la tracción. Es por ello que las urdimbres suelen ser de poliéster.

Las tramas, o los tejidos que soportan a lo ancho la cinta transportadora son de nylon. Ya que deben flexibilidad en el sentido transversal para que la banda pueda copiar el grado de artesa de las estaciones de tríos en la zona de carga.

Según las normas DIN, las resistencias que inciden en la tensión de una cinta transportadora son las siguientes:

- Primarias (las propias para sostenerse a sí misma)
- Secundarias (material transportado en estado estacionario)
- Especiales (curvaturas, transferencias, fricción con limpiadores y chutes, etc)
- De flexión, ángulo de artesa
- De flexión con el material
- De rotación de los rodillos
- Resistencia a la rodadura
- Resistencia a la flexión por vibración
- Pendientes



**Figura 11.** Resistencias a las tensiones en cintas transportadoras según normas DIN.

Fuente: [www.miningsciencie.pwr.edu.pl](http://www.miningsciencie.pwr.edu.pl)

En las bandas que transportan el material de manera horizontal las resistencias que más influyen son el ángulo de artesa, la resistencia a la flexión y las resistencias secundarias.

En el caso de la faja que transportan el material de manera inclinadas las resistencias que más influyen son la resistencia a las pendientes y las tensiones de artesa.

#### 2.2.14 Empalme

Según (Castañón, 2020) Un empalme es una articulación en el cinturón, donde los cordones de los extremos de dos tramos de la banda están unidos entre sí a través de las capas intermedias de goma para transmitir la carga de tracción. La junta debe ser cónico y los extremos de los cables serán escalonados para eliminar la carga de la articulación cuando la cinta se dobla sobre las poleas.



Para unir dos extremos del cinturón, se retira el caucho de los cables de acero, dejando una pequeña cantidad de caucho residual. Los cordones están entrelazados paralelos entre sí en un plano. Están rodeados de caucho crudo, que actúa como una sección de goma separadora entre los cordones y los cauchos de la cubierta por encima y por debajo de las cuerdas. El empalme preparado de esta manera se vulcaniza a continuación en una prensa calentada (Contitech, Conveyor Belt Group, 2002, p.1).

El empalme se realiza usualmente en terreno y puede ser de dos tipos mecánico y vulcanizado en caliente.

**Tabla 8.** Ventajas y desventajas de tipos de empalmes.

	<b>Vulcanizado</b>	<b>Mecánico</b>
Tensión que soporta	Mayor	Menor
Vida Útil	Mayor	Menor
Superficie	Suave y continuo	Rugoso
Elongación	Mayor	Menor
Tiempo de reparación	Mayor	Menor
Deterioro de la correa en la zona de empalme	Bajo	Alto
Corrosión	Baja	Alta
Costo	Alto en etapa inicial	Bajo

Fuente: Contitech, Conveyor Belt Group, 2002, p.1

#### **2.2.14.1 Tipos de empalme**

Los tipos de empalme utilizados en las bandas transportadoras son:

A. Empalme mecánico:

- Rígidos: placa y perno
- Flexibles: placa y remache

B. Empalme vulcanizado:

Los tipos de empalme vulcanizado en las bandas transportadoras con cable de acero son:



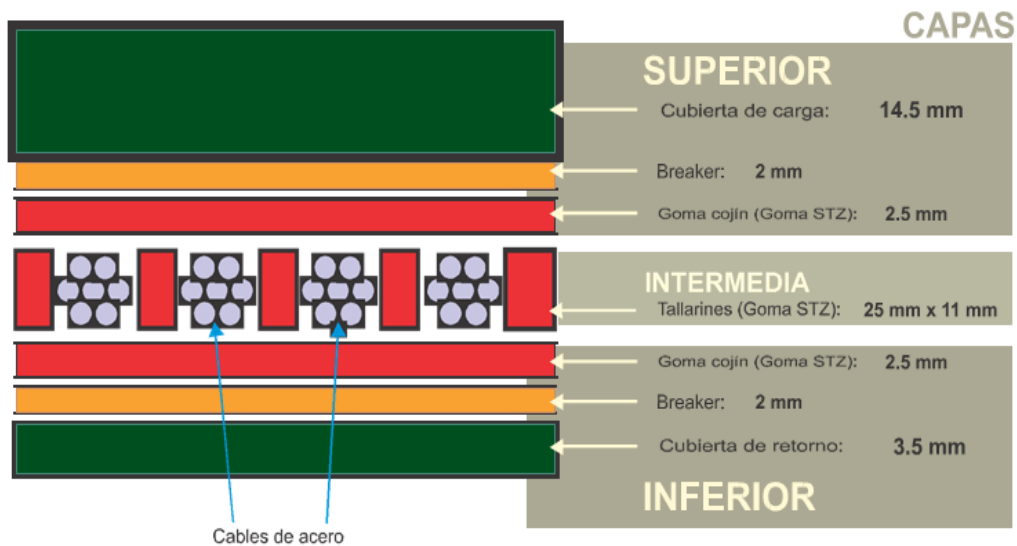
**Vulcanizado en frío (pegado):** Este empalme se elabora en frío mediante el uso de cementos especiales que vulcanizan químicamente a temperatura ambiente, esta forma de empalmar está limitada respecto a la temperatura a la que estará sujeta la banda durante su operación, su construcción es similar a la del vulcanizado en caliente la diferencia está en la aplicación de materiales (Contitech Conveyor Belt Group, 2002, p.2).

**Vulcanización en caliente:** La vulcanización en caliente crea un empalme mediante el uso de calor y productos químicos. Este modo de empalme es más complicado y requiere herramientas especiales, experiencia y un ambiente limpio, con temperatura y humedad controladas. Sin embargo, si se hace correctamente, este tipo de empalme es más suave y, por lo general, más duradero que un empalme mecánico. La vulcanización en caliente crea empalmes mediante el uso de calor y presión mediante el uso de una prensa de vulcanización (Acorsa Perú, 2019, p.1).

#### **2.2.14.2 Kits de empalme**

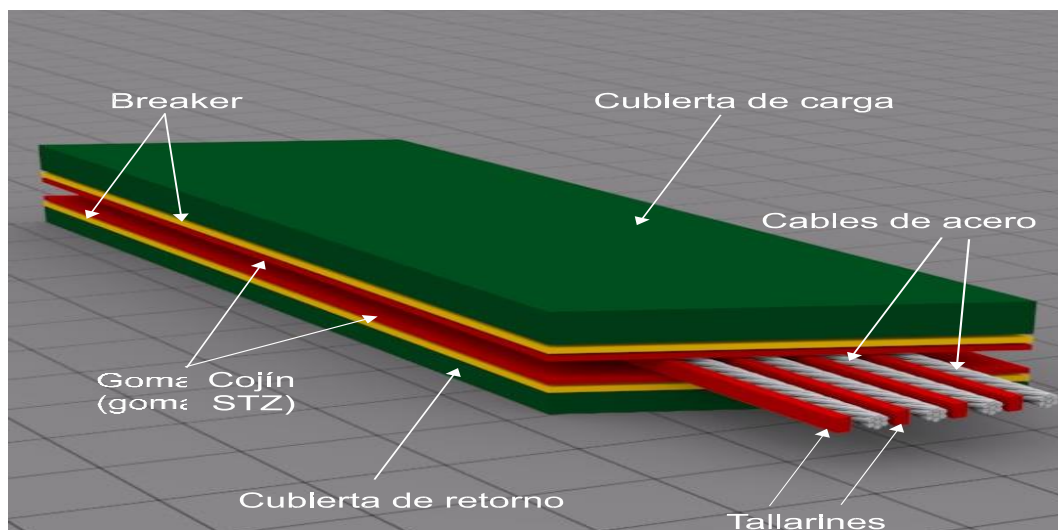
Para (Miravete, 2021) Para realizar reparaciones, empalmes, o injertos, los Kits para Fajas Empalme son imprescindibles.

Están fabricados con materiales y piezas de primera calidad (como gomas rugosas, adhesivos, desgrasantes, etc.) para asegurar los mejores resultados posibles en el campo: kits para vulcanizar en frío y kits para vulcanizar en caliente, ambos con cables de acero de cualquier forma y tamaño.



**Figura 12.** kits de empalme para vulcanizado se muestra en corte las capas.

Fuente: <https://www.tecnomina.pe/kits.html>



**Figura 13.** kits de empalme para vulcanizado

Fuente: <https://www.tecnomina.pe/kits.html>

Algunas recomendaciones de seguridad:

- Certificación del fabricante en la que conste la fecha mínima de fabricación del kit.
- Control de temperatura al trasladar la fábrica a la mina.
- Almacenaje en ambiente a temperatura controlada hasta su uso.
- No almacenarse cerca de transformadores o instalaciones eléctricas o bajo la luz directa del sol.



- Antes de la importación, confirmar la descripción y especificidades del cemento de vulcanización debido a que el tolueno, un componente común de los cementos, es una sustancia que se encuentra controlada en el Perú y requiere controles administrativos ante las autoridades antidrogas (2015, Tecnología de bandas transportadoras, p.9).

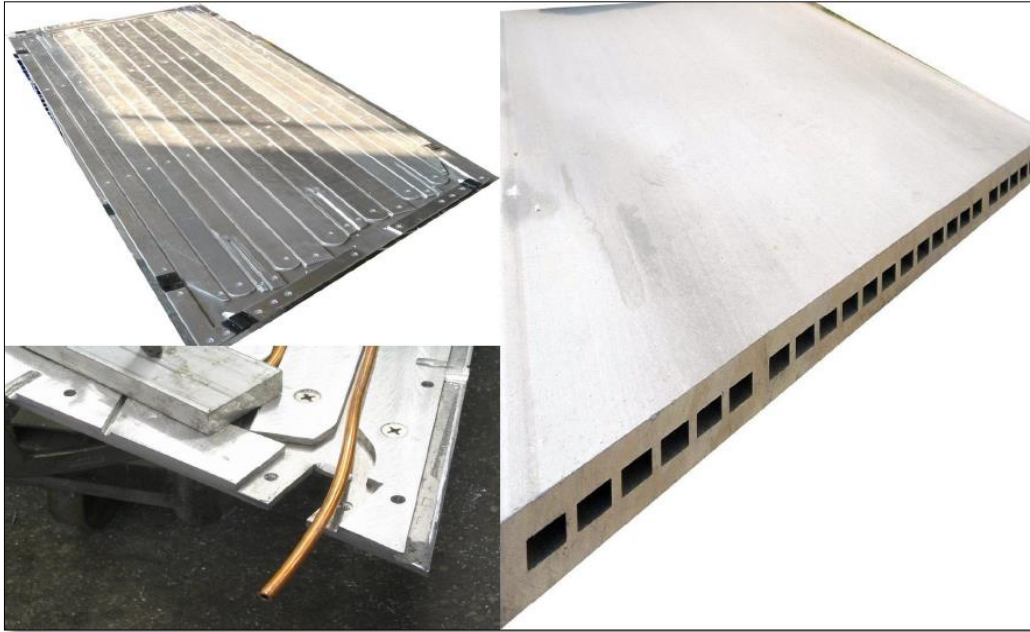
## **2.2.15 Tres factores principales en el proceso de empalmes**

### **2.2.15.1 Temperatura**

- Demasiada alta, sobrecurado del caucho, quebradizo y duro.
- Demasiado baja, bajo curado del caucho, blando y plastificado.
- En ambos casos pobre propiedades mecánicas:
  - Baja fuerza tensil
  - Bajos Valores de Adhesión (en textil y acero)
  - Baja resistencia a la abrasión

#### **A. Elemento calefactor flexible**

- La temperatura uniforme es igual de importante que la presión.
- Un buen aislamiento térmico elimina la pérdida de calor por los costados.
- Cojín térmico especial recubierto de goma:
  - Alta flexibilidad
  - Alta durabilidad
- Alta eficiencia de energía al tener contacto con toda la superficie.
- Temperatura muy uniforme ( $\pm 3^{\circ}\text{C}$  en toda la superficie)



**Figura 14.** Elemento calefactor flexible

Fuente: Almex institute

### 2.2.15.2 Tiempo

- Demasiada largo, sobrecurado del caucho, quebradizo y duro.
- Demasiado corto, bajo curado del caucho, blando y plastificado.
- En ambos casos pobres propiedades mecánicas:
- Baja fuerza tensil
- Bajos Valores de Adhesión (en textil y acero)
- Baja resistencia a la abrasión
- Baja resistencia a la tracción del empalme

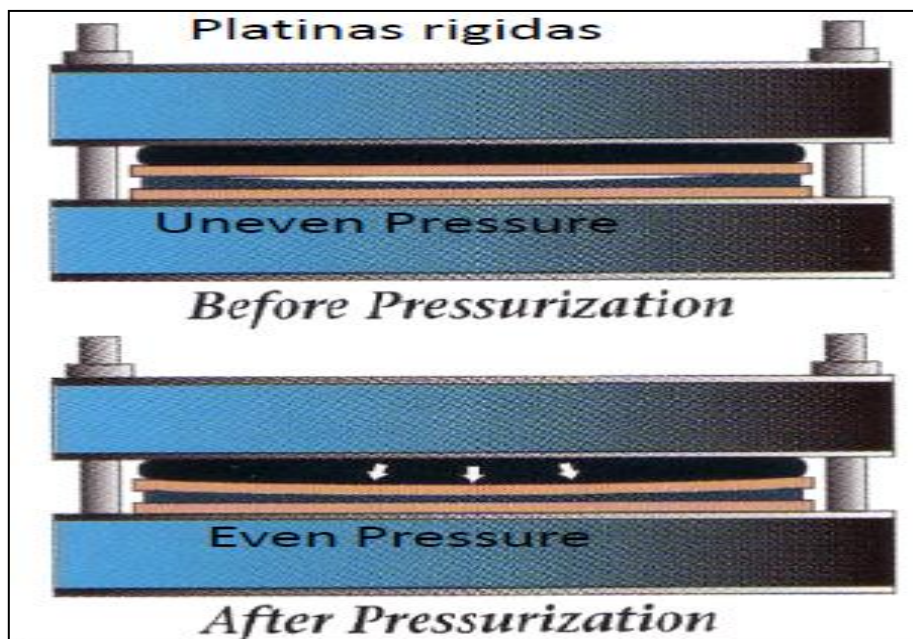
### 2.2.15.3 Presión

- Sin presión el caucho se vuelve poroso y sin resistencia a la tracción.
- La presión necesaria depende del espesor y tipo de correa (desde 60 hasta 200 lbs).
- La presión debe ser uniforme de otro modo la porosidad aparecerá en los puntos de baja presión, inconcluso con presión alta.

### A. Platinas flexibles

El espesor de la correa nunca es el mismo en toda la superficie:

- En correas multiplica usadas la parte central es más delgada.
- En empalmes de correa de cable de acero este es de mayor espesor.
- Una presión desigual tiene como resultado:
  - Separación de capas y ampollas a causa de la humedad atrapada.
  - Porosidad y pobre adhesión.



**Figura 15.** Platinas flexibles

Fuente: Almex institute

### B. Bolsa de presión en toda la superficie

- La bolsa de presión inflable es de un tipo especial de caucho reforzado.
- Cubre totalmente el área del plato.
- Con presión de aire 0-100 PSI.
- Con presión con mezcla de agua/glyciol 100 – 200 PSI.

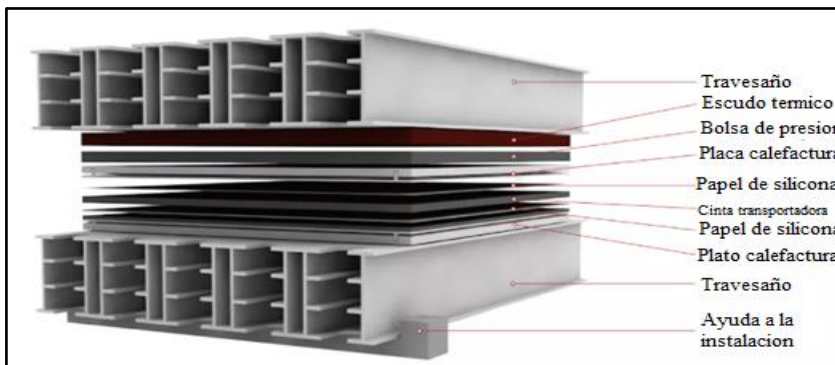
- Debido a que la bolsa cubre toda la superficie se puede garantizar la presión uniforme en la correa.
- Medida exacta sobre toda la superficie.
- Compare la presión mecánica a la hidráulica.

### C. TIPOS DE BARRAS SECCIONALES



**Figura 16.** Tipos de barras seccionales.

Fuente: Almex institute



**Figura 17.** Partes de la barra vulcanizadora

Fuente: Almex institute



## **2.2.16 Construcción y dimensiones de empalmes de correas transportadoras con cables de acero.**

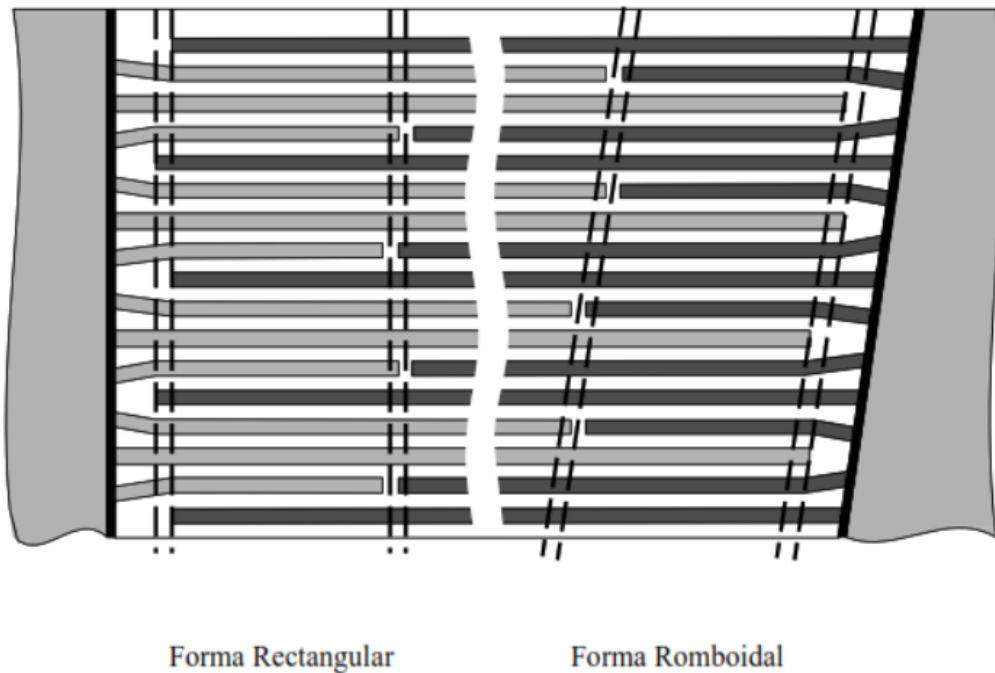
### **2.2.16.1 Métodos para realizar un empalme.**

(Dunlop, 2019) Cuando la distancia entre los cables en la banda no permita el entrelazado con el espesor mínimo, los cables opuestos deben cortarse y unirse en un patrón prescrito para permitir el grosor necesario de caucho. Cuando estos cables se cortan y se unen alrededor del centro de la longitud del empalme, se denomina empalme de dos pasos. Cuando los límites están en un tercio y dos tercios de la longitud del empalme, se denomina empalme de tres pasos. (p. 7)

La mayoría de las empresas mineras, realizan la forma rectangular, ya que es más fácil de completar. Tanto las formas rectangulares como las romboidales tienen capacidades de carga comparables.

La forma rectangular es usada con más frecuencia porque es más sencilla de ejecutar.

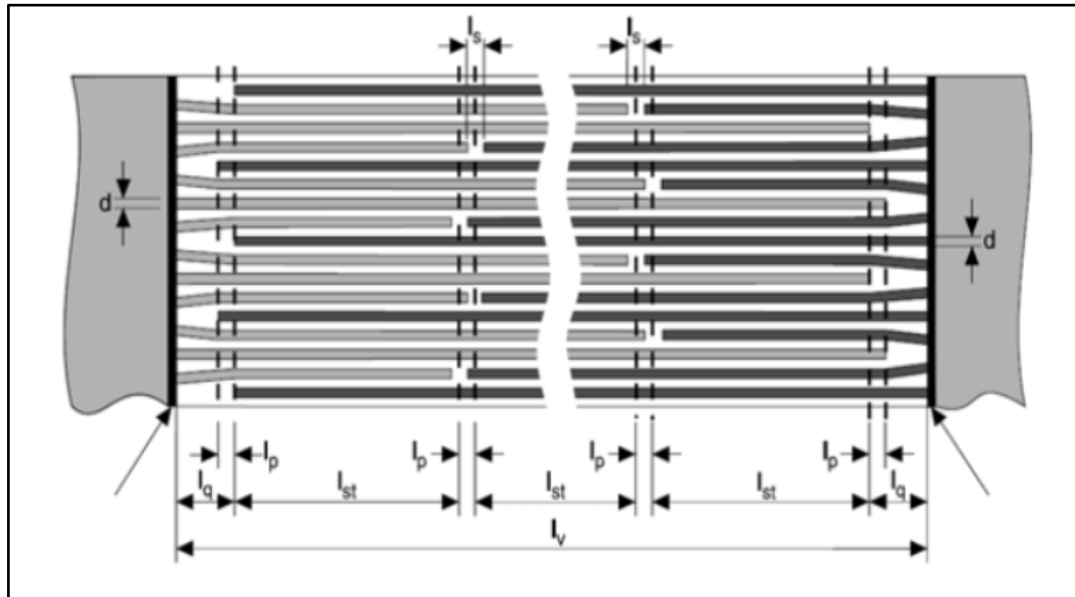




**Figura 18.** Tipos de empalme de forma romboidal/rectangular.

Fuente: Manual técnicas de ejecución de Empalmes TTM Chile

### 2.2.16.2 Construcción de empalme de tres pasos.



**Figura 19.** Empalme en construcción de 3 pasos y sus dimensiones.

Fuente: Manual REMA TIP TOP Empalmes de Cable de Acero

$l_v$  = Longitud del empalme.

$l_q$  = Áreas deflectante de los cables.

$l_p$  = Escalonado de los extremos de los cables.

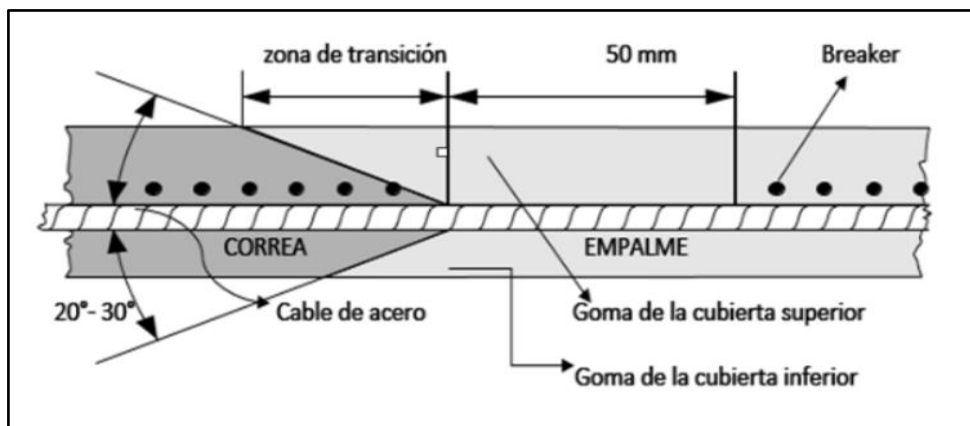
$l_{st}$  = Longitud mínima del paso.

$l_s$  = Distancia entre los cables empalmados ( $3$  a  $4 \times d$ ).

$d$  = Diámetro del cable de acero.

Si una correa con cables de hierro está equipada con un interruptor, el interruptor debe instalarse en el área del empalme que corresponde a la construcción de la correa.

Debe haber una separación de alrededor de 50 mm entre las zonas de transición, donde se dividen los cubos superiores, y el rompedor.



**Figura 20.** Correa de lado perfil ángulo del empalme y bisel en zona de transición.

Fuente: Manual REMA TIP TOP Empalmes de Cable de Acero

## 2.2.17 Empalmes de correas de cable de acero.

### 2.2.17.1 En el diseño del empalme es importante tener en cuenta:

- El diseño del empalme viene dado por el fabricante de la correa.
- El tejido de los cables se inicia desde el centro hacia los extremos de la correa.
- El tejido central como el de los extremos de la Banda están especificados en el diseño de Empalme.

- Es recomendable que los cables que cierran el empalme en los extremos de banda, queden en sentido contrario a la marcha de la correa.
- El diseño del empalme debe ser rigurosamente seguido y no efectuar ningún cambio en su estructura.

Largos Mínimos de Fases y Empalmes en Cintas Transportadoras con cables de Acero.

**Tabla 9.** Tipos de Empalmes Según DIN 22129 y DIN 22131 (No Corresponden necesariamente al diseño del Empalme).

Tipo de correa	Diámetro del cable (d) mm	Paso entre cables (t) mm	Goma inter-espe- sor de la Goma inter-	Mínimo espe- sor de la Goma inter-	Kg/m <sup>2</sup> )	Peso de la carcasa (sin cubierta mm	Mínimo Es- pesor de la cubierta mm	Numero de pasos (fase)	Largo mínimo del paso (Fase) mm	Largo del empalme	
										mm	Pul g
St 500	3	12.5	3.2	6.3	3	1	550	850	34		
St 630	3	10	2.0	6.7	3	1	550	850	34		
St 800	3.8	12	2.3	8.2	3	1	300	600	24		
St 1000	4.1	12	1.9	9.6	3	1	300	600	24		
St 1120	4.1	11	1.7	10.1	3	1	350	650	26		
St 1250	4.9	14	2.1	10.6	3	1	350	650	26		
St 1400	4.1	9	1.9	11.2	3	2	350	1000	40		
St 1600	5.6	15	1.9	13	4	1	450	750	30		
St 1800	5.6	13.5	3.5	15.2	4	2	400	1150	46		
St 2000	5.6	12	2.4	15.8	4	2	400	1150	46		
St 2250	5.6	11	1.8	16.5	4	2	400	1150	46		
St 2500	7.2	15	2.5	18.6	5	2	500	1350	54		
St 2800	7.2	13.5	2.0	19.9	5	2	550	1450	58		
St 3150	8.1	15	1.9	22.5	5.5	2	650	1650	65		



St 3500	8.6	15	2.6	24	5.5	3	650	2350	93
St 4000	8.9	15	2.3	27	6.5	3	750	2650	105
St 4500	9.7	16	2.3	30.9	7	3	800	2800	111
St 5000	10.9	17	2.7	33.6	7.5	4	900	4050	160
St 5400	11.3	17	2.3	38.4	8	4	1000	4450	176
St 6300	12.6	18	3	40.9	8.5	4	1250	5450	215
St 7100	13.5	19	3	47.6	9	4	1500	6450	254

Fuente: [https://www.standard-a.com/Conveyor\\_Belt/ST\\_Belting/](https://www.standard-a.com/Conveyor_Belt/ST_Belting/)

• **Unión de banda de 1 fase (tipo DIN)**

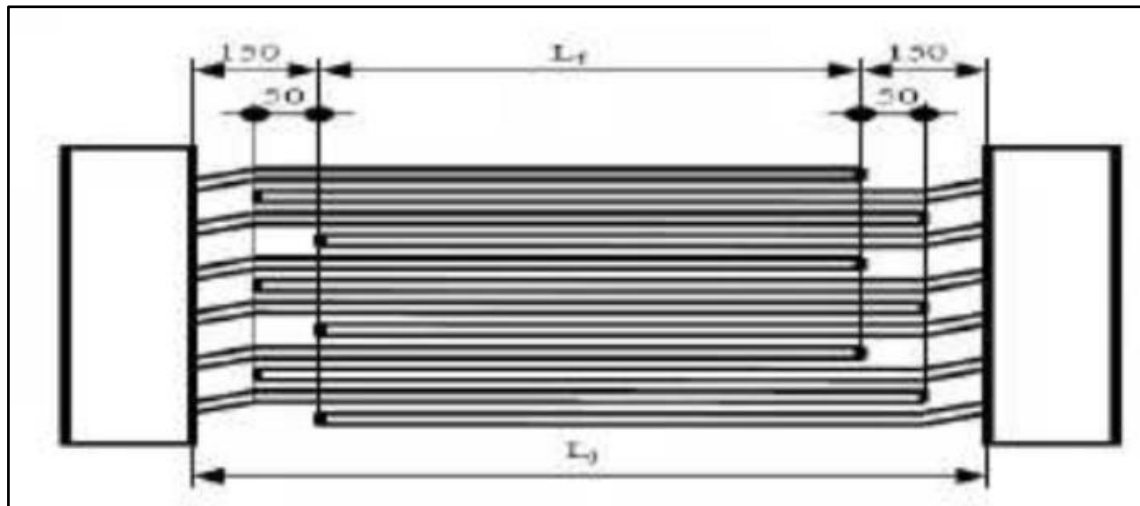
ST 500 a ST 1800 bandas utilizan el procedimiento de un paso, el espacio mínimo

entre cables en empalmes de un paso es de 2.2 mm.

**Tabla 10.** Unión de banda de 1 fase (tipo DIN).

	DIN 22129	DIN 22131	CONTI
St 1000	mm	mm	mm
Long. fase (Lf)	600	300	300
Long. Junta (Lj)	800	600	500
St 1250	mm	mm	mm
Long. fase (Lf)	600	360	350
Long. Junta (Lj)	800	650	550
St 1600	mm	mm	mm
Long. fase (Lf)	600	460	450
Long. Junta (Lj)	800	750	650

Fuente: caucho técnica S.A.



**Figura 21.** Unión de Banda de 1 fase (Tipo DIN)

Fuente: caucho técnica S.A.

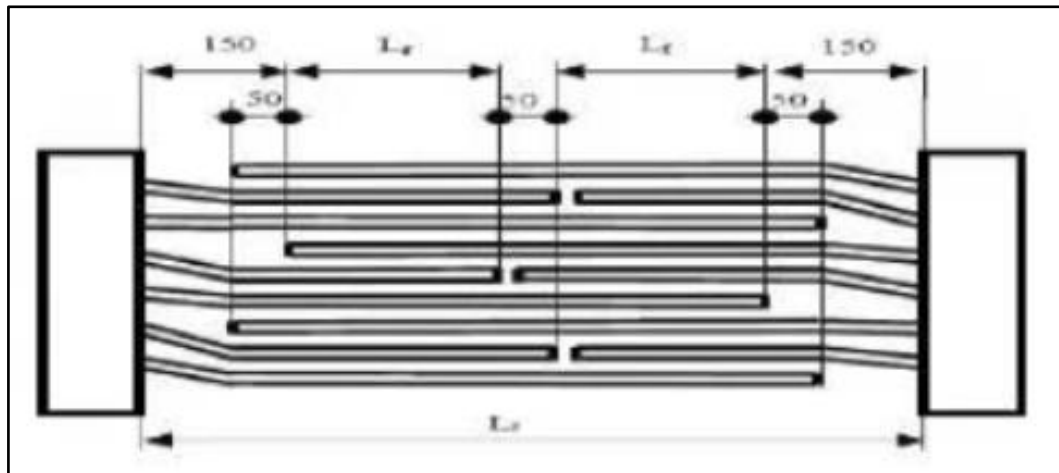
• **Unión de banda de 2 fases (tipo DIN)**

ST 1800 hasta ST 4000 utilizan 2 pasos para el procedimiento de empalme, el espacio mínimo entre cables en empalmes de dos pasos es de 2.4 mm.

**Tabla 11.** Unión de banda de 2 fases (tipo DIN).

	DIN 22129	DIN 22131	CONTI
St 2000	mm	mm	mm
Long. fase (Lf)	400	400	400
Long. Junta (Lj)	1150	1150	1150
St 2500	mm	mm	mm
Long. fase (Lf)	500	500	600
Long. Junta (Lj)	1360	1360	1360
St 3150	mm	mm	mm
Long. fase (Lf)	650	650	650
Long. Junta (Lj)	1650	1650	1650

Fuente: caucho técnica S.A.



**Figura 22.** Unión de Banda de 2 fase (Tipo DIN)

Fuente: caucho técnica S.A.

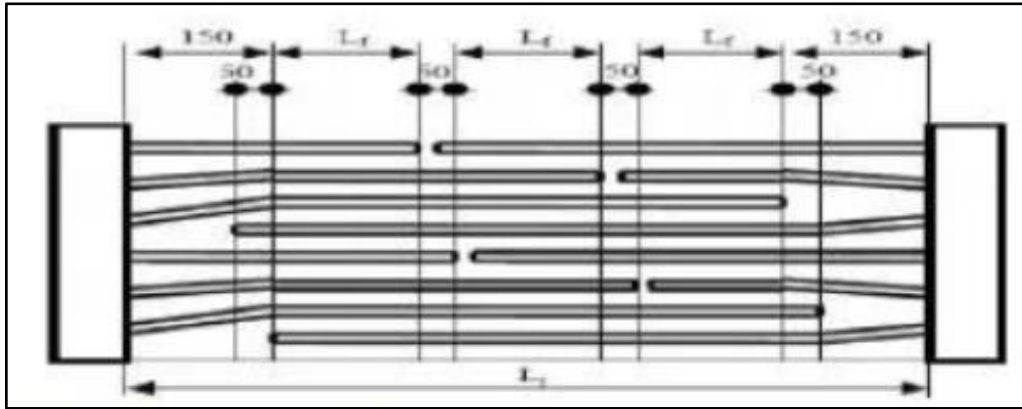
• **Unión de banda de 3 fases (tipo DIN)**

ST 4000 hasta ST 5500 utilizan tres pasos en el procedimiento, el espacio mínimo entre cables en tres pasos es de 2.6 mm, empalmes arriba de ST 5500 son diseñados especialmente.

**Tabla 12.** Unión de banda de 3 fases (tipo DIN).

	<b>DIN 22129</b>	<b>DIN 22131</b>	<b>CONTI</b>
St 3500	mm	mm	mm
Long. fase (L <sub>f</sub> )	650	600	650
Long. Junta (L <sub>j</sub> )	2450	2350	2450
St 4000			
Long. fase (L <sub>f</sub> )	750	750	750
Long. Junta (L <sub>j</sub> )	2750	2650	2750
St 4500	mm	mm	mm
Long. fase (L <sub>f</sub> )	800	800	800
Long. Junta (L <sub>j</sub> )	2900	2800	2900

Fuente: caucho técnica S.A.



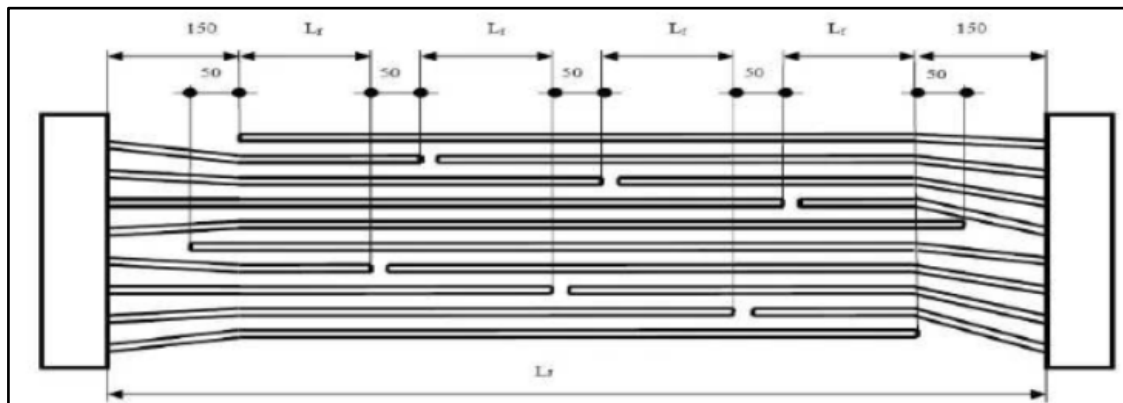
**Figura 23.** Unión de Banda de 3 fase (Tipo DIN)

Fuente: caucho técnica S.A.

• **UNION DE BANDA DE 4 FASES (TIPO DIN)**

Tabla 13 Unión de banda de 4 fases (tipo DIN).

	DIN 22129	DIN 22131	CONTI
St 5000	mm	mm	mm
Long. fase (Lf)	900	900	900
Long. Junta (Lj)	4250	4050	4250
St 5400	mm	mm	mm
Long. fase (Lf)	1000	1000	1000
Long. Junta (Lj)	4650	4450	4650



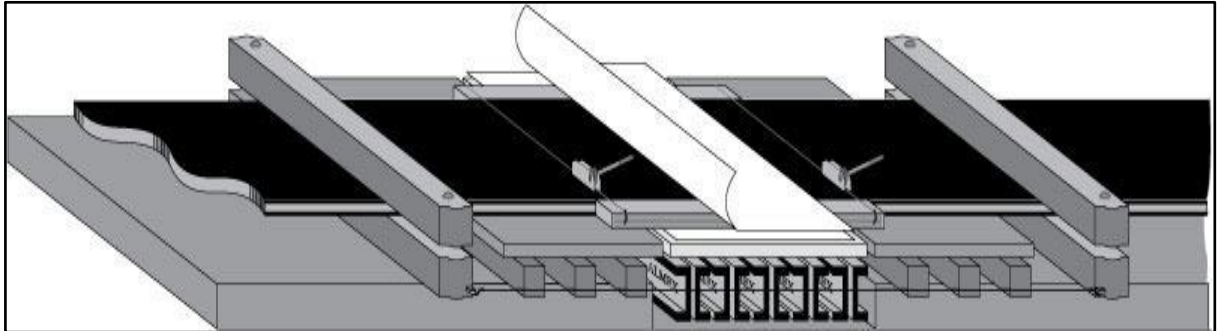
**Figura 24.** Unión de Banda de 4 fase (Tipo DIN)

Fuente: caucho técnica S.A.

**2.2.18 Vulcanización del empalme.**

Para (Miravete, 2021) El área de empalme completa debe ser sometida a presión en cada lado, la falta de presión provocara que el empalme se torne esponjoso y poroso.

Los platos vulcanizados deben ser resistentes a la presión y también flexibles, margina-  
dores (Platinas de hierro) deben ser 1,5 mm menor en relación al espesor total de la banda,  
los que deben ser usados para vulcanizar el canto. Una prensa con presión uniforme y  
placas flexibles debe ser utilizada.



**Figura 25.** Instalación de faja transportadora St en el plato vulcanizado.

Fuente: caucho técnica S.A.

Vulcanizado de una sola vez, para mejores resultados. Cuando se vulcanizan empalmes  
de cable de acero, esto debe ser realizado de una sola vez.



**Figura 26.** Plato vulcanizadora para la unión de faja transportadora St.

Fuente: Almex institute.

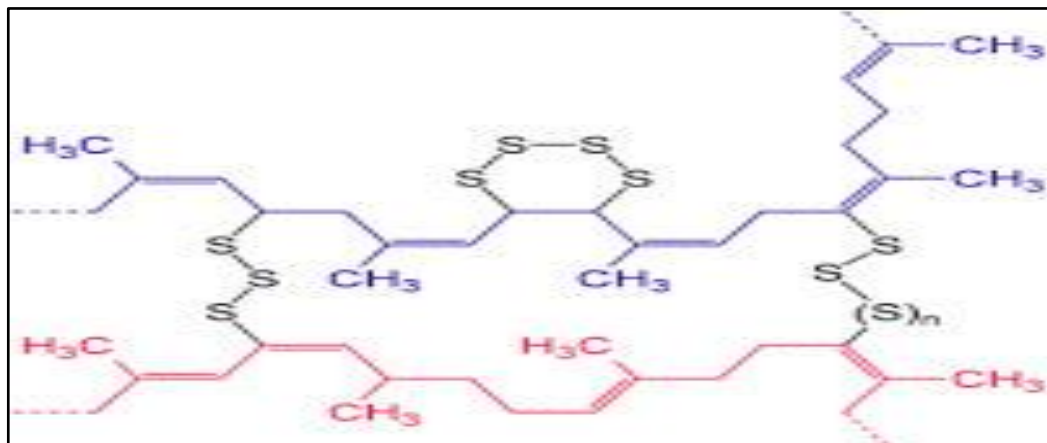
### 2.2.18.1 Vulcanización.

Menciona (Miravete, 2021) El proceso de vulcanización consiste en calentar el caucho  
fundido en presencia de fuego para hacerlo más duro y resistente a la congelación. Los  
polímeros de líneas paralelas cercanas actúan como puntos de entrada entre sí durante



todo el proceso de vulcanización. El resultado final es que las moléculas atómicas del caucho quedan unidas entre sí en mayor o menor medida. Esto da como resultado un caucho que es más sólido, resistente, duradero, más resistente al ataque químico y conserva su elasticidad inherente. Además, transforma la superficie rugosa del material en una superficie lisa que no se adhiere a soportes metálicos o plásticos.

El proceso de curación irreversible de la vulcanización debe contrastarse claramente con los procesos termoplásticos que definen el comportamiento de la gran mayoría de los contaminantes contemporáneos. Este proceso irreversible elimina la categoría de termoplásticos al definir los cauchos recuperados como materiales termorígidos (resistentes al calor) (como el polietileno y el polipropileno).



**Figura 27.** Presentación esquemática de las dos cadenas (azul y roja) de caucho natural después de la vulcanización con azufre elemental.

Fuente: <https://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/>

### 2.2.18.2 El proceso de vulcanización

Para (Castañón, 2020) El proceso de vulcanización es típicamente irreversible, similar a otros procesos termoestables y en contraste con los termoplásticos (el proceso



de solidificación y fusión que caracteriza el comportamiento de la mayoría de los polímeros modernos). Azufre se utiliza normalmente para el proceso de entrecruzamiento, sin embargo, también existen otras tecnologías conocidas, como los sistemas basados en peróxido orgánico. Los dos principales materiales susceptibles de vulcanización son el caucho estireno-butadieno y el poliisopreno (caucho natural) (SBR). La técnica y los conjuntos de medicamentos compuestos (cura-pa-quete) están específicamente diseñados para la aplicación y el sustrato.

Los átomos de hidrógeno en los núcleos atómicos de la tierra son los sitios de reacción (sitios de tratamiento). Estos enlaces CH están al lado de los enlaces dobles carbono-carbono.

Algunos de estos enlaces CH son reemplazados durante la vulcanización por cadenas de fuego atómico de color azul que se conectan a un sitio de curado para otra cadena de polímero. Estos puentes contienen de uno a ocho átomos de agua azul.

Las propiedades físicas del artefacto de caucho terminado están fuertemente influenciadas por la cantidad de átomos de azur en el entrecruzamiento. Los entrecruzamientos más cortos proporcionan a la goma una mejor resistencia al calor. Los enlaces cruzados con más átomos de azufre proporcionan a la goma buenas propiedades dinámicas pero menor resistencia al calor.

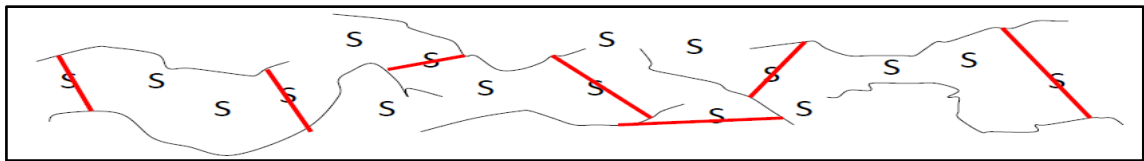
Las propiedades dinámicas son cruciales para los movimientos del artefacto de caucho, por ejemplo, el movimiento de una pared lateral de una neurona durante la operación. Estos movimientos tienen buenas propiedades de flexibilidad porque producen rápidamente grumos y, al final, hacen temblar el objeto de arte de goma.

- Los agentes vulcanizadores son necesarios para la formación del entrelazado.

- Como las moléculas no están unidas unas con otras, ellas se pueden mover libremente, especialmente a temperaturas elevadas ( $82^{\circ}\text{C}$  a  $110^{\circ}\text{C}$ ), punto en el cual el material cambia a un estado termoplástico.
- Como el caucho del empalme se mueve a  $110^{\circ}\text{C}$ , este exhibe un flujo termodinámico irreversible, con un entrelazado fuerte, llegando ser más homogéneo.

### 2.2.18.3 Entrelazado o vulcanizado

Para (Miravete, 2021) El caucho es manipulado junto con Azufre en polvo y calentado entre  $110^{\circ}\text{C}$  y  $149^{\circ}\text{C}$ . Este proceso causa que la cadena de moléculas de caucho, se entrelazan con las moléculas de Azufre, que actúan como puente de unión, convirtiendo el caucho desde un estado plastomérico a un estado elastomérico.



**Figura 28.** Presentación esquemática de las cadenas después de la vulcanización con azufre elemental.

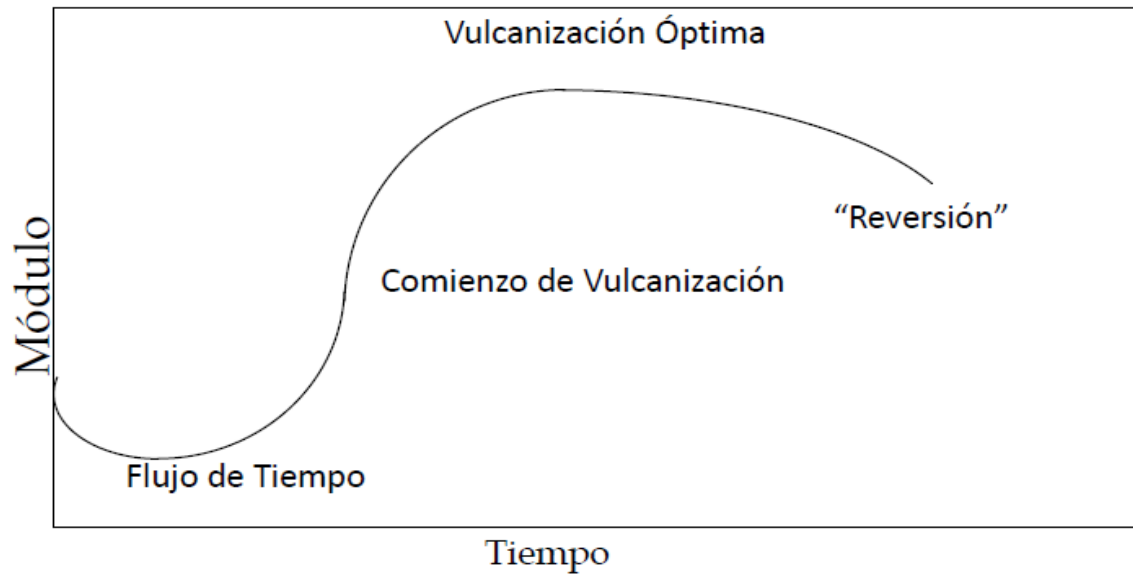
Fuente: Almex institute

### 2.2.18.4 Grado de vulcanización

El proceso de vulcanización ocurre en tres etapas y cada una de estas puede afectar el número de entrelazadas y así la vida útil.

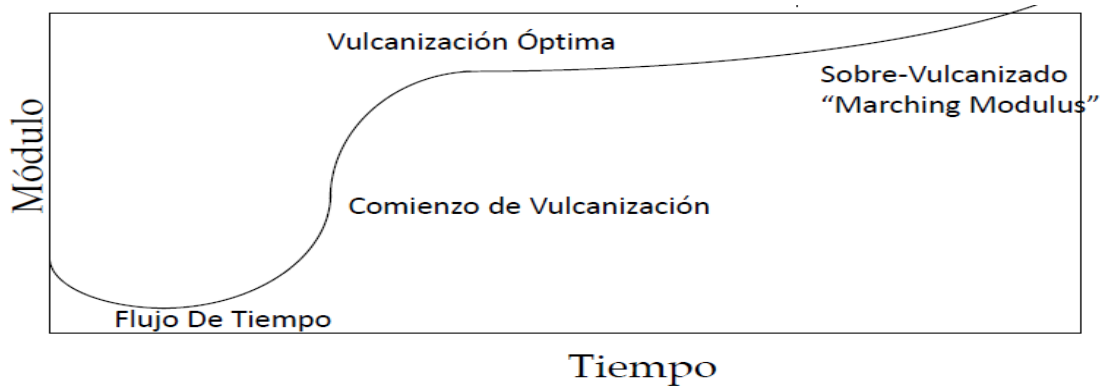
- a. Inducción o período de scorch (tiempo de flujo).
- b. Vulcanización o etapa de entrelazado (Rango de vulcanización).
- c. Reversión o Fase de Término de vulcanización (estado de vulcanización).

### 2.2.18.5 Etapas de vulcanización



**Figura 29.** Curva de Vulcanizado Rheometer a 149°C, mostrando un compuesto propenso a la reversión.

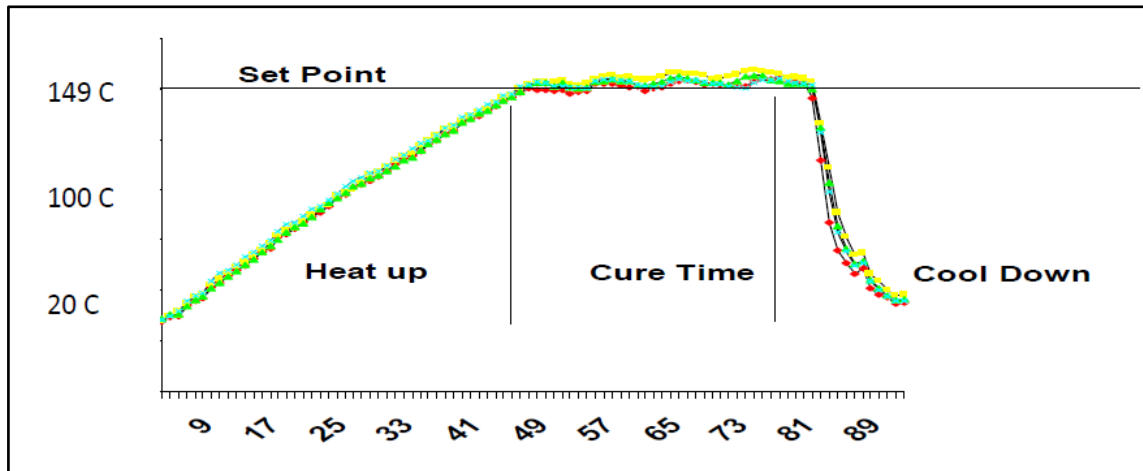
Fuente: Almex institute



**Figura 30.** Curva de vulcanizado Rheometer a 149°C mostrando un compuesto tipo SBR.

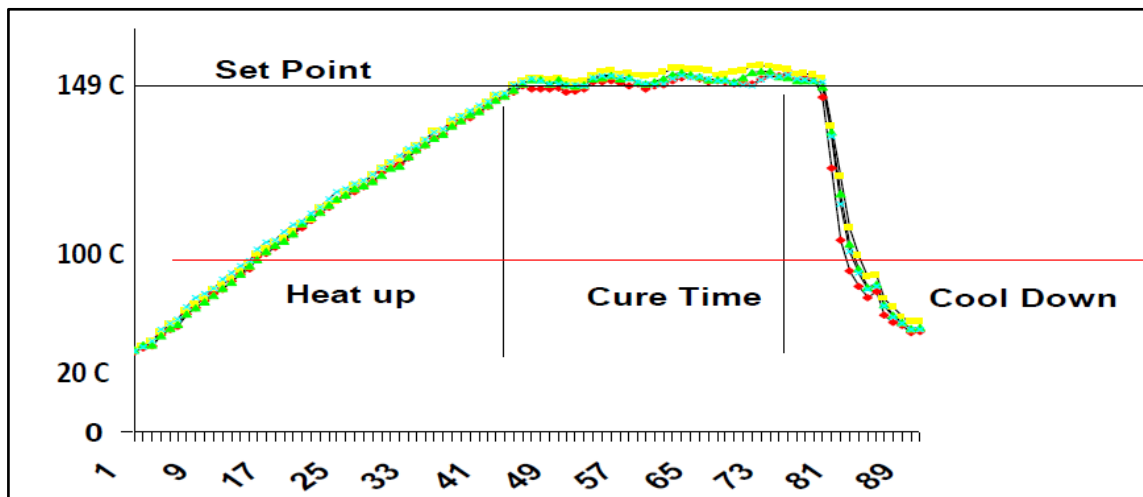
Fuente: Almex institute

### 2.2.18.6 Curva de vulcanización de empalme



**Figura 31.** El tiempo de vulcanizado comienza en el momento que la temperatura alcanza el punto de inicio y dura hasta que comienza la temperatura de reversión.

Fuente: Almex institute



**Figura 32.** Durante el proceso de vulcanización la presión debe mantenerse constante hasta enfriarse a 100° C.

Fuente: Almex institute

### 2.2.19 Polímeros

Menciona (Castañón, 2020) En química, los polímeros son un tipo de macromolécula formada por cadenas de unidades más simples, conocidas como monómeros, conectadas entre sí por enlaces covalentes.

**Tabla 14.** Materiales poliméricos (Norma DIN 22131)

PROPIEDADES DE TIPOS COMUNES DE CAUCHO Y PVC								
(1 = excelente; 6 = inadecuado)	NR	SBR	BR	NBR	CR	IIR	EPDM	PVC
	Natural	Estireno- Butadieno	Butadieno	Nitrilo	Cloropreno	Butilo	Etileno- Propileno	Plastómero
Resistencia a rotura	1	2	4	2	2	3	3	5
Alargamiento a rotura	1	2	3	2	2	2	3	5
Resistencia a abrasión	4	2	1	2	3	4	3	4
Resistencia a corte	2	3	5	3	3	3	3	5
Flexibilidad en frío	2	3	2	3	4	2	2	6
Resistencia al calor	4	4	3	3	2	1	1	5
Resistencia al ozono/tiempo atmosférico	4	4	3	4	2	3	1	2
Resistencia a aceites/grasas	6	5	6	1	2	6	6	2
Resistencia a ácidos y bases	3	3	3	4	2	2	1	2
Resistencia a la llama	6	6	6	6	2	6	6	2

Fuente: Norma DIN 22131

### 2.2.19.1 Elastómeros

Según (Miravete, 2021) Estos materiales destacan por presentar una importante deformación cinética cuando se les aplica fuerza. Cuando se detiene el esfuerzo, la deformación puede desaparecer por completo.

Las estructuras y características de los materiales elásticos más representativos se enumeran en la Tabla 15.

**Tabla 15.** Estructura, propiedades y aplicaciones de diferentes elastómeros industriales.

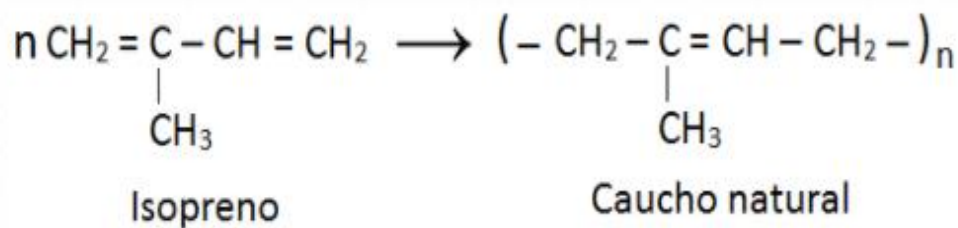
Polímero	Estructura	Carga de ro-tura	Alarg. (%)	Densi-dad (Me/m <sup>3</sup> )	Aplica-ciones
Poliisopreno	$\begin{array}{c} \text{H} \\   \\ \text{H}-\text{C}-\text{H} \\   \\ \text{---C---C=C---C---} \\   \quad   \quad   \\ \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \end{array}$	21	800	0.93	Neumáticos
Polibutadieno	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \quad \quad \text{H} \\   \quad \quad \quad   \\ \text{---C---C=C---C---} \\   \quad   \quad   \quad   \\ \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \end{array}$	24		0.94	Neumáticos industriales, aislamiento de vibraciones
Polibutileno	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \quad \quad \text{H} \\   \quad \quad \quad   \\ \text{---C---C=C---C---} \\   \quad   \quad   \quad   \\ \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \end{array} \left[ \begin{array}{c} \text{H} \quad \quad \quad \text{H} \\   \quad \quad \quad   \\ \text{---C---C---} \\   \quad   \\ \text{H} \quad \text{H} \end{array} \right]_n$	28	350	0.92	Tuberías, aislamientos, revestimientos
Neopreno	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \quad \quad \text{H} \\   \quad \quad \quad   \\ \text{---C---C=C---C---} \\   \quad   \quad   \quad   \\ \text{H} \quad \text{Cl} \quad \text{H} \quad \text{H} \end{array}$	24	800	1.24	Mangueras, vainas de cables
Butadieno-estireno (BS)	$\left[ \begin{array}{c} \text{H} \quad \quad \quad \text{H} \quad \quad \quad \text{H} \\   \quad \quad \quad   \quad \quad \quad   \\ \text{---C---C=C---C---C---C---} \\   \quad   \quad   \quad   \quad   \quad   \\ \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{C}_6\text{H}_5 \end{array} \right]_n$	4-21	600-2000	1.0	Neumáticos
Butadieno-acrilonitrilo	$\left[ \begin{array}{c} \text{H} \quad \quad \quad \text{H} \\   \quad \quad \quad   \\ \text{---C---C=C---C---} \\   \quad   \quad   \quad   \\ \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \end{array} \right]_n \left[ \begin{array}{c} \text{H} \\   \\ \text{---C---C---} \\   \\ \text{H} \quad \text{C}=\text{N} \end{array} \right]$	5	400	1.0	Juntas, mangueras para derivados del petróleo
Silicona	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \quad \quad \text{H} \quad \quad \quad \text{H} \\   \quad \quad \quad   \quad \quad \quad   \\ \text{---O---S---O---S---O---S---} \\   \quad   \quad   \quad   \quad   \\ \text{H---C---H} \quad \text{H---C---H} \quad \text{H---C---H} \\   \quad   \quad   \quad   \quad   \\ \text{H} \quad \quad \quad \text{H} \quad \quad \quad \text{H} \end{array}$	2.4-7	100-700	1.5	Juntas y cierres

Fuente: [https://www.upv.es/materiales/Fcm/Fcm15/fcm15\\_5.html](https://www.upv.es/materiales/Fcm/Fcm15/fcm15_5.html)

### 2.2.19.2 Caucho natural

Para (Miravete, 2021) El caucho natural se extrae del látex, un líquido viscoso que es una suspensión que contiene diminutas partículas de caucho. El látex se diluye y coagula en ácido grasoso, que luego se deshidrata y se lamina.

El componente estructural de la goma natural es el cis-1,4 poliisopreno (ver figura a). Las cadenas largas, en espiral y enrojecidas del polímero se encuentran en un estado térmicamente activo a temperatura ambiente, con la disposición que se muestra en la figura b.



**Figura 33.** a) unidad estructural repetitiva del caucho natural. b) segmento de una cadena de polímero de caucho natural.

Fuente: [https://www.upv.es/materiales/Fcm/Fcm15/fcm15\\_5.html](https://www.upv.es/materiales/Fcm/Fcm15/fcm15_5.html)

### 2.2.20 Propiedades Mecánicas de los polímeros.

#### 2.2.20.1 Elongación.

Los llamados polímeros elastoméricos son capaces de expandirse entre un 500% y un 1000% de su tamaño original sin agrietarse ni romperse. Debemos tener en cuenta que el alargamiento es el cambio de forma que experimenta el polen cuando está bajo tensión.





### **2.2.20.2 Resistencia.**

Una partícula puede resistir la compresión o el estiramiento, resistir el impacto sin perder su forma y no estirarse fácilmente.

Algunos exhiben resistencia al impacto, mientras que otros exhiben resistencia a la torsión.

La medida de la resistencia es la cantidad de tensión requerida para romper el polímero.

### **2.2.20.3 Dureza.**

En términos de durabilidad, un polímero puede ser rígido o flexible.

El primer tipo tiende a ser resistente y rara vez se deforma, pero debido a que no son duraderos, se fracturan fácilmente.

El segundo tipo, por otro lado, no se fractura tan fácilmente como los objetos rígidos.

### **2.2.21 Ensayo de dureza.**

Para (Castañón, 2020) La durabilidad de un material es una propiedad de su superficie y está relacionada con sus propiedades físicas y elastoplásticas. No representa ninguna propiedad del material. Aunque "durabilidad" es una frase que evoca imágenes de solidez o firmeza, a menudo se define arbitrariamente en relación con el método específico que se emplea para estimar su valor. La prueba de durabilidad es sencilla, de alto rendimiento porque no destruye la exposición y es especialmente útil para evaluar las propiedades de los diversos componentes microestructurales del material.

Menciona (Castañón, 2020) Los factores principales que distinguen los métodos actualmente en uso para medir la dureza son el tipo de herramienta (penetrador) utilizada,

las condiciones de aplicación para la carga y el método real utilizado para calcular (definir) la dureza.

La elección del método para calcular la durabilidad depende de variables que incluyen el tipo, las dimensiones y la extensión de la pantalla.

Las escalas más conocidas son:

### **2.2.22 Métodos de medición de la dureza**

Indica (Castañón, 2020) Existen varias metodologías clave para determinar la durabilidad de los materiales, incluidas las metodologías Brinell, Rockwell y Vickers.

#### **2.2.22.1 Dureza Rockwell.**

El método implica aplicar dos cargas pretensadas sucesivamente a la pieza de trabajo para introducir un penetrador (un cono de diamante o una bola de hierro resistente) y medir la profundidad o deformación del agujero que deja atrás.

#### **2.2.22.2 Dureza Brinell.**

En este método de prueba, se utiliza un penetrador de bola de hierro y, una vez eliminada la fuerza aplicada, se mide el diámetro del orificio dejado por el penetrador mediante un dispositivo óptico.

#### **2.2.22.3 Dureza Vickers.**

El método consiste en crear una huella de diamante penetrante de base cuadrada en forma de pirámide rectilínea y medir sus diagonales una vez retirada la fuerza aplicada.

La resistencia de Vickers se define como la relación entre la fuerza de prueba y el área de prueba.

#### **2.2.22.4 Dureza Shore.**

Para (Miravete, 2021) El método implica aplicar una carga baja predeterminada a la pieza de trabajo para introducir un penetrador cónico que está en ángulo.



La profundidad del agujero dejado por el penetrador determina la durabilidad del material.

Existe un método alternativo de Shore que calcula el rebote de una carga cuando golpea una superficie material.

Si el rebote es pequeño, el material tiene una alta tasa de penetración y, como resultado, tiene una baja resistencia a la tracción.

En cambio, si el rebote es alto, el material apenas se deforma y sería un material más duradero.

#### **2.2.22.5 Dureza en Polímeros.**

Por ejemplo, los métodos estándar para determinar la durabilidad de los plásticos y las gafas son Shore A y D o IRHD.

#### **2.2.23 Ensayo dureza Shore.**

Según (Miravete, 2021) Los métodos se especifican utilizando dos tipos: tipo A para materiales más blandos y tipo D para materiales más pesados. La profundidad de estos se puede medir inmediatamente, cuando ha pasado un período de tiempo determinado, o ambos.

Por lo tanto, la durabilidad estará en correlación opuesta con la profundidad de penetración y dependerá de las propiedades viscoelásticas y del módulo de elasticidad del material.

El tipo de indentador utilizado, la cantidad de fuerza utilizada y la duración del experimento afectan los resultados que se pueden obtener.

El pisón, el penetrador, el dispositivo de lectura y el recurso calibrado que aplica la carga al penetrador conforman el durómetro Shore. Las principales diferencias entre

las escalas son la forma del indentador y la fuerza del muelle calibrado. Las escalas de durabilidad van de 0 a 100. Después de aplicar la carga rápidamente, pero sin generar un impacto, la lectura del valor de la resistencia debe realizarse después de unos 15 segundos.

#### 2.2.24 Instrumento de medición de la dureza.

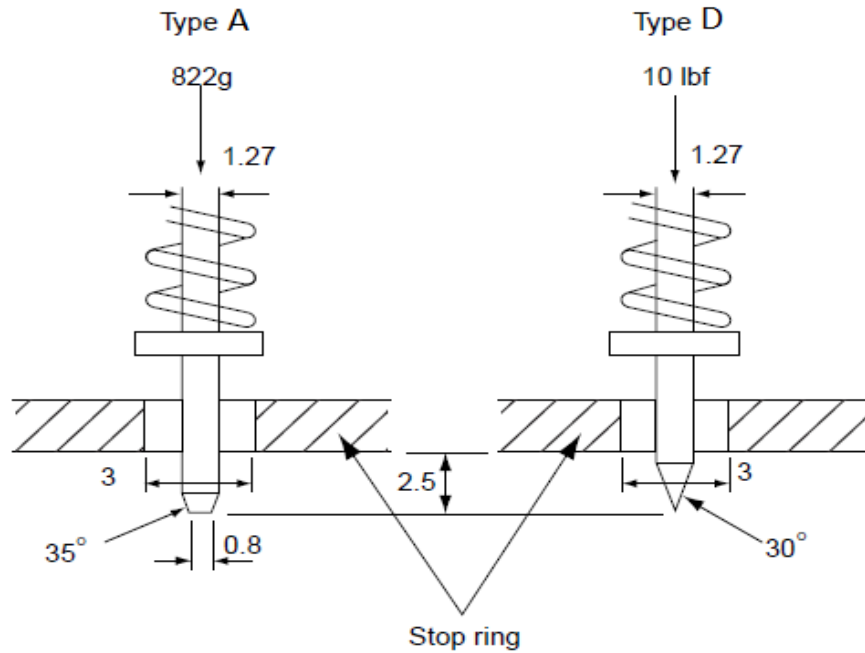
El dispositivo utilizado para medir el desgaste suele ser un durómetro digital o una máquina universal para probar el desgaste.

Esta máquina de prueba de durabilidad emplea uno o más métodos para medir la durabilidad y brinda resultados precisos.



**Figura 34.** Modelos de Durómetros, analógicos o digitales.

Fuente: <https://www.zwickroell.com/>



Fuente: las normas DIN EN ISO 868 y DIN 53505

**Tabla 16.** Dos tipos de durómetro Shore, las longitudes están en mm.

Durómetro Shore	Aplicación	Penetrador	Fuerza
Tipo A	Gomas blandas, plásticos y elastómeros, rodillos de impresión.	Cono truncado. Angulo 35°	822 g
Tipo D	Gomas duras y plásticos tipos termoplásticos, plataformas y boliches.	Cono en punta. Angulo 30°	4536 g
Tipo B	Elastómeros y plásticos duros. Papel y materiales fibrosos. Dureza > 93 Shore A.	Cono en punta. Angulo 30°	822 g
Tipo C	Elastómeros y plásticos de dureza media. Evita marcas en la superficie de la pieza.	Cono truncado. Angulo 35°	4536 g
Tipo DO	Materiales granulares densos. Bobinas textiles.	Bola 3/32"	4536 g
Tipo O	Elastómeros muy blandos, Bobinas textiles, materiales granulares blandos. Dureza < 20 Shore A.	Bola 3/32"	822 g
Tipo OO	Espumas ligeras, esponjas, tejidos animales.	Bola 3/32"	113 g
Tipo OOO	Geles y esponjas de goma.	Bola 1/2"	113 g

Fuente: las normas DIN EN ISO 868 y DIN 53505 (uca.edu.sv)

### 2.2.25 Durómetro

Para (Castañón, 2020) El valor de durabilidad Shore, exclusivo de los materiales termoplásticos y elásticos, está definido por las normas DIN EN ISO 868 y DIN 53505.

Se utiliza un calibre que presiona el material para probarlo y determinar la durabilidad del Shore.

La profundidad de penetración determina la durabilidad del material. Un valor mayor dará como resultado una penetración más superficial y, por lo tanto, una mayor resistencia.

Dependiendo del material, los experimentos se realizan utilizando varios tipos de fuerzas y abrasivos.

**Tabla 17.** Tabla de relación de durezas (conversión)

Shore A DIN 53505	IRHD ASTM 1415	Shore D DIN 53505	Shore 0 ASTM 2240	Shore 00 ASTM D 2240
100	100	58	-	-
95	95	46	-	-
90	90	39	-	-
85	85	33	-	-
80	80	29	84	98
75	74	25	79	97
70	68	22	75	95
65	64	19	72	94
60	62	16	69	93
55	54	14	65	91
50	49	12	61	90
45	44	10	57	88
40	39	8	53	86
35	35	7	48	83
30	28	6	42	80
25	-	-	35	76
20	-	-	28	70
15	-	-	21	62
10	-	-	14	55
5	-	-	8	45
Elastómeros compactos y celulares	Elastómeros compactos	Poliuretanos PTFE rígido, Termoplásticos y Elastómeros muy duros	Elastómeros compactos y celulares de media densidad	Elastómeros celulares de media y baja densidad

Fuente: [http://www.merefsa.com/util\\_tabla\\_durezas.html](http://www.merefsa.com/util_tabla_durezas.html)



**Figura 35.** Escala de durezas Shore A y D para distintas aplicaciones

Fuente: [http://www.merefsa.com/util\\_tabla\\_durezas.html](http://www.merefsa.com/util_tabla_durezas.html)

## CAPITULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

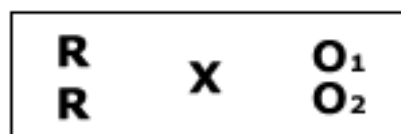
#### 3.1 DISEÑO, NIVEL Y TIPO DE LA INVESTIGACIÓN

##### 3.1.1 Diseño de la investigación

La metodología que se uso fue **Tipo Aplicada**, la cual es la búsqueda de la aplicación o la utilización de los conocimientos adquiridos y el desarrollo de los mismos, **Nivel Explicativo**, se basa en buscar respuestas a una pregunta principal, con el solo hecho de llegar la persona a conocer el ¿Por qué? de las cosas o hechos que se suscitan en el entorno en general

**Diseño Experimental Puro** por que se explicara el comportamiento de cada variable causa efecto. porque la variable independiente (empalme vulcanizado en caliente) cambia a la variable dependiente ( Resistencia a la tracción), se adjunta toda la información para hacer una análisis de proceso de empalme vulcanizado en caliente de faja transportadora ST 4500, luego de esto se utiliza con el uso de herramienta estadístico, que nos permita conocer las características más importantes de los procesos de ejecución de empalme vulcanizado en caliente, obtener una alta resistencia a la tracción y en base a ese análisis se realiza la medición, diseño, cálculos, experimentación y evaluación.

Esta investigación es del tipo experimental puro por que se tiene control total en las variaciones de porcentaje de la variable independiente. (Tamayo, 2004)



**Figura 36.** Diseño de la investigación



## 3.2 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

### 3.1.1. Variable Independiente

Evaluación en el proceso de empalme vulcanizado en caliente de faja transportadora ST 4500.

**Tabla 18.** Variable independiente

ABSTRACTO		CONCRETO	
DEFINICION	DIMENSIONES	INDICADORES	ITEMS
Cuantificar la influencia que tienen los diferentes componentes sobre la respuesta.	Empalme	Datos técnicos	Protocolo de unión
		Kit de empalme	Solución STL-RF4
	vulcanizado	Temperatura	155°C
		Presión	15 bar
		Tiempo	90 min

Fuente: elaboración propia.

### 3.1.2. Variable dependiente

Propiedades mecánicas

**Tabla 19.** Variable dependiente

ABSTRACTO		CONCRETO	
DEFINICION	DIMENSIONES	INDICADORES	ITEMS
Las propiedades mecánicas son utilizadas para caracterizar un material basándose en normas DIN 53505	Tracción	Carga máxima	¿Cuál es la carga máxima?
		Esfuerzo de rotura	¿Qué resistencia a la tracción tendrá el material?
		dureza	¿Qué resistencia opone a la penetración de un material?
		Deformación a la ruptura	¿Qué porcentaje de deformación se obtendrá?

Fuente: elaboración propia.

**Tabla 20.** Variables de sistema de vulcanización.

<b>VARIABLES DE VULCANIZACION</b>	
Temperatura	155°C
Presión de etapa de vulcanizado	12 a 15 bar
Tiempo de etapa de vulcanizado	110 minutos

Fuente: elaboración propia.

### **3.3 POBLACIÓN Y MUESTRA DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **3.1.3. Unidad de estudio**

La siguiente investigación contara con 04 puntos de empalme vulcanizado en caliente en la faja transportadora 5812 – CB – 110 tipo de faja ST 4500.

#### **3.1.4. Población**

La población de estudio de este trabajo de Tesis está comprendida por la faja transportadora st 4500. Lo cual está ubicado en el sector paquete 3: Faja transportadora de mina 14 – BRANCH CONVEYOR desde torre transferencia TT1-3 a torre de transferencia TT5-3 en la parte este de la mina. Se realiza el proceso de empalme vulcanizado en caliente. (Tamayo, 2004)

#### **3.1.5. Muestra**

La muestra está representada por datos obtenidos en el proceso de ejecución de empalme vulcanizado en caliente de faja transportadora ST 4500 y la selección de muestra será por intervalos de tiempo, presión y temperatura. (Tamayo, 2004)

### 3.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS

#### 3.1.6. Técnicas y métodos

En este estudio se usará la observación como técnica de recolección de datos ya que durante la prueba de trazado de resistencia se anotarán las cargas máximas que puede soportar la faja transportadora vulcanizada st 4500 y sus datos se utilizarán para el cálculo de la resistencia. (Arias, 2020)

Debido a que este es un estudio experimental, los datos se analizarán utilizando el método de Inferencia Estadística, lo que permite la posibilidad de inferencia de comportamiento limitada por error en una población particular.

#### 3.1.7. Instrumentos de recolección de datos

En esta investigación se utilizará una ficha de observación (registro de unión de faja transportadora) como herramienta de recolección de datos ya que permitirá determinar la carga máxima de cada empalme vulcanizado en el análisis de trazas (dureza). (Arias, 2020)



**Figura 37.** Instrumento de recolección de datos.

Fuente: Elaboración propia.



### 3.1.8. Instrumentos de recolección de datos

ANOVA es la prueba estadística que debe usarse en función del tipo de variables, ya que puede identificar más de dos grupos que se utilizarán para analizar las variables. Dado el pequeño tamaño de la muestra, se utilizará la prueba de Shapiro-Wilk para determinar la normalidad de los datos y la prueba de Levene para determinar la homogeneidad de las varianzas. Se utilizará la prueba de Levene para determinar la homogeneidad de las varianzas. Para validar la hipótesis se utilizará en este caso el software Minitab 20. (Arias, 2020)

Las pruebas de hipótesis tendrán en cuenta:

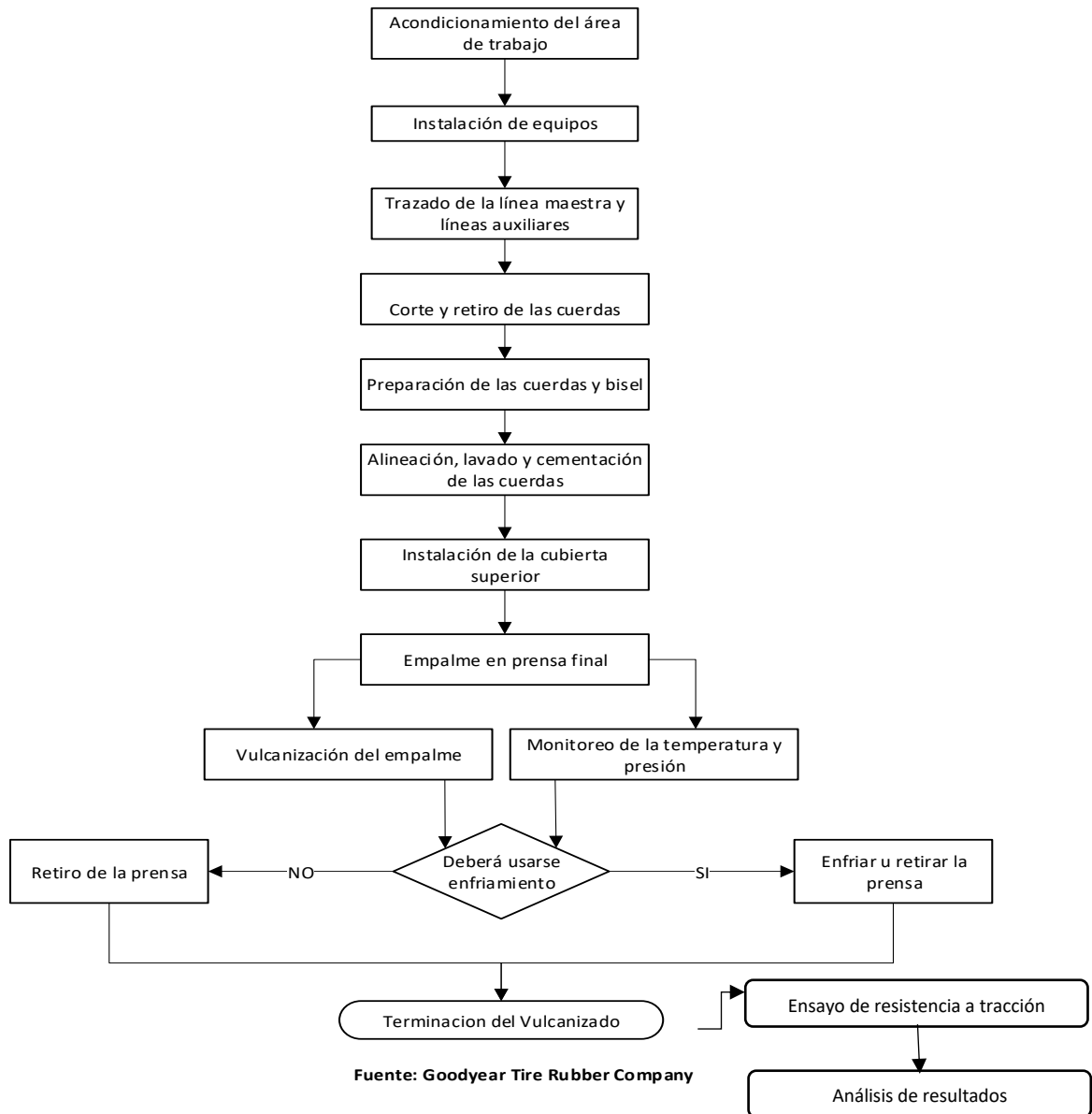
Para hacer la prueba de Hipótesis se considerará:

**Hipótesis Nula ( $H_0$ ):** Indica que existe igualdad o no hay diferencia significativa entre los valores de los resultados a comparar.

**Hipótesis Alterna ( $H_1$ ):** Indica que no existe igualdad o diferencia significativa entre los valores de los resultados a comparar.

### 3.5 PROCEDIMIENTO

#### 3.1.9. Procedimiento de recolección de datos



#### 3.1.10. Procedimiento de análisis de datos

El método de análisis de datos se realizó de acuerdo a las hipótesis específicas en el programa minitab, evaluando por separado los resultados de la resistencia del empalme vulcanizado de faja st 4500 y comparándolos con los resultados de cuatro puntos de empalme.



Dado que el tamaño de la muestra es menor a 50, se utilizó la prueba de Shapiro-Wilk para determinar la normalidad de la variable aleatoria en ambos grupos. Luego se determinó la normalidad de la siguiente manera:

Hay importancia o riesgo de que los datos no se ajusten a una distribución normal de 0,05.

La hipótesis nula se acepta cuando P – Valor es mayor a 0.05, lo que significa que las varianzas exhiben igualdad y los datos exhiben distribución normal.

Cuando el P-Valor es menor a 0.05, se acepta la hipótesis alternativa H1, lo que significa que las varianzas no son iguales, existen diferencias significativas y los datos no tienen una distribución normal.

- Se realizó la prueba de Levene para verificar la homogeneidad de las variaciones, considerando lo siguiente:

Cuando se acepta la hipótesis nula (Ho), P – Valor es mayor a 0.05, esto significa que las varianzas son homogéneas en todas las variables.

Se acepta la hipótesis alternativa H1 cuando P-Valor es menor a 0.05, lo que significa que las varianzas no presentan igualdad, existen diferencias significativas y los datos no presentan homogeneidad de varianza.

- Para la prueba ANOVA se tomaron en consideración los siguientes criterios:

Si la significación es superior a 0,05, se acepta la hipótesis nula Ho.

Se acepta la hipótesis alternativa H1 si el nivel de significación es inferior a 0,05.

Así es también cómo y por qué se utilizaron fuentes de medios para obtener los datos necesarios para respaldar nuestra hipótesis. Las herramientas de recopilación de datos empleadas en este trabajo de investigación son las siguientes:

Durómetro Shore:



**Figura 38.** Instrumento de Medición Durómetro.

Fuente: DIN 53505 Caucho y elastómeros – prueba de dureza Shore A y Shore D

Caja de control de Temperatura:



**Figura 39.** Caja de control de temperatura.

Fuente: SVP manual de operación y mantenimiento, 2008

Bomba eléctrica:



**Figura 40.** Bomba eléctrica.

Fuente: SVP manual de operación y mantenimiento, 2008.

**Tabla 21.** Características de equipo vulcanizador

<b>Características de Equipo Vulcanizador</b>	
Fabricante	SHAW ALMEX
Contratista	CMH
Sistema de presión	4 BOLSA DE PRESION
Largo de plancha	1280 mm
Ancho de plancha	1750 mm
Angulo de platos calefactores	22°
Numero de vigas/número de pernos de presión	28 PARES EAX/56 UNIDADES
Cantidad de platos calefactores	4 PARES

Fuente: Elaboración Propia.

Equipo vulcanizador SHAW ALMEX armado





**Figura 41.** Bomba eléctrica.

Fuente: SVP manual de operación y mantenimiento, 2008.

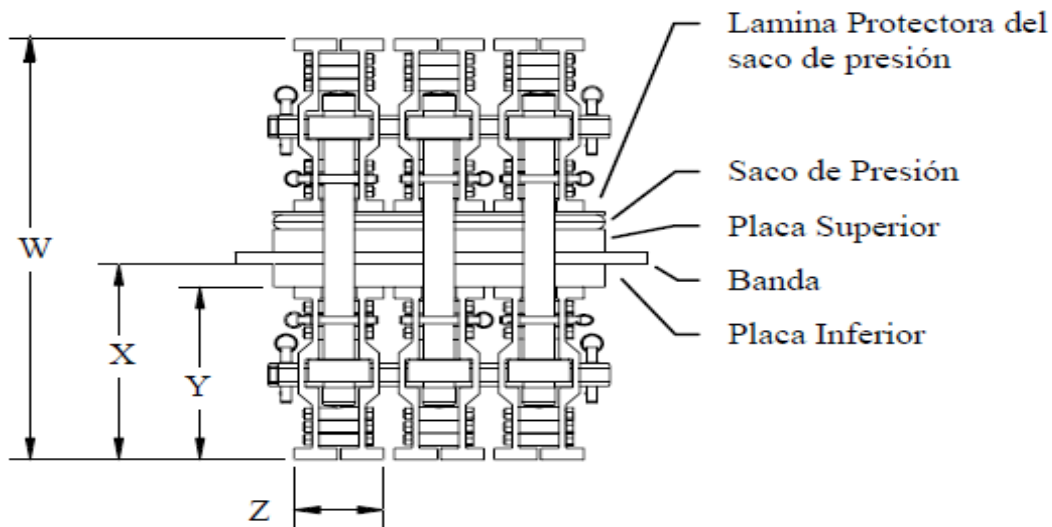
Dimensiones de Barra Transversal del equipo vulcanizador SHAW ALMEX

**Tipo de barra transversal.**

**Tabla 22.** Características de equipo vulcanizador

	EA		EAX		EB		EC		E380	
	pulg	mm	pulg	mm	pulg	mm	pulg	mm	pulg	mm
W	22	559	27.5	699	32.5	826	32.5	826	36.5	927
X	9.75	248	12.5	318	15	381	15	381	17	432
Y	7.75	197	10.5	267	13	330	13	330	15	381
Z	7	178	7	178	6	152	6.5	165	6.5	165

Fuente: SVP manual de operación y mantenimiento, 2008.

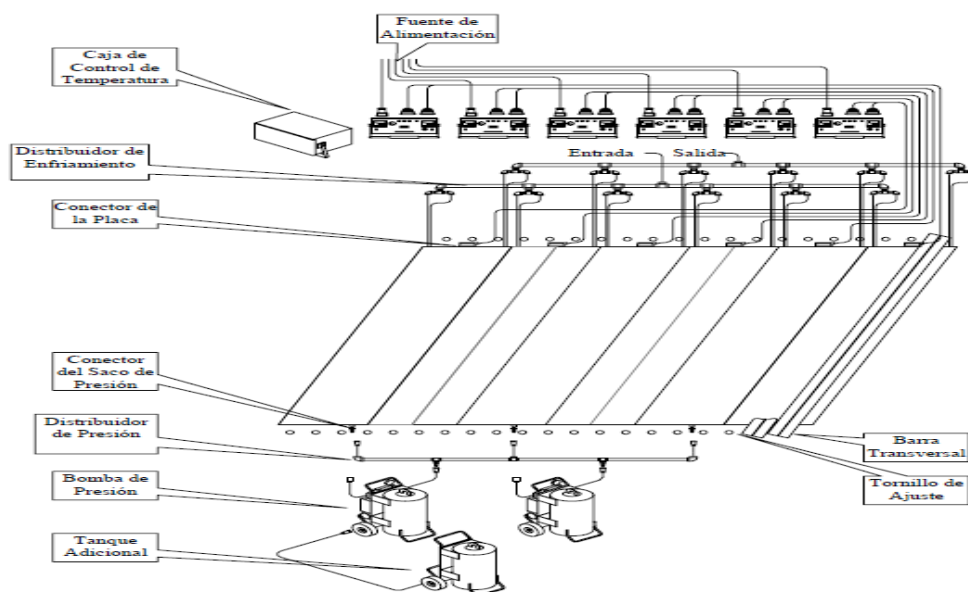


**Figura 42.** Barra transversal de equipo vulcanizador (SHAW ALMEX)

Fuente: SVP manual de operación y mantenimiento, 2008.

### 3.6 DIAGRAMA FUNCIONAL

Para iniciar la toma de datos, primero comenzamos armando el diagrama funcional del vulcanizador (SHAW ALMEX), el cual se muestra en la siguiente figura con todo el equipo en su lugar. Luego obtuvimos datos de presión, temperatura y calandrado en las cuatro bolsas de presión.



**Figura 43.** Diagrama funcional de equipo vulcanizador

Fuente: SVP manual de operación y mantenimiento, 2008.

## CAPITULO IV

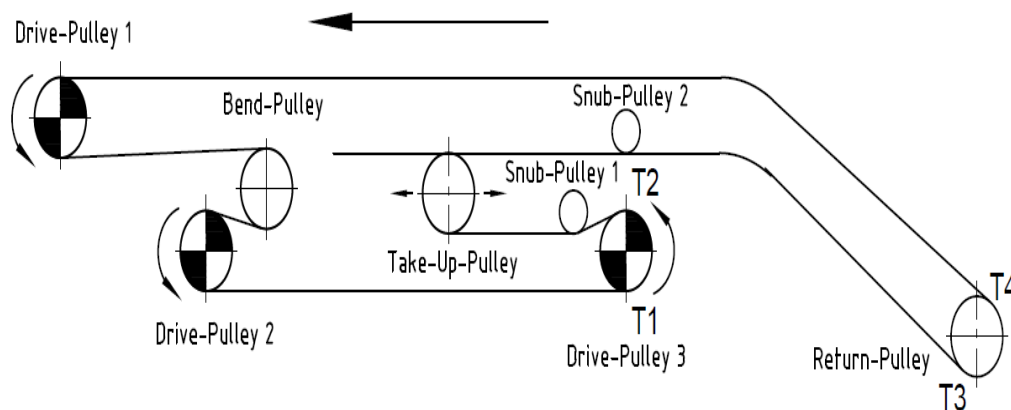
### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1 DESCRIPCIÓN DE FAJA TRANSPORTADORA 5812-CB-110.

Este equipo es una faja transportadora de 1600 mm de ancho, una distancia entre ejes de 371 m, recibe mineral de la faja 5712-CB-210 del paquete 2 y descarga en la Faja transportadora 5812-CB-210 en la TT1-3.

##### Datos principales de equipo

- Velocidad de faja : 4.2 m/s
- Angulo de abarquillamiento : 35°
- Potencia : 2 x 750 kW



**Figura 44.** Diagrama de faja transportadora 5812-CB-110.

Fuente: Memoria descriptiva de faja transportadora 5812-CB-110.

##### 4.1.1. Características de diseño de faja transportadora ST 4500.

Se da a conocer datos de especificaciones de fajas transportadoras según DIN 22101 de la faja transportadora 5812-CB-110: utilizados en el proyecto de ampliación de Shoungang Hierro Perú.



Especificaciones técnicas de faja transportadora 5812-CB-110:

**1600 ST4500 12/7 X**

Ancho: 1600 mm  
 ST (Tensión de la faja): 4500 N  
 Cover de carga: 12 mm  
 Cover de retorno: 7 mm  
 X (impacto): 12  
 Longitud de Empalme: 2900 mm

**Tabla 23.** Datos de la faja transportadora de 103.0 m de rollo tipo (Steel Cord)

<b>FAJA TRANSPORTADORA 5812-CB-110 DE 388 M</b>		
Fabricante de correa	PHOENIX	PHOENIX
Tipo de correa	STEEL CORD	STEEL CORD
Ancho de correa	1600 mm	1600 mm
Espesor cubierta superior	12 mm	12 mm
Espesor cubierta inferior	7 mm	7 mm
N° de telas	0	0
N° de cables	96	96
Espesor total	30 mm	30 mm
Refuerzo breaker	No	No
N° de rollo	4	4
Longitud de rollo	103.0 m	103.0 m
Cubierta retirada	Carga	Carga
Diámetro de cables de acero	9.2 mm	9.2 mm
<b>NUMERO DE PASOS</b>	3	3

Fuente: Elaboración Propia.

#### **4.2 RECOLECCIÓN DE DATOS DE PROCESO DE EMPALME VULCANIZADO EN CALIENTE.**

Adjuntaremos datos obtenidos en el proceso de empalme vulcanizado en caliente para un mejor entendimiento.



a. Resultado obtenido en el empalme 1 vulcanizado en caliente de faja transportadora 5812 – CB – 110.

**Tabla 24.** Datos obtenidos en el empalme N°1.

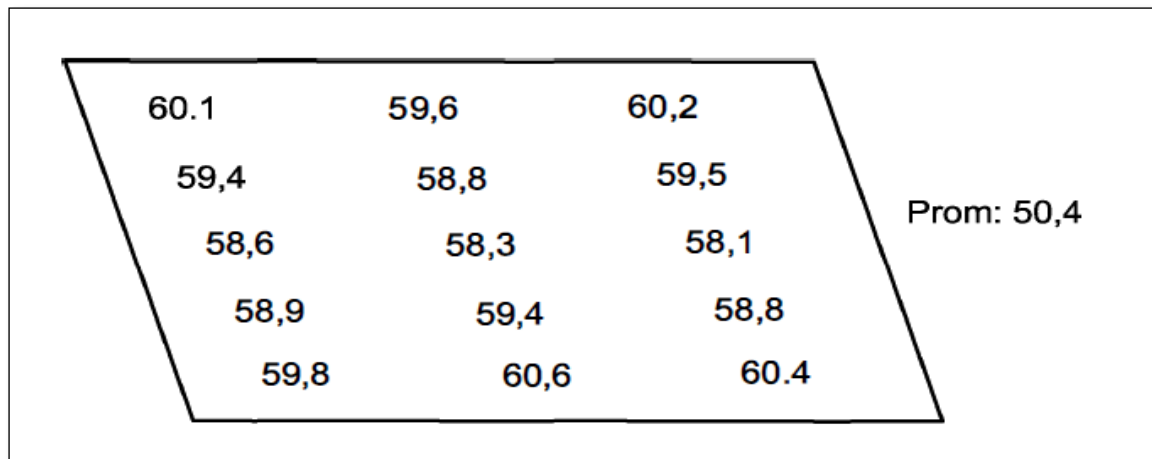
INFORMACION DE EMPALME N°1		
EMPALME	Espesor de empalme	29.78 mm
	Ancho de empalme	1600 mm
	Dimensiones (Espesor/ Ancho)	30/1600 mm
	Angulo de corte	20.4°
	Espesor cover de carga	12.5 mm
KIT DE EMPALME	Espesor cover de retorno	7.5 mm
	Cover de carga	12.5 mm
	Cojin	1.98 mm
	Cover de retorno	7.5 mm
	Cemento	Solución STL - RF4

Fuente: Elaboración Propia.

**Tabla 25.** Resultados de datos obtenidos de temperatura y presión de 6 platos.

ITEM	TIEMPO (Min)	PRESION (Bar)	TEMPERATURA DE LOS PLATOS (°C)					
			1	2	3	4	5	6
1	-	0	31	36	30	27	29	28
2	-	5	61	63	62	61	68	63
3	-	10	90	92	91	93	101	102
4	-	15	122	125	120	121	123	121
5	-	15	155	155	154	155	154	153
6	0	15	156	156	155	156	156	155
7	10	15	155	152	153	153	152	153
8	20	15	155	153	152	153	152	152
9	30	15	155	153	153	155	153	153
10	40	15	155	153	153	154	153	152
11	50	15	155	153	153	153	153	153
12	60	15	155	153	153	154	153	153
13	70	15	155	153	153	153	153	153
14	80	15	155	153	153	153	153	153
15	90	15	155	153	153	153	153	153
16	100	15	155	153	153	153	153	153

Fuente: Elaboración Propia.



**Figura 45.** Resultados de datos obtenidos de ensayo de dureza (shore A) con durómetro digital.

**b.** Resultado obtenido en el empalme 2 vulcanizado en caliente de faja transportadora 5812 – CB – 110.

**Tabla 26.** Datos obtenidos en el empalme N°2.

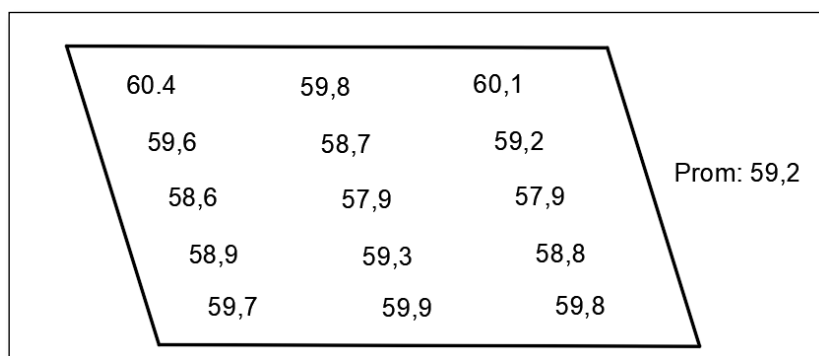
INFORMACION DE EMPALME N°2		
EMPALME	Espesor de empalme	29.78 mm
	Ancho de empalme	1600 mm
	Dimensiones (Espesor/ Ancho)	30/1600 mm
	Angulo de corte	20.2°
	Espesor cover de carga	12.5 mm
	Espesor cover de retorno	7.5 mm
KIT DE EMPALME	Cover de carga	12.5 mm
	Cojin	1.98 mm
	Cover de retorno	7.5 mm
	Cemento	Solución STL - RF4

Fuente: Elaboración Propia.

**Tabla 27.** Resultados de datos obtenidos de temperatura y presión de 6 platos.

ITEM	TIEMPO (Min)	PRESION (Bar)	TEMPERATURA DE LOS PLATOS (°C)					
			1	2	3	4	5	6
1	-	0	31	36	30	27	29	27
2	-	5	64	69	62	61	68	63
3	-	10	99	105	97	98	107	101
4	-	15	122	125	120	121	123	121
5	-	15	154	155	154	155	154	153
6	0	15	155	156	155	156	156	155
7	10	15	153	154	153	154	152	153
8	20	15	150	152	151	152	151	152
9	30	15	150	153	150	151	150	150
10	40	15	150	153	153	150	150	150
11	50	15	153	153	150	150	150	150
12	60	15	152	153	150	150	150	150
13	70	15	152	153	150	150	150	150
14	80	15	152	153	151	151	150	150
15	90	15	153	153	150	151	150	150
16	100	15	152	153	150	150	150	150

Fuente: Elaboración Propia.



**Figura 46.** Resultados de datos obtenidos de ensayo de dureza (shore A) con durómetro digital.

Fuente: Elaboración Propia.

c. Resultado obtenido en el empalme 3 vulcanizado en caliente de faja transportadora 5812 – CB – 110.

**Tabla 28.** Datos obtenidos en el empalme N°3.

INFORMACION DE EMPALME N°3		
EMPALME	Espesor de empalme	29.78 mm
	Ancho de empalme	1600 mm
	Dimensiones (Espesor/ Ancho)	30/1600 mm
	Angulo de corte	21°
	Espesor cover de carga	12.5 mm
	Espesor cover de retorno	7.5 mm
	KIT DE EMPALME	Cover de carga
Cojin		1.98 mm
Cover de retorno		7.5 mm
Cemento		Solución STL -RF4

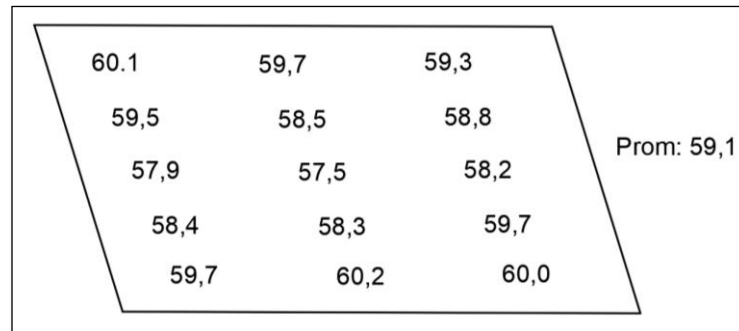
Fuente: Elaboración Propia.

**Tabla 29.** Resultados de datos obtenidos de temperatura y presión de 6 platos.

ITEM	TIEMPO (Min)	PRESION (Bar)	TEMPERATURA DE LOS PLATOS (°C)					
			1	2	3	4	5	6
1	-	0	31	36	30	27	29	27
2	-	5	55	52	54	54	54	53
3	-	10	95	92	92	91	93	94
4	-	15	124	120	122	121	128	130
5	-	15	154	153	154	154	154	154
6	0	15	155	153	155	155	155	154
7	10	15	156	154	156	156	156	153
8	20	15	151	150	152	151	150	152
9	30	15	152	152	152	152	150	152
10	40	15	151	152	154	154	151	152
11	50	15	151	150	152	152	150	152
12	60	15	151	151	152	152	150	152
13	70	15	150	150	152	152	150	152
14	80	15	150	150	152	152	150	152
15	90	15	150	150	151	151	150	150
16	100	15	150	150	151	152	152	152

Fuente: Elaboración Propia.





**Figura 47.** Resultados de datos obtenidos de ensayo de dureza (shore A) con durómetro digital.

Fuente: Elaboración Propia.

**d.** Resultado obtenido en el empalme 4 vulcanizado en caliente de faja transportadora 5812 – CB – 110.

**Tabla 30.** Datos obtenidos en el empalme N°4.

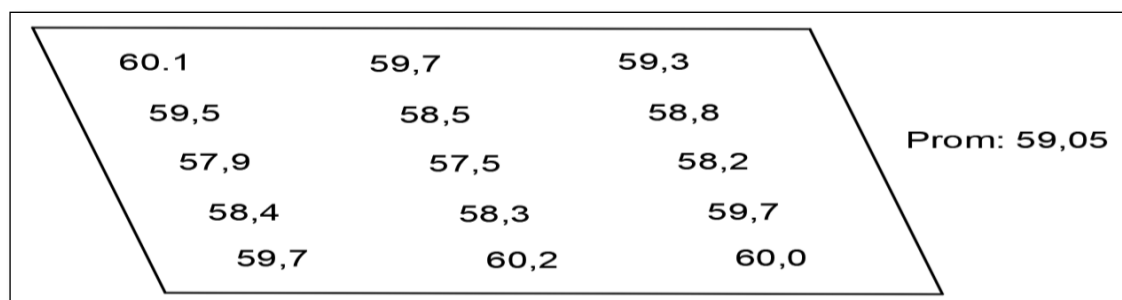
INFORMACION DE EMPALME N°4		
EMPALME	Espesor de empalme	29.78 mm
	Ancho de empalme	1600 mm
	Dimensiones (Espesor/ Ancho)	30/1600 mm
	Angulo de corte	20.7°
	Espesor cover de carga	12.5 mm
	Espesor cover de retorno	7.5 mm
KIT DE EMPALME	Cover de carga	12.5 mm
	Cojin	1.98 mm
	Cover de retorno	7.5 mm
	Cemento	Solución STL - RF4

x

**Tabla 31.** Resultados de datos obtenidos de temperatura y presión de 6 platos.

ITEM	TIEMPO (Min)	PRESION (Bar)	TEMPERATURA DE LOS PLATOS (°C)					
			1	2	3	4	5	6
1	-	0	57	56	57	55	54	54
2	-	5	73	69	81	86	89	83
3	-	10	94	94	103	109	112	106
4	-	15	125	125	124	129	131	130
5	-	15	149	151	150	151	151	150
6	0	15	150	151	154	157	150	151
7	10	15	150	150	155	158	155	151
8	20	15	151	151	155	155	155	150
9	30	15	150	150	155	157	155	150
10	40	15	150	150	155	156	155	150
11	50	15	150	150	155	156	155	150
12	60	15	150	150	155	156	155	150
13	70	15	150	150	155	156	152	150
14	80	15	150	150	155	155	151	150
15	90	15	150	150	150	155	151	150
16	100	15	150	150	150	153	152	150

Fuente: Elaboración Propia.



**Figura 48.** Resultados de datos obtenidos de ensayo de dureza (shore A) con durómetro digital.

### 4.3 ELECCIÓN DE LOS FACTORES Y NIVELES

Para evaluar el proceso de empalme vulcanizado en caliente de faja transportadora ST 4500, se consideran los siguientes factores con sus respectivos niveles, como se detalla en la tabla 32.

Tanto los factores naturales y los codificados y las centrales para el diseño factorial que nos permite realizar el trabajo de investigación.

**Tabla 32.** Factores y niveles en el diseño factorial natural.

Factores	Unidad	Niveles		
		Baja (-1)	Neutro (0)	Alta (1)
Temperatura	°C	150	155	160
Presión	Bar	12	13	15
Tiempo	min	80	110	140

Fuente: elaboración propia.

#### 4.4 ANOVA DE LOS RESULTADOS INTERACCIONES Y MEDICIÓN DE INTERACCIONES

El análisis de varianza permitirá identificar qué factores son relevantes, así como también ver las interacciones entre ellos. Se hizo un análisis para cada uno de los cuatro experimentos usando el software Minitab.

##### 4.1.2. ANOVA del experimento 1

Los resultados muestran en la tabla 33:

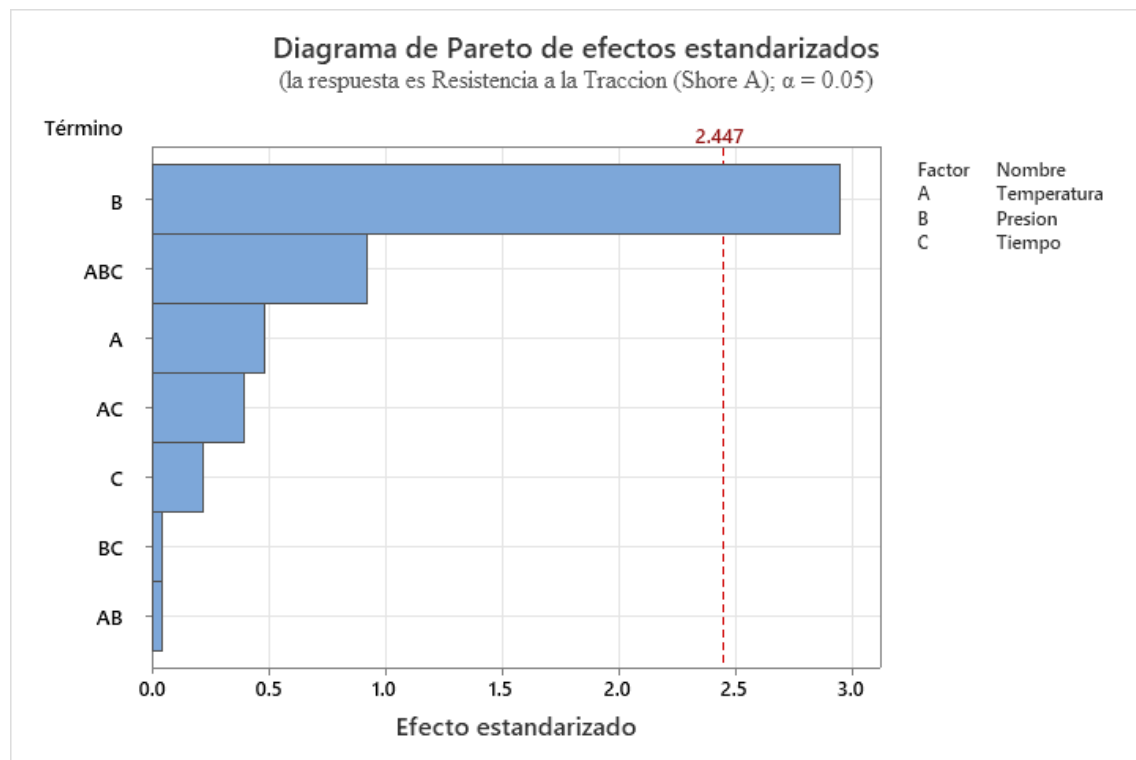
**Tabla 33.** ANOVA del experimento 1, para el proceso de empalme vulcanizado en caliente de faja transportadora ST 4500.

Análisis de varianza					
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	8	3.33905	0.41738	0.51	0.816
Lineal	3	2.49375	0.83125	1.01	0.451
Temperatura	1	0.15125	0.15125	0.18	0.683
Presión	1	2.31125	2.31125	2.81	0.145
Tiempo	1	0.03125	0.03125	0.04	0.852
Interacciones de 2 términos	3	0.08375	0.02792	0.03	0.991
Temperatura*Presión	1	0.06125	0.06125	0.07	0.794
Temperatura*Tiempo	1	0.01125	0.01125	0.01	0.911
Presión*Tiempo	1	0.01125	0.01125	0.01	0.911
Interacciones de 3 términos	1	0.21125	0.21125	0.26	0.630
Temperatura*Presión*Tiempo	1	0.21125	0.21125	0.26	0.630
Curvatura	1	0.55030	0.55030	0.67	0.445

Error	6	4.93429	0.82238
Total	14	8.27333	

Fuente: Software Minitab, 2020

Se observa que el valor P de los efectos temperatura, presión y tiempo son mayores a 0.05, por lo tanto, su influencia es despreciable, por el contrario, el resto de los efectos de interacciones tiene un valor P mayores, de manera que son muy despreciables. A continuación, se muestra un diagrama de Pareto en el que se observa la relevancia de los efectos ordenados de mayor a menor. Ver la figura 49.

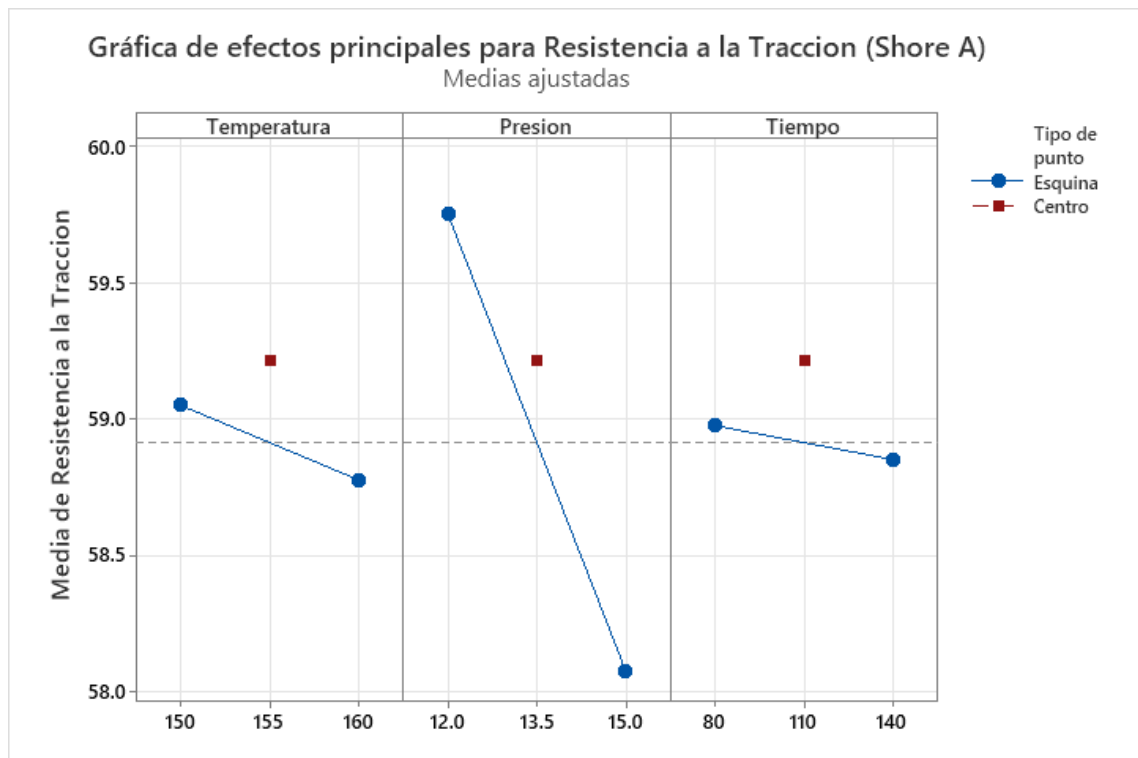


**Figura 49.** Diagrama de Pareto de los efectos del experimento 1.

Fuente: Software Minitab, 2020

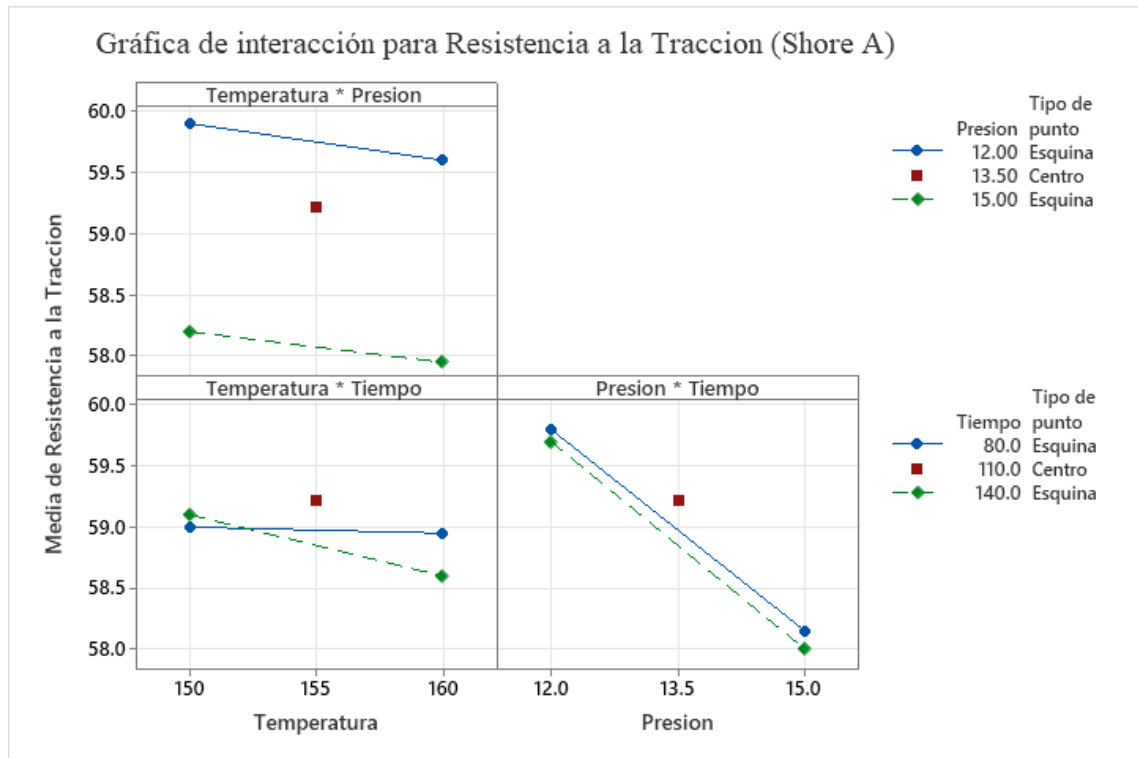
En el diagrama de efectos se muestra la respuesta que genera cada uno de los factores. Puede observarse que el tiempo es la que afecta en mucho menor medida, mientras que la presión es el factor que produce más variación. Esto, naturalmente, coincide con el diagrama de Pareto y demuestra la hipótesis que se tenía en cuanto a la importancia

que la presión tendría en la resistencia a la tracción en el punto de empalme vulcanizado, por afectar directamente a la temperatura. Ver las figuras 50 y 51.



**Figura 50.** Diagrama de Efectos principales del experimento 1

Fuente: Software Minitab, 2020



**Figura 51.** Diagrama de interacciones del experimento 1

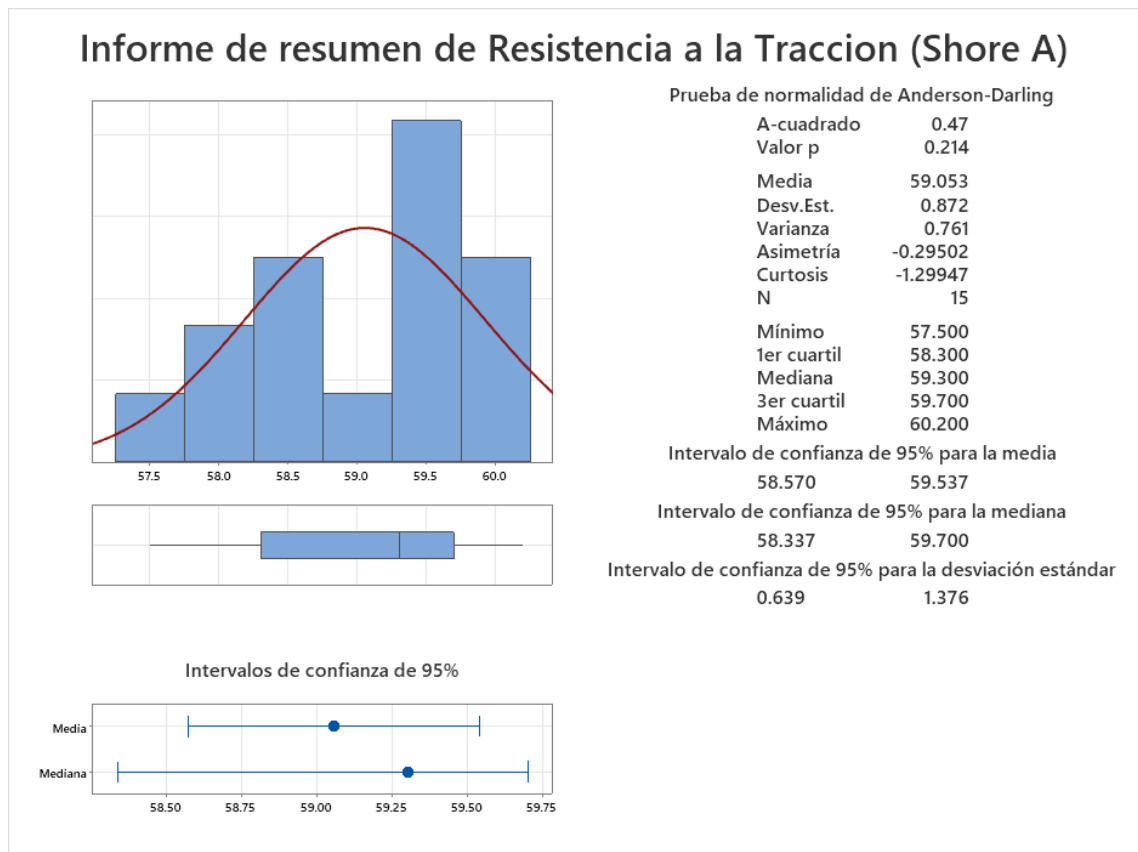
Fuente: Software Minitab, 2020

En el diagrama de interacciones se observa que las pendientes del porcentaje de Temperatura y presión no existe interacción entre estos dos factores, en el diagrama Presión y Tiempo, son iguales, por lo que no existe interacción entre estos dos factores. Las pendientes de la temperatura y Tiempo, por lo que existe interacción, aunque no son tan paralelas. Esto debe tenerse en cuenta en el momento de analizar el empalme vulcanizado.

#### 4.1.2.1. Prueba de hipótesis

**Hipótesis Nula ( $H_0$ ):** No existe diferencia significativa entre los valores de resistencia a tracción en empalme vulcanizado en caliente de faja transportadora st 4500.

**Hipótesis Alterna ( $H_1$ ):** Existe diferencia significativa entre los valores de resistencia a tracción en empalme vulcanizado en caliente de faja transportadora st 4500.



**Figura 52.** Análisis de resultados descriptivos de la resistencia a la tracción.

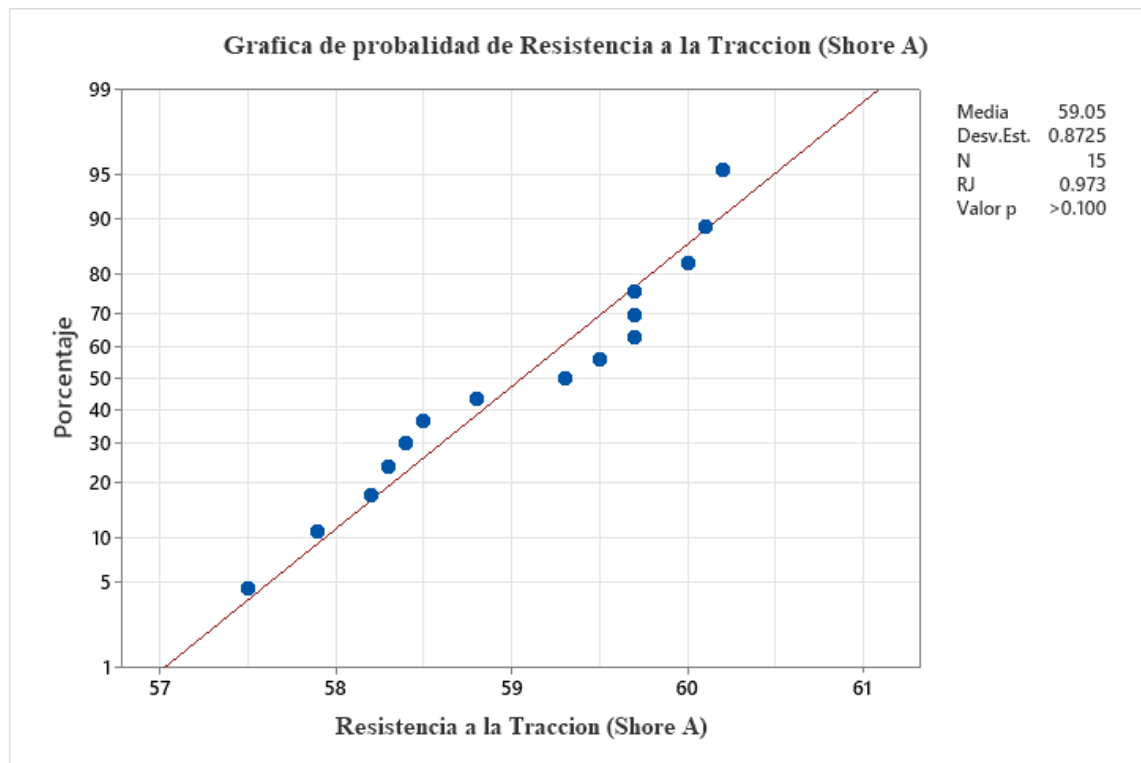
Fuente: Software Minitab, 2020

#### 4.1.2.2. Prueba de normalidad

Se emplea esta prueba para verificar si los datos obtenidos de la resistencia a la tracción tienen una distribución normal con una prueba de bondad de Shapiro - Wilk, basándose en la confiabilidad del 95% por lo que se debe cumplir con lo planteado, caso contrario es necesario realizar una nueva prueba de ajuste para que se cumpla dicho supuesto, esto se lo especifica en la tabla 34.

**Tabla 34.** Verificación de normalidad de la resistencia a la tracción.

hipótesis	$H_o$ : Los datos cumplen con la distribución normal		
	$H_a$ : Los datos no cumplen con la distribución normal		
Nivel de Significancia	$\alpha = 0.05$	N:	15 datos



Estadístico de prueba:	Shapiro - Wilk	0.973	Valor p = 0.100
Decisión:	Se acepta la ( $H_o$ ) hipótesis nula.		
Conclusión:	De acuerdo con el p valor, siendo mayor que el 5% de significancia esta se acepta.		
Observación:	No es necesario realizar un ajuste de los datos.		

Fuente: elaboración propia.

#### 4.1.3. ANOVA del experimento 2

Los resultados muestran en la tabla 35:

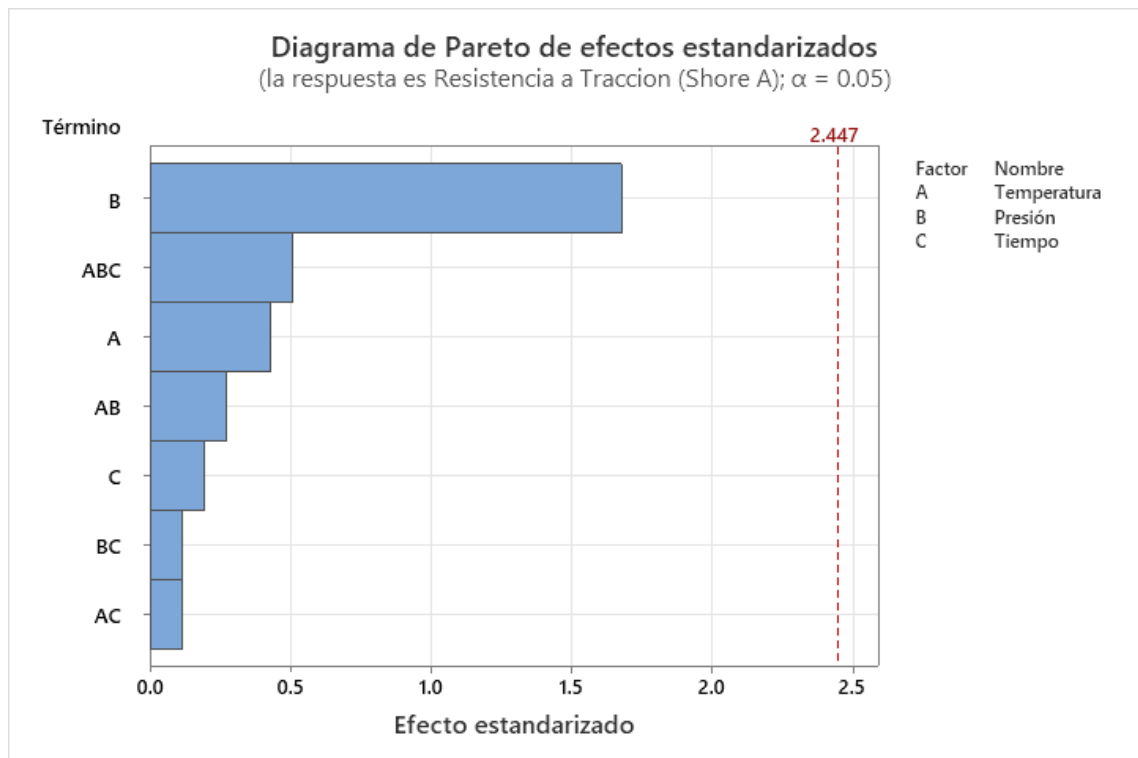


**Tabla 35.** ANOVA del experimento 2, para el proceso de empalme vulcanizado en caliente de faja transportadora ST 4500.

Análisis de Varianza					
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	8	4.62743	0.57843	1.00	0.514
Lineal	3	4.07000	1.35667	2.35	0.172
Temperatura	1	0.18000	0.18000	0.31	0.597
Presión	1	3.64500	3.64500	6.31	0.046
Tiempo	1	0.24500	0.24500	0.42	0.539
Interacciones de 2 términos	3	0.03000	0.01000	0.02	0.997
Temperatura*Presión	1	0.00500	0.00500	0.01	0.929
Temperatura*Tiempo	1	0.00500	0.00500	0.01	0.929
Presión*Tiempo	1	0.02000	0.02000	0.03	0.859
Interacciones de 3 términos	1	0.50000	0.50000	0.86	0.388
Temperatura*Presión*Tiempo	1	0.50000	0.50000	0.86	0.388
Curvatura	1	0.02743	0.02743	0.05	0.835
Error	6	3.46857	0.57810		
Total	14	8.09600			

Fuente: Minitab (Análisis de Varianza)

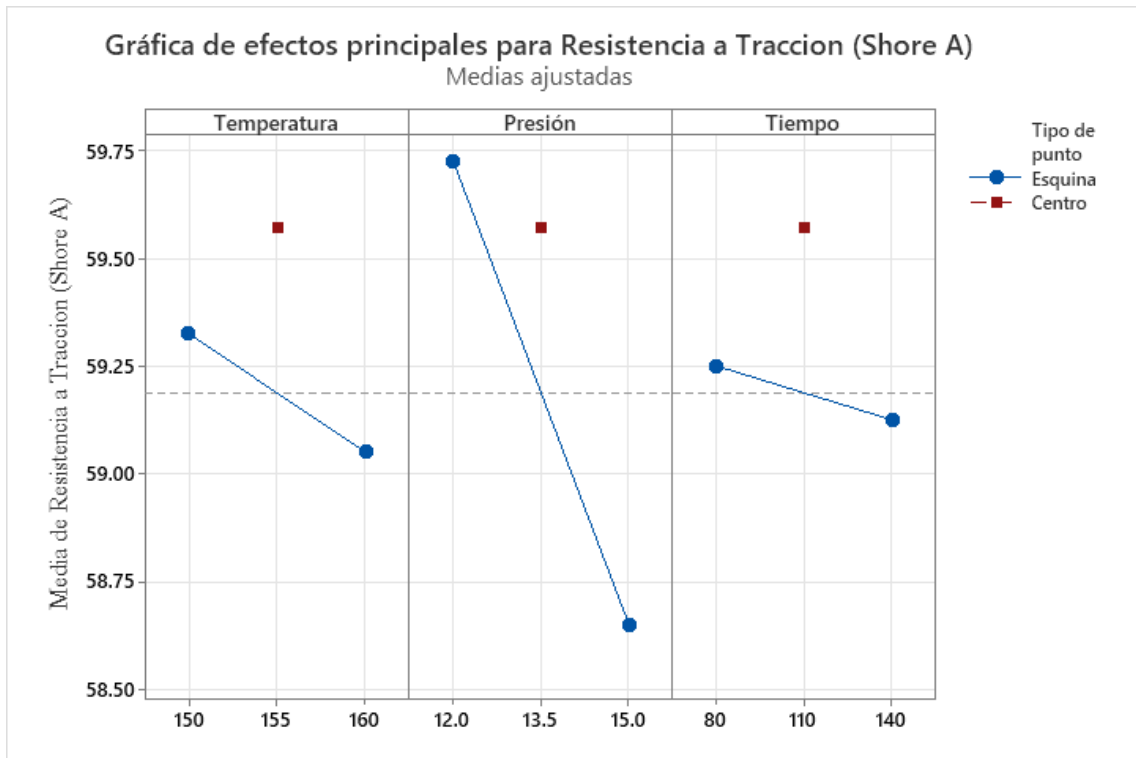
Se observa que el valor P de efecto presión es menor a 0.05, por lo tanto, su influencia es significativa, por el contrario, el resto de los efectos tiene un valor P mayores, de manera que son muy despreciables. A continuación, se muestra un diagrama de Pareto en el que se observa la relevancia de los efectos ordenados de mayor a menor. Ver la figura 53.



**Figura 53.** Diagrama de Pareto de los efectos del experimento 2

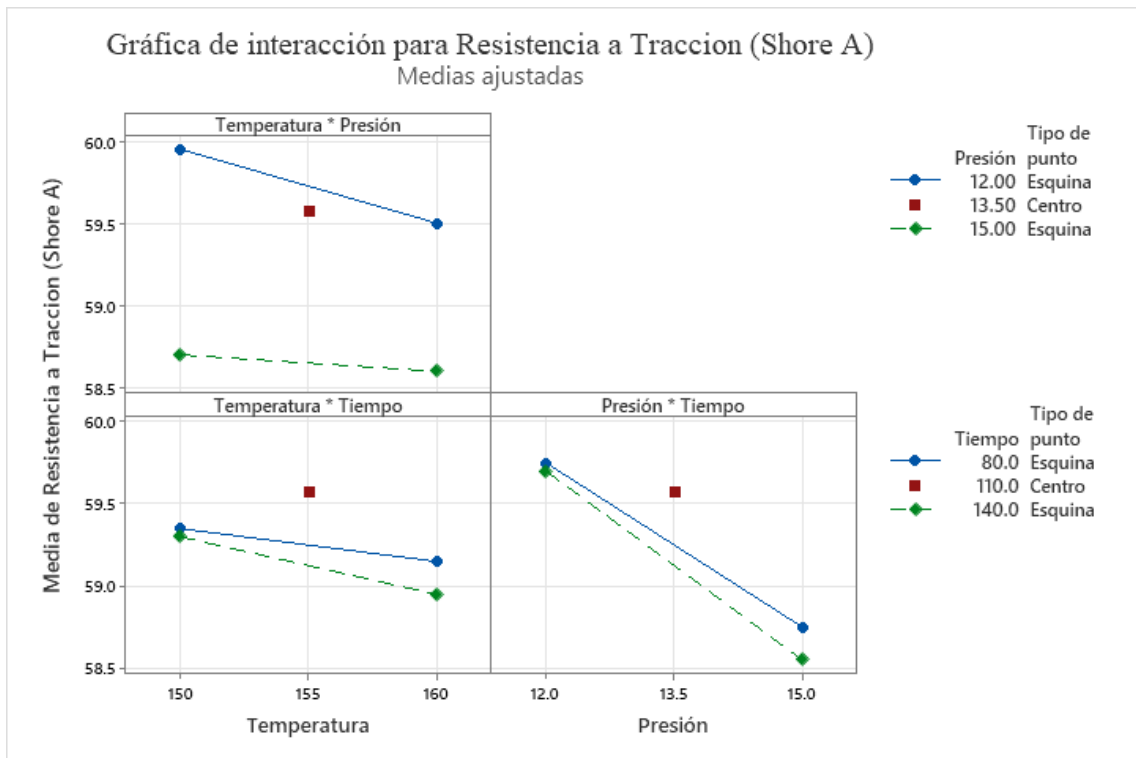
Fuente: Software Minitab, 2020

En el diagrama de efectos se muestra la respuesta que genera cada uno de los factores. Puede observarse que la temperatura es la que afecta en mucho menor medida, mientras que la presión es el factor que produce más variación. Esto, naturalmente, coincide con el diagrama de Pareto y demuestra la hipótesis que se tenía en cuanto a la importancia que la presión tendría en la resistencia a la tracción en el punto de empalme vulcanizado, por afectar directamente a la temperatura. Ver las figuras 54 y 55.



**Figura 54.** Diagrama de Efectos principales del experimento 2

Fuente: Software Minitab, 2020



**Figura 55.** Diagrama de interacciones del experimento 2

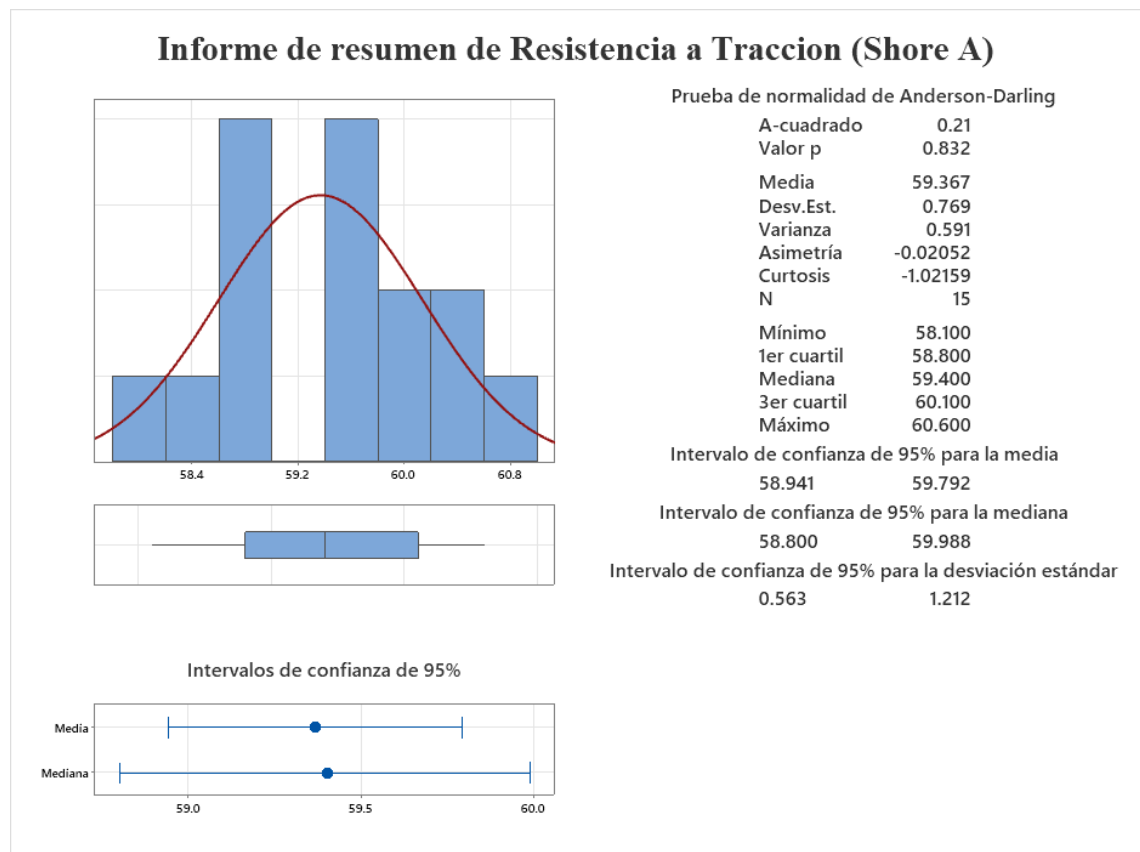
Fuente: Software Minitab, 2020

En el diagrama de interacciones se observa que las pendientes temperatura y presión, en los diagramas presión y tiempo son ligeramente distintas, por lo que no existe ningunas interacciones.

#### 4.1.3.1. Prueba de hipótesis

**Hipótesis Nula ( $H_0$ ):** No existe diferencia significativa entre los valores de resistencia a tracción en empalme vulcanizado en caliente de faja transportadora st 4500.

**Hipótesis Alterna ( $H_1$ ):** Existe diferencia significativa entre los valores de resistencia a tracción en empalme vulcanizado en caliente de faja transportadora st 4500.



**Figura 56.** Análisis de resultados descriptivos de la resistencia a tracción

Fuente: Software Minitab, 2020

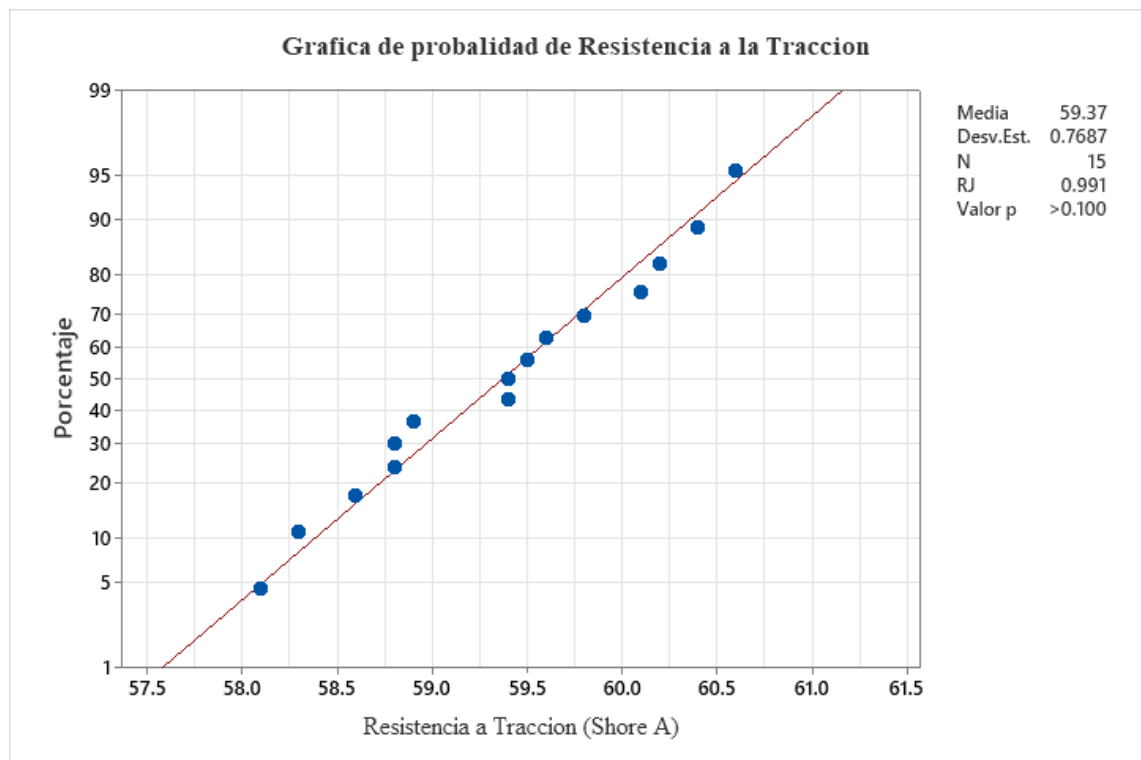
#### 4.1.3.2. Prueba de normalidad

Se emplea esta prueba para verificar si los datos obtenidos de la resistencia a la tracción tienen una distribución normal con una prueba de bondad de Kolmogorov y

Smirnov, basándose en la confiabilidad del 95% por lo que se debe cumplir con lo planteado, caso contrario es necesario realizar una nueva prueba de ajuste para que se cumpla dicho supuesto, esto se lo especifica en la tabla 35.

**Tabla 36.** Verificación de normalidad de la resistencia a la tracción.

hipótesis	$H_0$ : Los datos cumplen con la distribución normal		
	$H_0$ : Los datos cumplen con la distribución normal		
Nivel de Significancia	$\alpha = 0.05$	N:	15 datos



Estadístico de prueba:	Shapiro - Wilk	0.991	Valor p = 0.100
Decisión:	Se acepta la ( $H_0$ ) hipótesis nula.		
Conclusión:	De acuerdo con el p valor, siendo mayor que el 5% de significancia esta se acepta.		
Observación:	No es necesario realizar un ajuste de los datos.		

Fuente: Software Minitab, 2020

#### 4.1.4. ANOVA del experimento 3

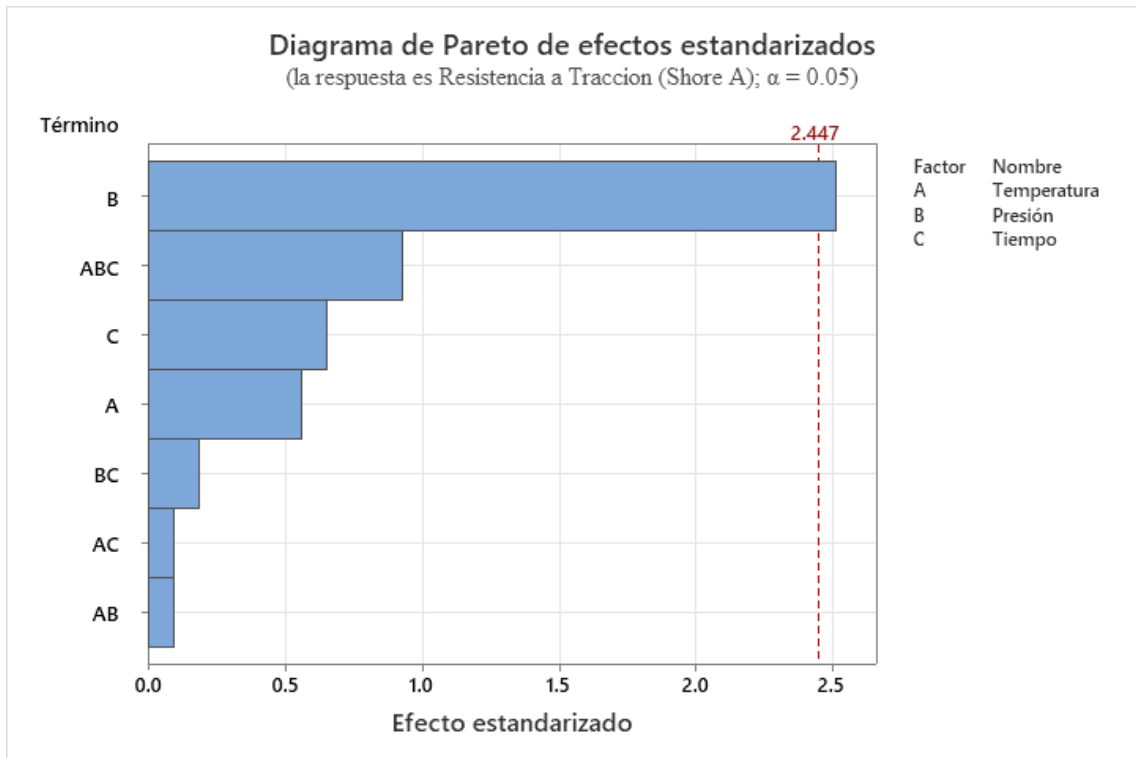
Los resultados muestran en la tabla 36:

**Tabla 37.** ANOVA del experimento 3, para el proceso de empalme vulcanizado en caliente de faja transportadora ST 4500.

Análisis de Varianza					
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	8	6.7888	0.84860	1.32	0.379
Lineal	3	5.7937	1.93125	3.00	0.117
Temperatura	1	0.1513	0.15125	0.23	0.645
Presión	1	5.6113	5.61125	8.70	0.026
Tiempo	1	0.0312	0.03125	0.05	0.833
Interacciones de 2 términos	3	0.1037	0.03458	0.05	0.982
Temperatura*Presión	1	0.0013	0.00125	0.00	0.966
Temperatura*Tiempo	1	0.1012	0.10125	0.16	0.706
Presión*Tiempo	1	0.0013	0.00125	0.00	0.966
Interacciones de 3 términos	1	0.5513	0.55125	0.85	0.391
Temperatura*Presión*Tiempo	1	0.5513	0.55125	0.85	0.391
Curvatura	1	0.3400	0.34001	0.53	0.495
Error	6	3.8686	0.64476		
Total	14	10.6573			

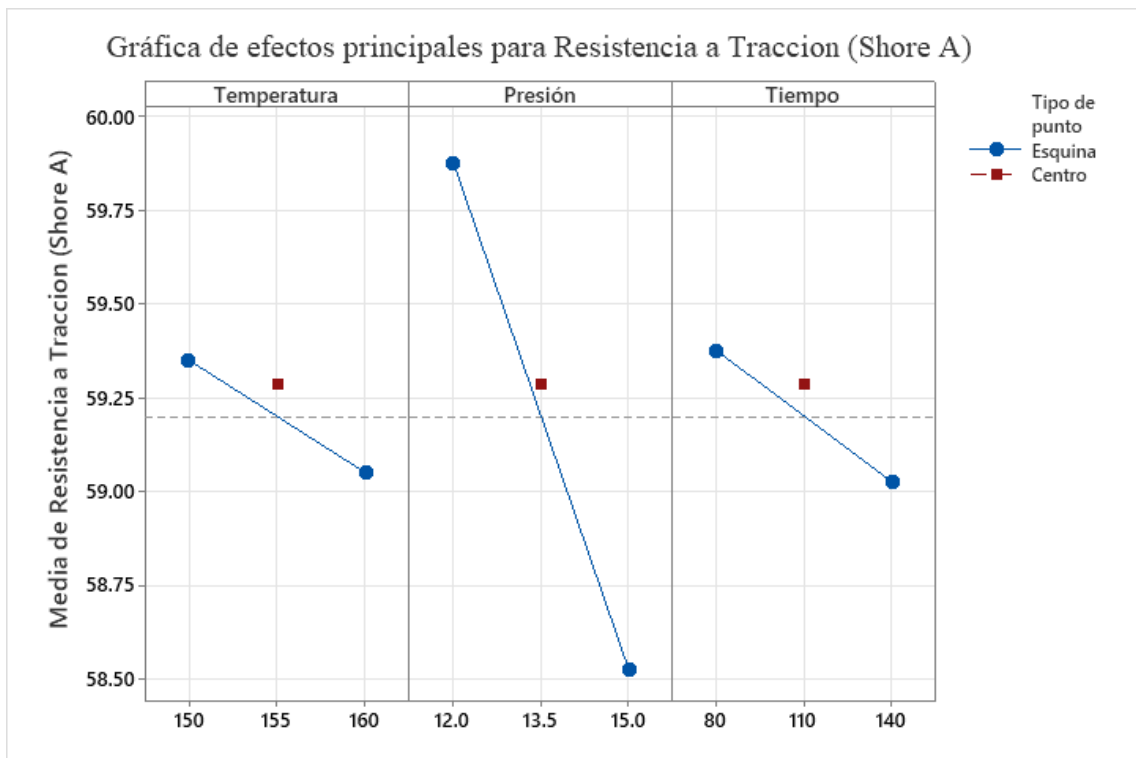
Fuente: Software Minitab, 2020

Se observa que el valor P de efecto presión es menor a 0.05, por lo tanto, su influencia es significativa, por el contrario, el resto de los efectos tiene un valor P mayores, de manera que son muy despreciables. A continuación, se muestra un diagrama de Pareto en el que se observa la relevancia de los efectos ordenados de mayor a menor. Ver la figura 57 y 56.



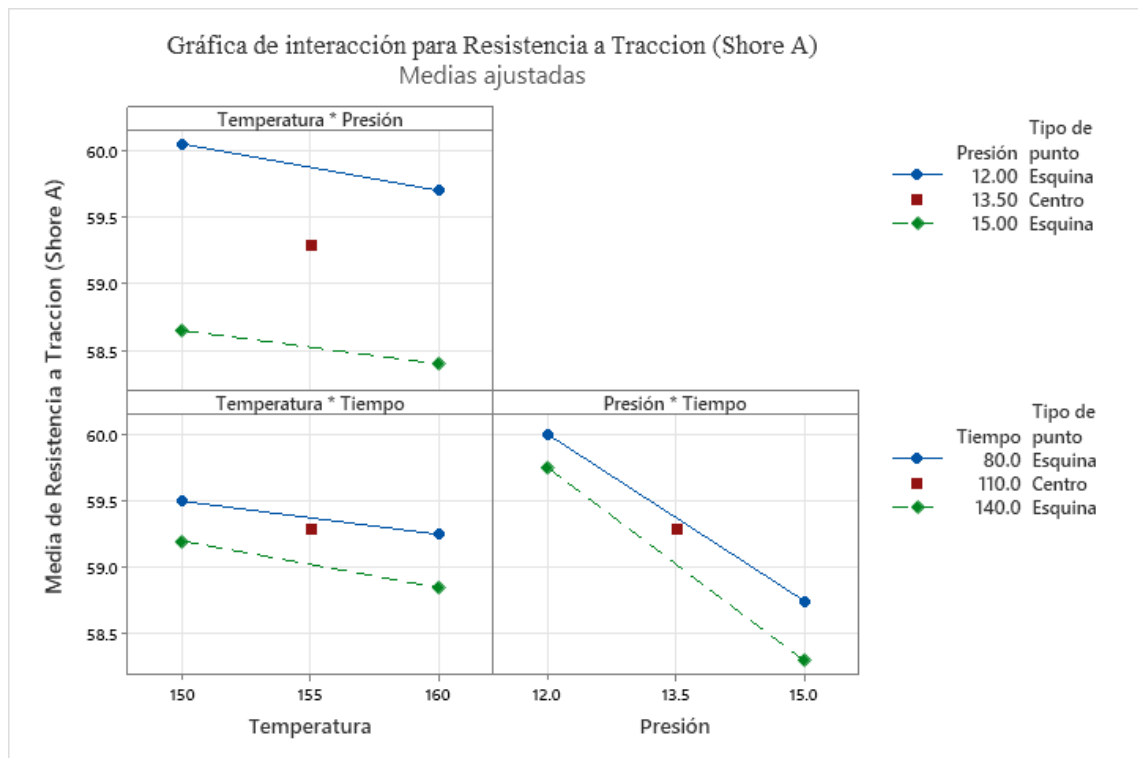
**Figura 57.** Diagrama de Pareto de los efectos del experimento 3

Fuente: Software Minitab, 2020



**Figura 58.** Diagrama de Efectos principales del experimento 3

Fuente: Software Minitab, 2020



**Figura 59.** Diagrama de interacciones del experimento 3

Fuente: Software Minitab, 2020

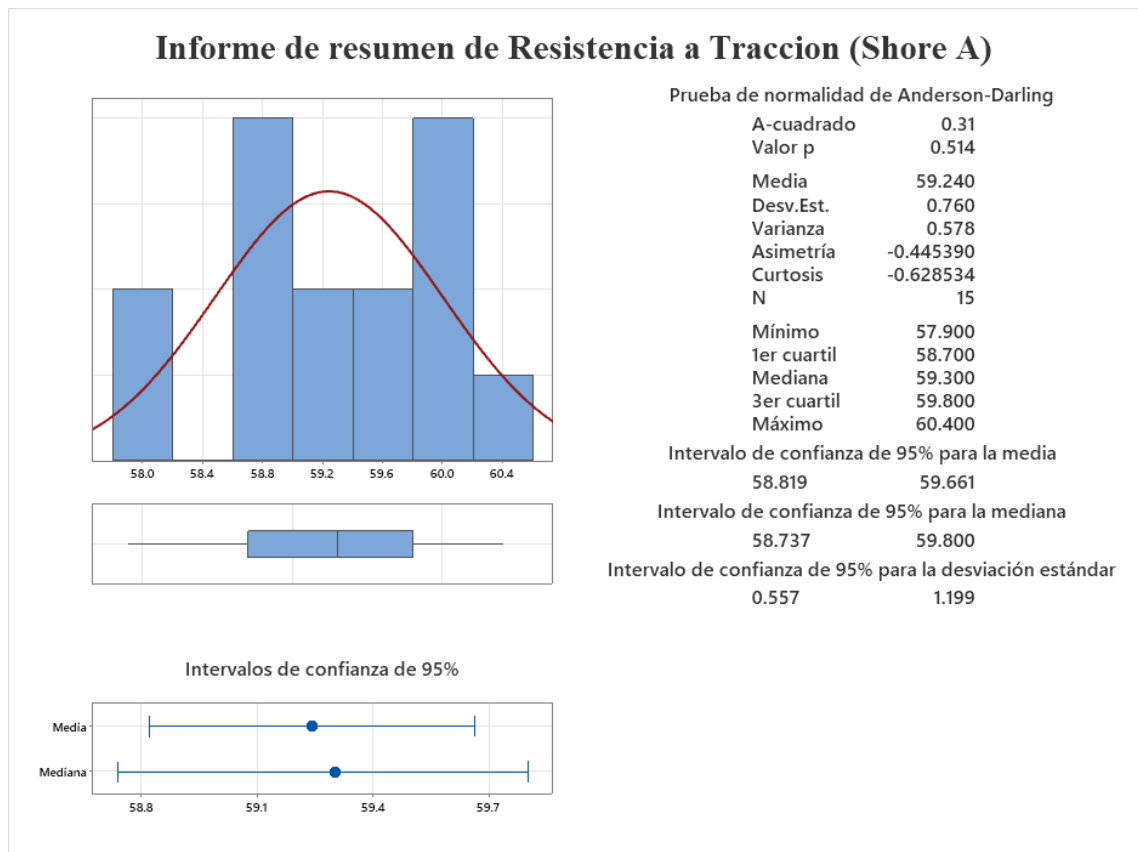
En el diagrama de interacciones se observa que las pendientes temperatura y presión, en los diagramas presión y tiempo son ligeramente distintas, por lo que no existe ningunas interacciones. Sin embargo, en el diagrama temperatura y tiempo si existe una interacción pequeña de dos factores.

#### 4.1.4.1. Prueba de hipótesis

**Hipótesis Nula ( $H_0$ ):** No existe diferencia significativa entre los valores de resistencia a tracción en empalme vulcanizado en caliente de faja transportadora st 4500.

**Hipótesis Alterna ( $H_1$ ):** Existe diferencia significativa entre los valores de resistencia a tracción en empalme vulcanizado en caliente de faja transportadora st 4500.





**Figura 60.** Análisis de resultados descriptivos de la resistencia a tracción

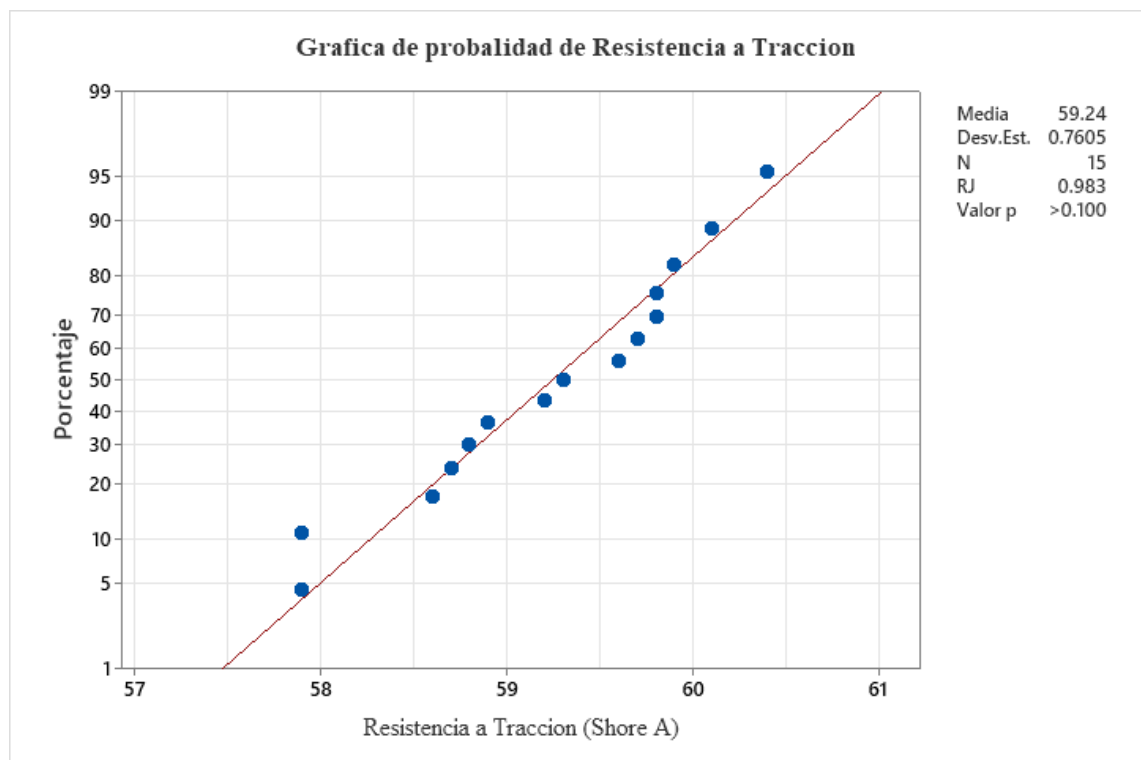
Fuente: Software Minitab, 2020

#### 4.1.4.2. Prueba de normalidad

Se emplea esta prueba para verificar si los datos obtenidos de la resistencia a la tracción tienen una distribución normal con una prueba de bondad de Kolmogorov y Smirnov, basándose en la confiabilidad del 95% por lo que se debe cumplir con lo planteado, caso contrario es necesario realizar una nueva prueba de ajuste para que se cumpla dicho supuesto, esto se lo especifica en la tabla 37.

**Tabla 38.** Verificación de normalidad de la resistencia a la tracción.

hipótesis	$H_0$ : Los datos cumplen con la distribución normal		
	$H_0$ : Los datos cumplen con la distribución normal		
Nivel de Significancia	$\alpha = 0.05$	N:	15 datos



Estadístico de prueba:	Shapiro - Wilk	0.983	Valor p = 0.100
Decisión:	Se acepta la ( $H_0$ ) hipótesis nula.		
Conclusión:	De acuerdo con el p valor, siendo mayor que el 5% de significancia esta se acepta.		
Observación:	No es necesario realizar un ajuste de los datos.		

Fuente: Software minitab, 2020

#### 4.1.5. ANOVA del experimento 4

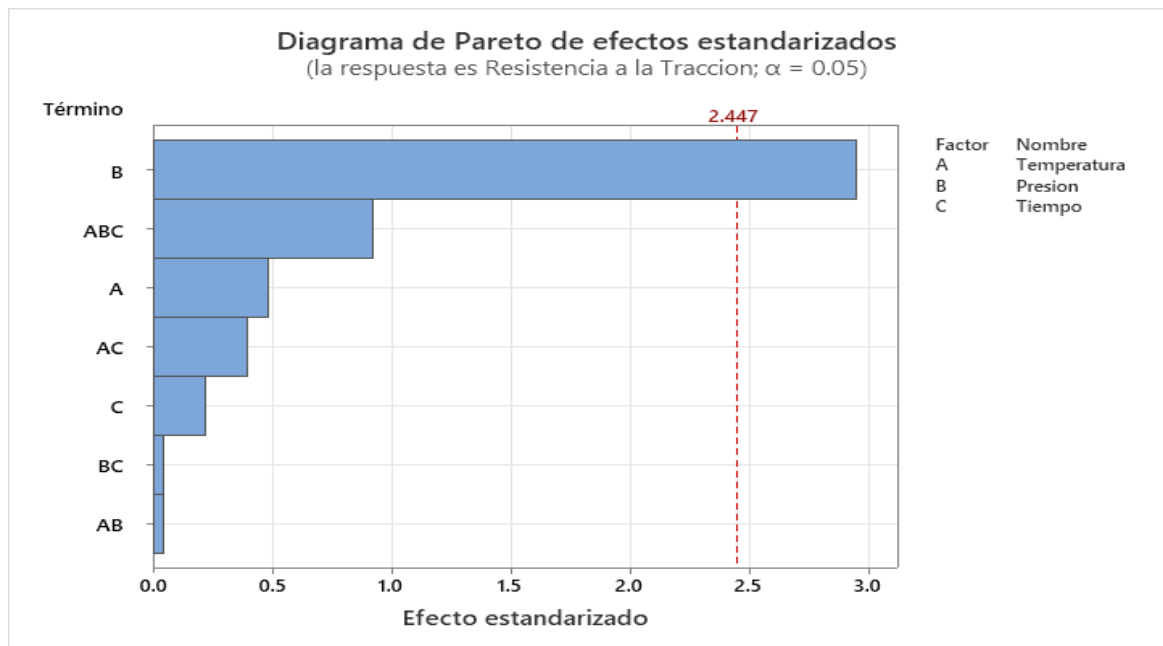
Los resultados muestran en la tabla 38:

**Tabla 39.** ANOVA del experimento 4, para el proceso de empalme vulcanizado en caliente de faja transportadora ST 4500.

Análisis de Varianza					
Fuente	SC			Valor F	Valor p
	GL	Ajust.	MC Ajust.		
Modelo	8	6.7888	0.84860	1.32	0.379
Lineal	3	5.7937	1.93125	3.00	0.117
Temperatura	1	0.1513	0.15125	0.23	0.645
Presión	1	5.6113	5.61125	8.70	0.026
Tiempo	1	0.0312	0.03125	0.05	0.833
Interacciones de 2 términos	3	0.1037	0.03458	0.05	0.982
Temperatura*Presión	1	0.0013	0.00125	0.00	0.966
Temperatura*Tiempo	1	0.1012	0.10125	0.16	0.706
Presión*Tiempo	1	0.0013	0.00125	0.00	0.966
Interacciones de 3 términos	1	0.5513	0.55125	0.85	0.391
Temperatura*Pre- sión*Tiempo	1	0.5513	0.55125	0.85	0.391
Curvatura	1	0.3400	0.34001	0.53	0.495
Error	6	3.8686	0.64476		
Total	14	10.6573			

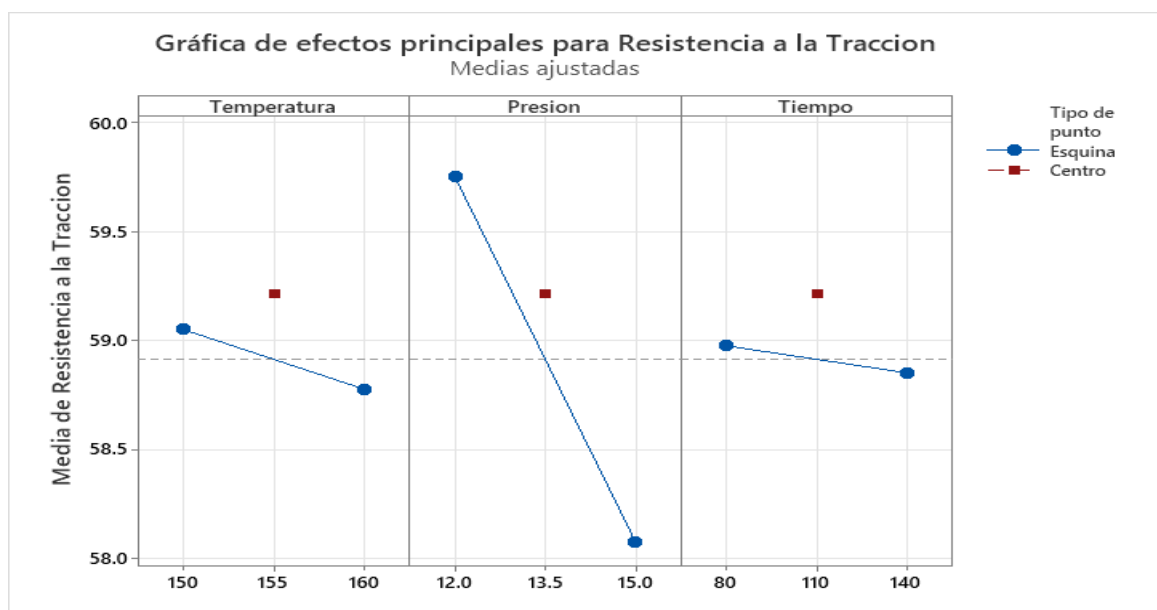
Fuente: Minitab (Análisis de Varianza)

Se observa que el valor P de efecto presión es menor a 0.05, por lo tanto, su influencia es significativa, por el contrario, el resto de los efectos tiene un valor P mayores, de manera que son muy despreciables. A continuación, se muestra un diagrama de Pareto en el que se observa la relevancia de los efectos ordenados de mayor a menor. Ver la figura 61.



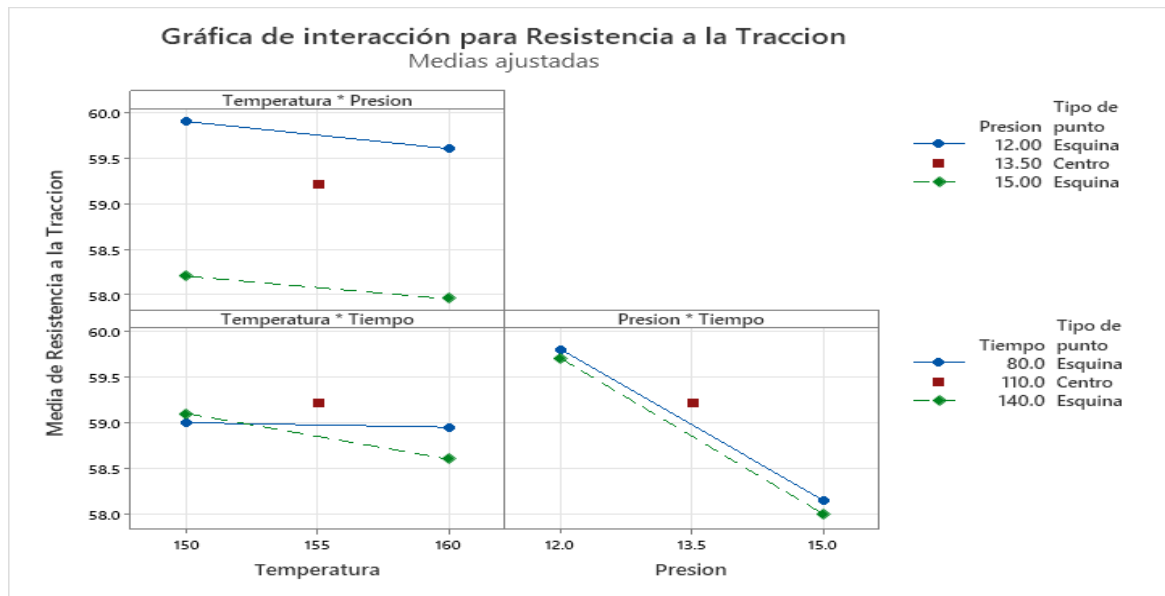
**Figura 61.** Diagrama de Pareto de los efectos del experimento 4

En el diagrama de efectos se muestra la respuesta que genera cada uno de los factores. Puede observarse que el tiempo es la que afecta en mucho menor medida, mientras que la presión es el factor que produce más variación. Esto, naturalmente, coincide con el diagrama de Pareto y demuestra la hipótesis que se tenía en cuanto a la importancia que la presión tendría en la resistencia a la tracción en el punto de empalme vulcanizado, por afectar directamente a la temperatura. Ver las figuras 62 y 63.



**Figura 62.** Diagrama de Efectos principales del experimento 4

Fuente: Software Minitab, 2020



**Figura 63.** Diagrama de interacciones del experimento 4

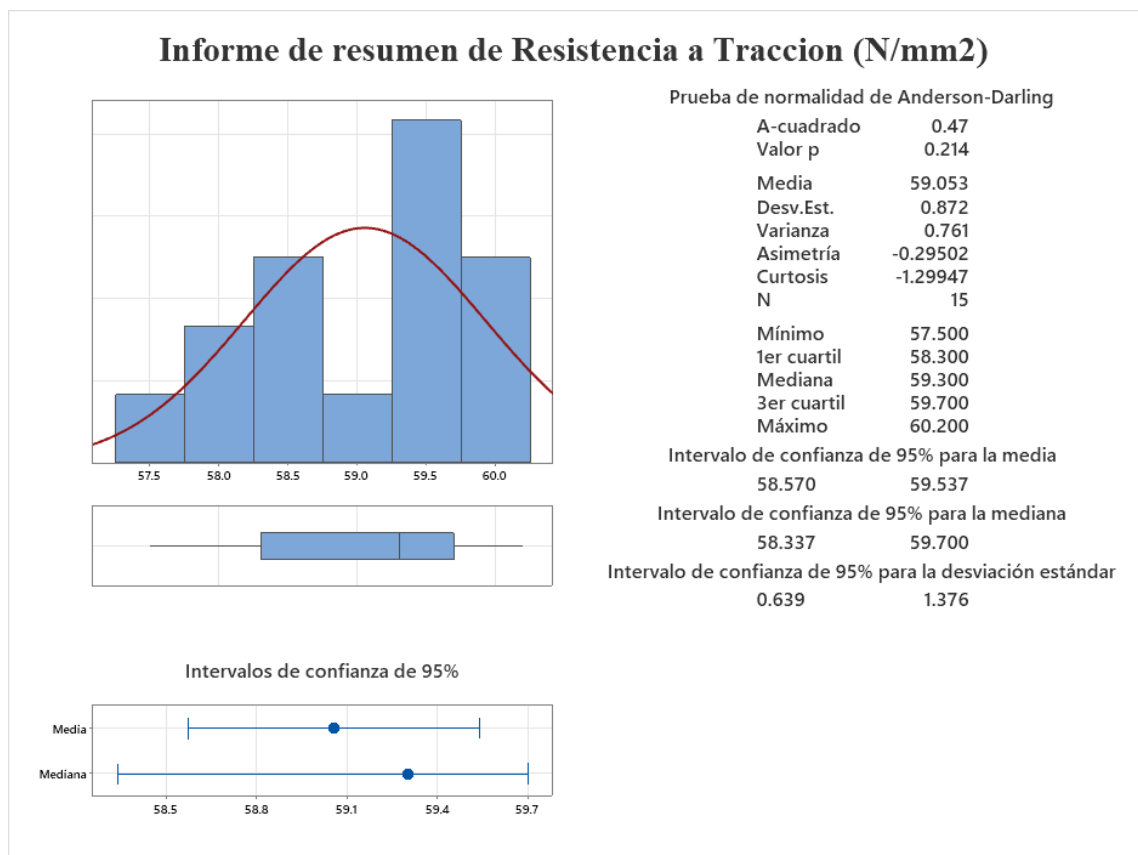
Fuente: Software Minitab, 2020

En el diagrama de interacciones se observa que las pendientes del porcentaje de Temperatura y presión no existe interacción entre estos dos factores, en el diagrama Presión y Tiempo, son iguales, por lo que no existe interacción entre estos dos factores. Las pendientes de la temperatura y Tiempo, por lo que existe interacción, aunque es pequeña. Esto debe tenerse en cuenta en el momento de analizar el empalme vulcanizado.

#### 4.1.5.1. Prueba de hipótesis

**Hipótesis Nula ( $H_0$ ):** No existe diferencia significativa entre los valores de resistencia a tracción en empalme vulcanizado en caliente de faja transportadora st 4500.

**Hipótesis Alternativa ( $H_1$ ):** Existe diferencia significativa entre los valores de resistencia a tracción en empalme vulcanizado en caliente de faja transportadora st 4500.



**Figura 64.** Análisis de resultados descriptivos de la resistencia a Tracción

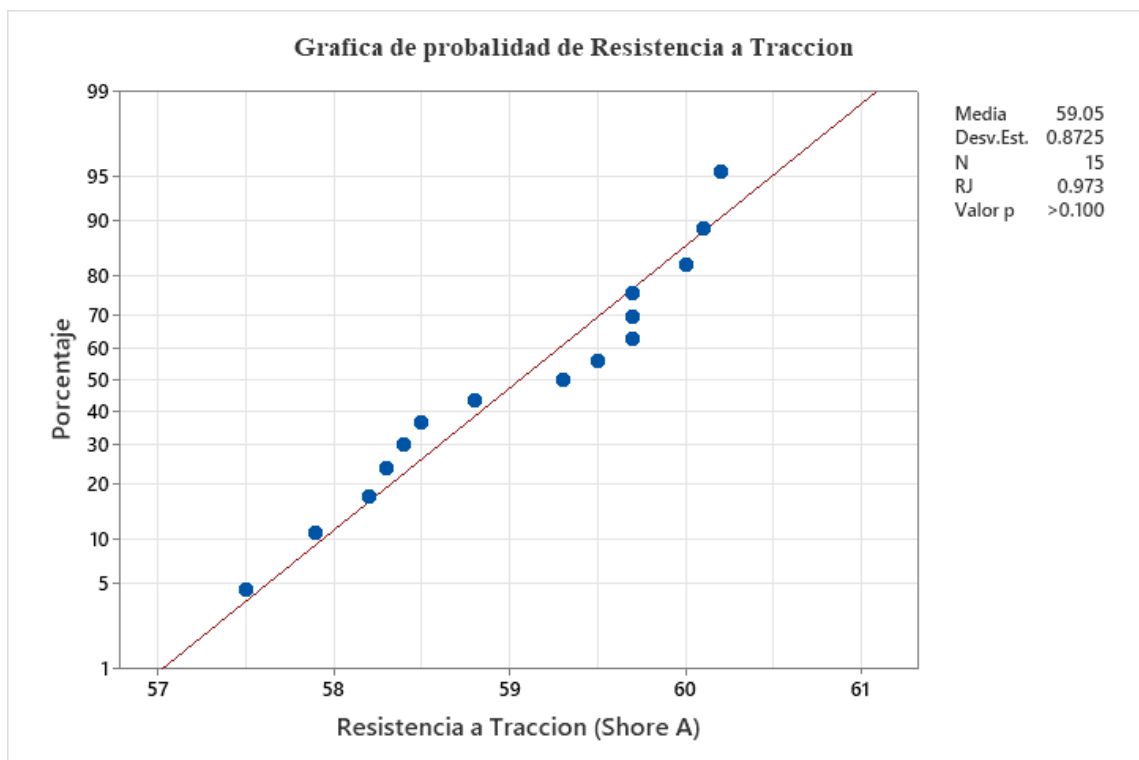
Fuente: Software minitab, 2020

#### 4.1.5.2. Prueba de normalidad

Se emplea esta prueba para verificar si los datos obtenidos de la resistencia a la tracción tienen una distribución normal con una prueba de bondad de Kolmogorov y Smirnov, basándose en la confiabilidad del 95% por lo que se debe cumplir con lo planteado, caso contrario es necesario realizar una nueva prueba de ajuste para que se cumpla dicho supuesto, esto se lo especifica en la tabla 39.

Tabla 40 Verificación de normalidad de la resistencia a la tracción.

hipótesis	$H_0$ : Los datos cumplen con la distribución normal		
	$H_a$ : Los datos no cumplen con la distribución normal		
Nivel de Significancia	$\alpha = 0.05$	N:	15 datos



Estadístico de prueba:	Shapiro - Wilk	0.973	Valor p = 0.100
Decisión:	Se acepta la ( $H_0$ ) hipótesis nula.		
Conclusión:	De acuerdo con el p valor, siendo mayor que el 5% de significancia esta se acepta.		
Observación:	No es necesario realizar un ajuste de los datos.		

Fuente: Software Minitab, 2020

De acuerdo a la tabla 39 con los indicados, se puede apreciar que el nivel de significancia es mayor que 0.05, lo que significa que se acepta la hipótesis nula concluyendo que los datos tienen distribución normal.



Debido a que los supuestos se cumplen, se puede indicar que las conclusiones de diseño son válidas para el proceso de empalme vulcanizado en caliente de faja transportadora ST 4500.





## V. CONCLUSIONES

- Mediante los ensayos dureza Shore A, se obtuvo las propiedades mecánicas, según las normas DIN 53 505 y DIN 22131 respectivamente, obteniendo en total de 60 resultados individuales, la obtención de datos se tomó en 4 puntos en la banda transportadora de cable acero ST 4500. los resultados obtenidos del esfuerzo de tracción, dureza, se evaluaron los supuestos de normalidad, igualdad de varianza e independencia de residuos dando cumplimiento con la condición del p – valor que sea mayor de la significancia del 5%, en este caso el Esfuerzo de tracción y dureza cumplió, lo cual se acepta la hipótesis nula concluyendo que los datos tienen distribución normal. Debido a que los supuestos se cumplen, se puede indicar que las conclusiones de diseño son válidas para el proceso de empalme vulcanizado en caliente de la faja transportadora ST 4500.
- Se concluye que, con la evaluación realizada en la figura 62 la presión de vulcanización tiene mayor incidencia en la respuesta de empalme vulcanizado en caliente. Los datos previamente analizados se pasan a Minitab para evaluar y determinar el mejor porcentaje a 95%, con una resistencia a tracción de 59.70 Shore A. Encontrando con un valor máximo de 150 °C para Temperatura de vulcanización, mientras para el Presión de vulcanización 12 bar y Tiempo de vulcanización 80 minutos. Con estos resultados se obtienen mejores propiedades mecánicas a Tracción.



## VI. RECOMENDACIONES

- Continuar aplicando el ensayo de dureza (Shore A) con durómetro digital para determinar la resistencia de tracción en el empalme vulcanizado de Faja Transportadora St 4500 para el transporte de mineral de Hierro a largas distancias.
- Se recomienda el uso de especificaciones técnicas de cable de acero de faja transportadora según las normas DIN 22131 para empalme vulcanizado en caliente de faja transportadora ST 4500 y trabajar con el mejor modelo estadístico para las pruebas, tomando en cuenta el p – valor siendo menor a la significancia.



## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Acuña, Jorge (2016) presento la tesis: *“Análisis para la implementación de una banda transportadora para mineral en el circuito de chancado de la CIA Minera Ma-peru”*.

Aguilar, Fredy (1997) presento la tesis: *“Diseño y Construcción de un Transportador de Banda para conducir 100 Ton/Hora de cal viva”*.

Arias, G. J. (2020). *Técnicas e instrumentos de investigación científica*.  
*doi:file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/AriasGonzales\_TecnicasEInstrumentosDeInvestigacion\_libro.pdf*

Butler, E. (2015) presento la tesis: *“Diseño de un sistema de transportes de polimetales de 1000 TM/H por medio de fajas transportadoras para aumentar la capacidad instalada de los almacenes de Cormin en el puerto del Callao”*.

Castañón, R. J. (2020). Las Máquinas. Recuperado el 29 de Noviembre de 2022, de [https://www.google.com/search?q=Fajas+transportadoras+con+cables+de+acero&rlz=1C1UUXU\\_esPE1003PE1003&source=lnms&tbm=bks&sa=X&ved=2ahUKEwiA3pbG8tP7AhWvIbkGHYXvC9kQ\\_AUoAHoECAEQCg&biw=1572&bih=821&dpr=1](https://www.google.com/search?q=Fajas+transportadoras+con+cables+de+acero&rlz=1C1UUXU_esPE1003PE1003&source=lnms&tbm=bks&sa=X&ved=2ahUKEwiA3pbG8tP7AhWvIbkGHYXvC9kQ_AUoAHoECAEQCg&biw=1572&bih=821&dpr=1)

Castro, J. (2011) en su tesis *“Diseño de una banda transportadora semiautomática para la fabricación de tanques de combustible de vehículos de carga”*.

Contitech Conveyor Belt Group. (1994). *Manual de Empalmes Vulcanizados*. Recupe-



rado de <http://clientes.bcsoporte.com/tecniband/wp-content/uploads/2013/03/manual-de-empalmes-vulcanizados.pdf>.

Ccori, Abimael (2017) presento la tesis: “*Calidad de empalme y vulcanización de Faja Transportadora de ST 6800 en proyecto montaje de Faja CV 201 SOUTHERN COPPER CUAJONE*”.

Goodyear (1993): *Manual de instrucciones para los Empalmes Vulcanizados en las Correas Transportadoras.*

Hernández, Sampiere Roberto, Fernández, Collado Carlos, & Baptista, Lucio María del Pilar. (2014). *Metodología de la investigación (6ª ed.)*. México D.F.: McGRAUW-HILL.

Huamán, Ernesto (2014) presento la tesis: “*Tecnología de bandas transportadoras*”.

Hurtado, Abraham (2010) presento la tesis: “*Metodología de un programa de mantenimiento a bandas transportadoras en la empresa Calizas industriales del Carmen S.A. de C.V.*”

Manual: “*Manual de Ingeniería Bandas Transportadoras*”, CONTITECH CON-VEYOR BELT GROUP.

Manzaneda Cábala José (2000): *Diseño Experimental Estadística Aplicada (3ª ed.)* Lima edición Navarrete.

Miravete, A. M. (2021). Transportadores y Elevadores. Recuperado el 29 de noviembre



de 2022, de [https://www.google.com/search?q=Fajas+transportado-  
ras+con+ca-  
bles+de+acero&rlz=1C1UUXU\\_esPE1003PE1003&source=lnms&tbm=bks&s  
a=X&ved=2ahUKEwiA3pbG8tP7AhWvIbkGHYXvC9kQ\\_AUoAHoECAE-  
QCg&biw=1572&bih=821&dpr=1](https://www.google.com/search?q=Fajas+transportadoras+con+ca-<br/>bles+de+acero&rlz=1C1UUXU_esPE1003PE1003&source=lnms&tbm=bks&s<br/>a=X&ved=2ahUKEwiA3pbG8tP7AhWvIbkGHYXvC9kQ_AUoAHoECAE-<br/>QCg&biw=1572&bih=821&dpr=1).

Tamayo, T. M. (2004). *Diccionario de la investigación científica*. Mexico: Limusa, México y cop. 2004.

Torres, Aldo (2018) presento la tesis: “*elaboración de procedimiento y protocolo de empalme vulcanizado en caliente para el cambio de 310 metros de faja transportadora con alma de acero para el centro minero Shougang Hierro Perú S.A.A. 2016*”

USA:2003 “*Manual Standard ANSI/CEMA B105.1*”, Editorial McGraw-Hill.

Wills, B. (1987). *Tecnología de Procesamiento de Minerales*. (1ª ed.) Editorial Limusa.

Torres García, F. G. (1999). Polímeros: Procesos de Manufactur y diseño parte 1: termoplásticos. *Revista de Química*, XIII(1), 55–68. [https://docplayer.es/39253515- Polimeros-procesos-de-manufactura-y-diseno-parte-1-termoplasticos.html](https://docplayer.es/39253515-Polimeros-procesos-de-manufactura-y-diseno-parte-1-termoplasticos.html)

Juárez Varón, D. (2012). *Estudio, análisis y clasificación de elastómeros*. [https://docplayer.es/39253515- Polimeros-procesos-de-manufactura-y-diseno-parte-1-termoplasticos.html](https://docplayer.es/39253515-Polimeros-procesos-de-manufactura-y-diseno-parte-1-termoplasticos.html)

Juárez Varón, D. (2012). *Estudio, análisis y clasificación de elastómeros*. [https://docpla-](https://docplayer.es/39253515-Polimeros-procesos-de-manufactura-y-diseno-parte-1-termoplasticos.html)



yer.es/39253515- Polimeros-procesos-de-manufactura-y-diseno-parte-1-termo-  
plasticos.html

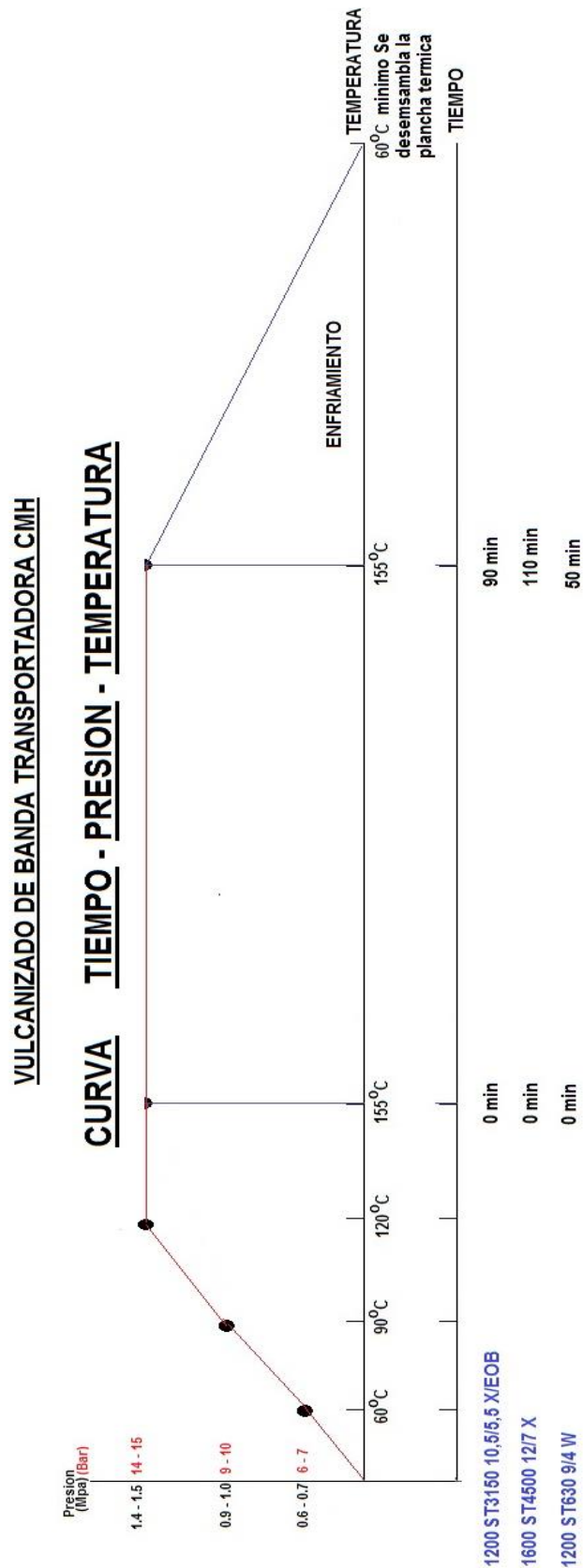
*Anual Book of ASTM, Standard Test Method for Rubber Property – Durometer Hard-  
ness-D 2240, Standards, ASTM, 2010.*



## ANEXOS

### Anexo N° 01: Parámetros de tiempo, presión, temperatura.

Se seguirán los parámetros dispuestos por CMH. A continuación, la curva Tiempo – Presión – Temperatura.





Anexo N°02: Descripción de plano de empalme de banda transportadora 5812-cb-210.

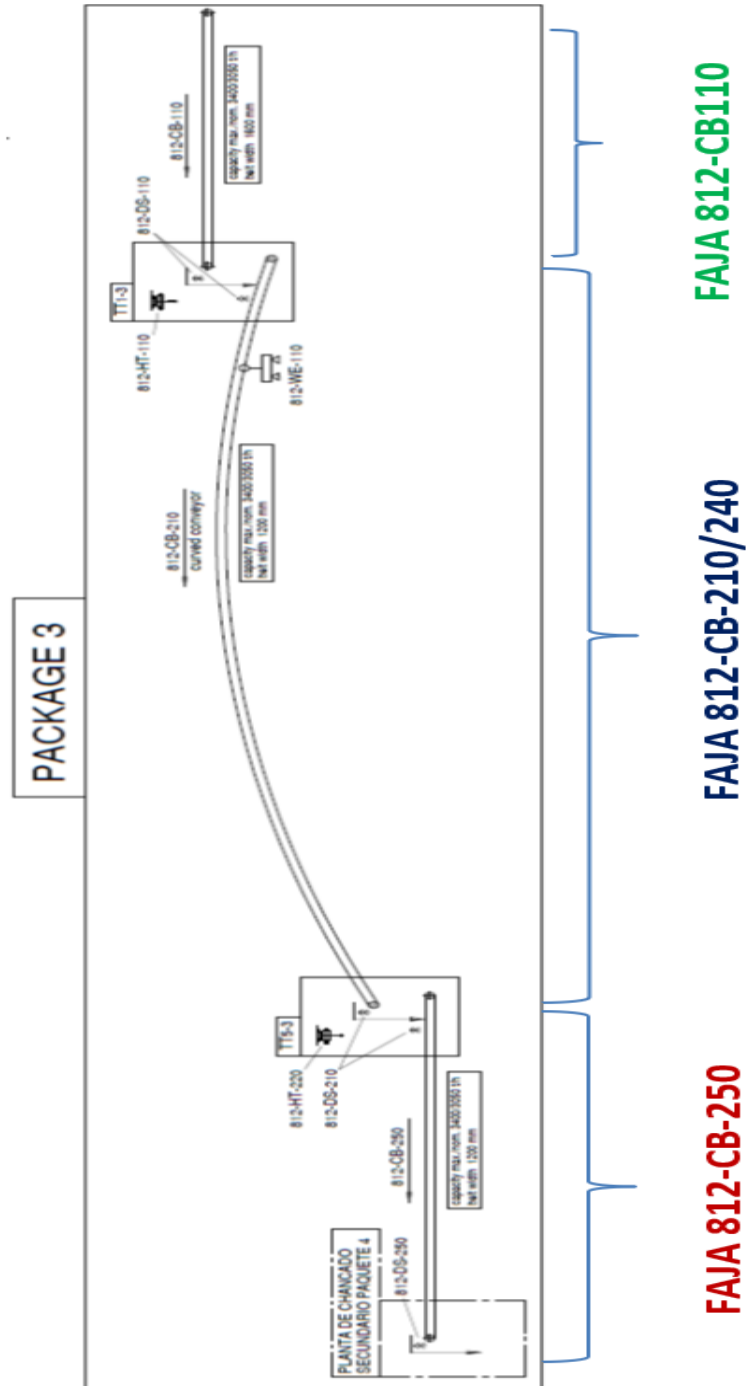



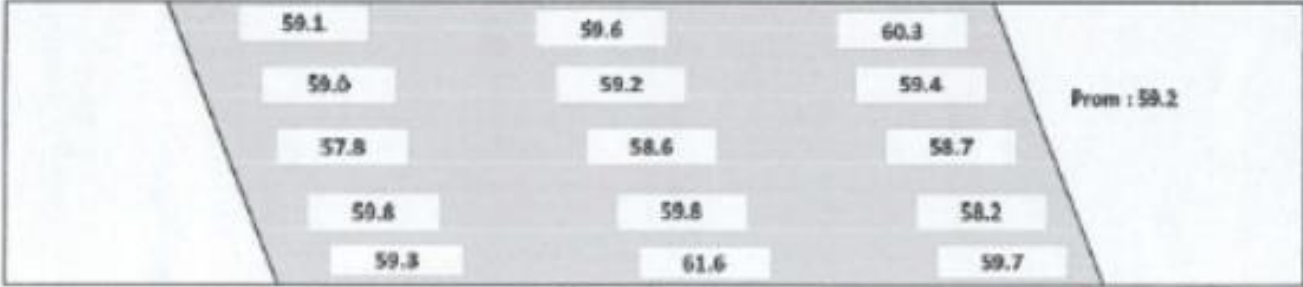
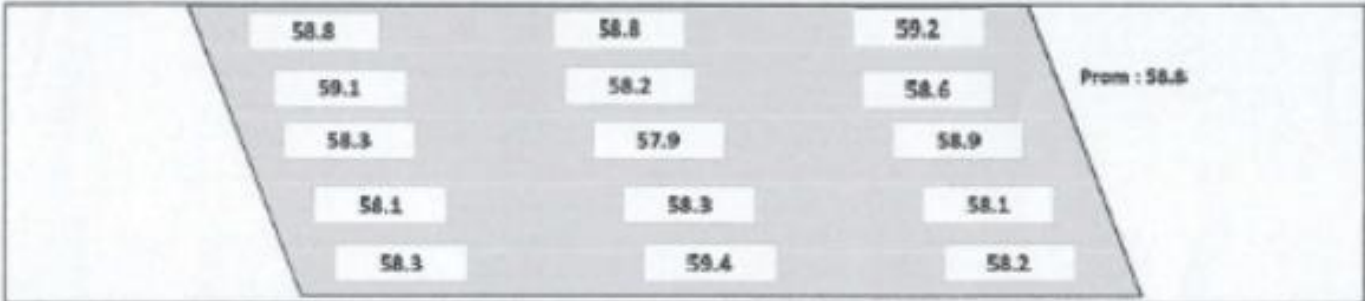
Fig. 1. Fajas transportadoras del paquete 3

**Anexo N°03: Protocolos de unión de faja transportadora.**

	<b>Protocolo de Unión de Faja Transportadora</b>			Código: REG-MEC-050
				Pag: 1-3
				Fecha: 10/01/2016
				Versión: 0
Proyecto: Ampliación de Operaciones de SIF	Fecha de empalme: 03/02/2016	N° Registro: P-CB-210-001		
Cilente: SHOUGANG HIERRO PERÚ S.A.A.	Ubicación: Paquete 3	Área: Conveyor Belt CB 210/240		
Plano de Ref.: ---	Especificación Técnica: GB T97700	Criterio de Aceptación: GB-T9770		
<b>INFORMACION GENERAL DE LA FAJA TRANSPORTADORA</b>				
Paquete de Trabajo: Paquete 3	Localización: 812 CB210/ 240	Loose Part: ---		
Dimensiones (mm) (Espesor/Ancho): 23.6 / 1200		N°Cables de Acero: 77	Tipo de Faja: 1200 ST3150	
Longitud de Banda: 368 m	Marca: PHOENIX	ϕ Cable Acero: 7.5 mm		
<b>INFORMACION DEL EMPALME</b>				
N° Empalme: 01	Espesor de Empalme: 23.90 mm		Ancho de Empalme: 1203 mm	
Dimensiones (Espesor/Ancho): 24/ 1200		Angulo de Corte :21°	Tipo de Corte: ---	
Espesor cover de carga 11 mm		Espesor Cover de Retorno 6 mm		
Kit de Empalme:	C. Carga	Cojín	C. Retorno	Cemento
	11 mm	2 mm	6 mm	Solucion Goma.
	MARCA: CMH	MODELO	ST3150-1200 10.5/5.5	F. FABRICACION: 05/10/2015
<b>INFORMACION DE LA PRENSA</b>				
Marca: Conveyor Belt	Modelo: DSLQ 1600	L. de Plancha: 1280 mm	Ancho. Plancha: 1750 mm	
Contrafista: CMH	N° de Placas: 04		N° Rieles: 28	
Operador: GUÓ	D.N.I: ---		Cert Calib.: ---	
<b>VARIABLES DEL SISTEMA DE VULCANIZACION</b>				
Temperatura de Vulcanización: 155° C			Presión de Vulcanizado: 15 bar	
Tiempo de Vulcanizado: 90 min			Temperatura Minima de Apertura: 60° C	
Pirómetro:	IRT16 / E4042042825		Cert. Calibración: 001-00008353	
Dureza: (Shore A)	Zona de Carga	Zona de Retorno	Sello de Carga	Sello de Retorno
	58,0	58,5	---	---
	58,6	58,4	---	---
	59,2	58,6	---	---




**Anexo N° 04: Protocolo de unión de faja transportadora de registro de temperaturas y presión.**

		Protocolo de Unión de Faja Transportadora						Código: REG-MEC-050	
								Pag: 2-3	
		Fecha: 10/01/2016		Versión: 0		F-CB-210-001			
REGISTRO DE TEMPERATURAS Y PRESION :									
Ítem	Tiempo	Presión (Bar)	TEMPERATURA DE LOS PLATOS °C						OBSERVACION
			1	2	3	4	5	6	
1	-	6	58	58	60	59	---	---	---
2	-	6	70	71	70	70	---	---	---
3	-	9	82	81	81	81	---	---	---
4	-	12	105	105	105	105	---	---	---
5	-	15	125	125	125	125	---	---	---
6	0	15	154	155	155	155	---	---	---
7	10	15	156	156	156	156	---	---	---
8	20	15	155	156	155	155	---	---	---
9	30	15	155	155	155	155	---	---	---
10	40	15	155	155	155	155	---	---	---
11	50	15	155	155	155	155	---	---	---
12	60	15	155	155	155	155	---	---	---
13	70	15	155	155	155	155	---	---	---
14	80	15	155	155	155	155	---	---	---
REGISTRO DE DUREZA CARA DE CARGA									
									
REGISTRO DE DUREZA CARA DE TRANSPORTE									
									

**Anexo N° 05: Registro de dimensionamiento y espesores.**

	<p><b>Protocolo de Unión de Faja Transportadora</b></p>	Código:	REG-MEC-050
			Pag: 3-3
		Fecha:	10/01/2016
		Versión:	0
P-CB-210-001			
<b>RÉGISTRO DE DIMENSIONAMIENTO</b>			
<b>RÉGISTRO DE ESPESORES</b>			
<b>LADO IZQUIERDO EN SENTIDO DE LA FAJA SEGÚN LA CARA DE CARGA</b>			
<b>LADO DERECHO EN SENTIDO DE LA FAJA SEGÚN LA CARA DE CARGA</b>			


**Anexo N° 06: Especificación técnicas de cable de acero de faja transportadora según la norma cmh.**


**中德(扬州)输送工程技术有限公司**  
 CHINA (YANGZHOU) MATERIAL HANDING TECH-ENGINEERING LTD

**合格证**

规格型号 Specification model	ST3150-1200-10.5+5.5	等级代号 Code	X
物理性能 Physical properties	拉伸强度 Tensile strength	25Mpa	
	拉伸伸长率 Elongation	≥450%	
	磨损量 Abrasion	≤120mm <sup>3</sup>	
生产工艺 Production process	上盖胶 325: (3.6+5.0) mm*1280mm*3.4m 上芯胶 J405: 4.3mm*1280mm*3.4m 下芯胶 J405: 4.3mm*1280mm*3.4m 下盖胶 325: 3.6mm*1280mm*3.4m 边条胶 J318: 2.0mm*25mm*6.8m		
储存条件 Storage condition	放于室内，要求避光、防潮、温度在 5-25℃、 <b>湿度在 60~80%之间，严禁靠近热源、禁止挤压。</b> Put in the interior, requires light, moisture, temperature 5-25 °C, humidity between 60 to 80 percent, near a heat source is prohibited, prohibited squeeze.		
质保期 Warranty period	在以上条件下可以储存 6 个月 Under the above conditions can be stored 6 months		

生产日期: 2015 年 10 月 5 日



**Anexo N° 07: Registro fotográfico de empalme vulcanizado de faja transportadora 5812-cb-110.**

	<p align="center"><b>REGISTRO FOTOGRAFICO DE EMPALME VULCANIZADO DE FAJA TRANSPORTADORA 5812-CB-110 1600 St 4500 12/7 X</b></p>	<p><b>CODIGO</b> PASHP-01</p>
		<p><b>FECHA</b> 16/07/2022</p>
<p><b>PROYECTO DE AMPLIACION DE SHOUGANG HIERRO PERU</b></p>		<p><b>REVISION</b> 1</p>
		<p align="right">Página: 1 de 8.</p>
		<p>1. Trabajos preliminares – Movimiento de tierras, faja 5812-CB-110.</p>
		<p>2. Traslado de equipos y herramientas a la zona de trabajo.</p>
		<p>3. Trabajos preliminares – Obras civiles TT5-3</p>



4. Trabajos preliminares – Obras civiles faja 5812-CB-110



5. Ubicación de rollo de faja transportadora 5812-CB-110.



6. Trabajos preliminares – Obra civil excavación de cola faja 5812-CB-110 e ingreso túnel C1.1.



7. Trabajos preliminares – llegadas materiales a pie de obra e inicio de Prensambles.



8. Trabajos preliminares – Prensamblaje de galerías y pórticos fajas 5812-CB-110



9. Trabajos montaje – Inicio mesas de polines faja 5812-CB-110

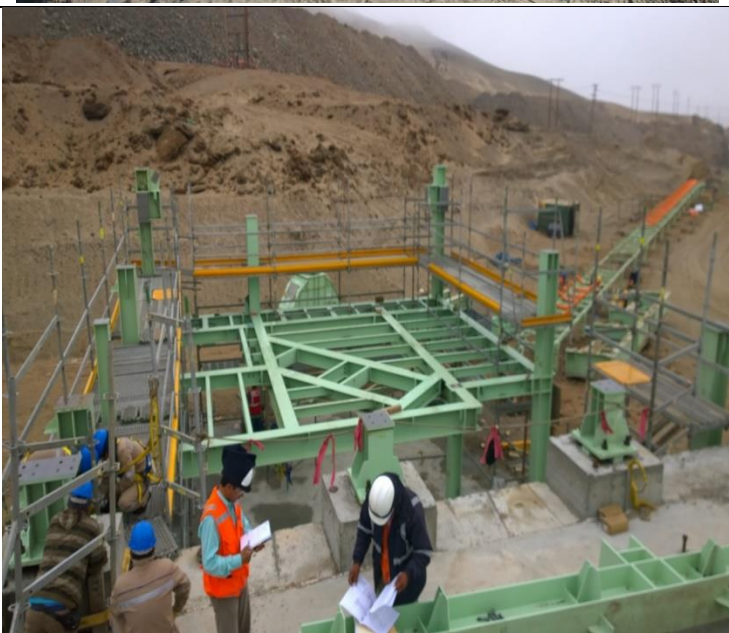




10. Trabajos montaje – Faja 5812-CB-110.



11. Trabajos montaje – TT1-3 inicio de montaje primer nivel.



12. Trabajos montaje – TT1-3 estructuras primer nivel.



13. Trabajos montaje – polines y elementos de faja 5812-CB-110.



14. Trabajos de montaje – Elementos de fajas poleas cabeza, motriz faja 5812-CB-110, interior de TT1-3.



15. Trabajos de montaje – Sistema de transmisión, faja 5812-CB-110 en TT1-3



16. Trabajos de montaje – Sistema de transmisión, faja 5812-CB-110.



17. Trabajos de montaje – Elementos de faja 5812-CB-110.



18. Trabajos de montaje – Empalme de faja 5812-CB-110, vulcanizado.



19. Trabajos de montaje – Em-  
palme de faja 5812-CB-110,  
vulcanizado.



20. Colocación de plato calefac-  
tora para el vulcanizado.



21. Trabajos de montaje – Em-  
palme de faja 5812-CB-210  
preparación.



22. Colocación de tallarines para el vulcanizado.



23. Cementado de cables de acero.



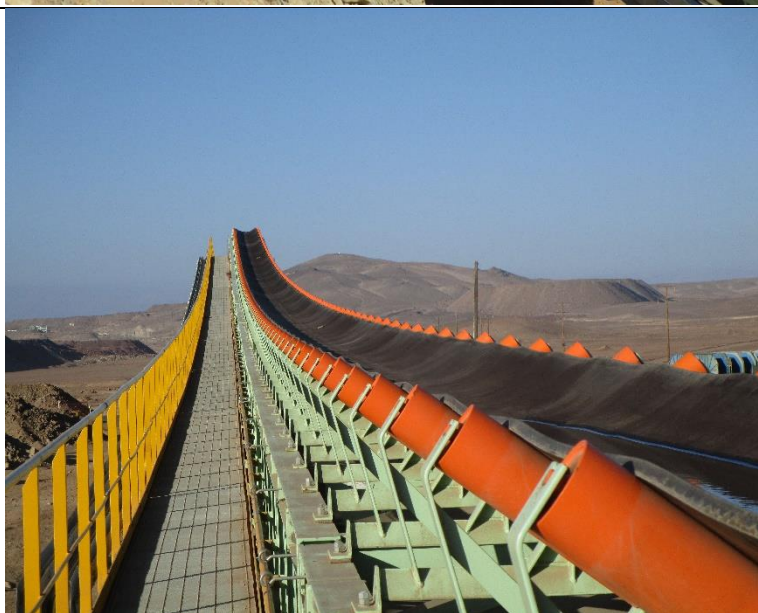
24. Colocación de cover de retorno



25. Control de temperatura, presión y tiempo en el Empalme vulcanizado de faja 5812-CB-110,






26. Faja transportadora 5812-CB-110.



27. Colocación de Faja transportadora 5812-CB-110.



## Anexo N°. 08: Declaración jurada de autenticidad

 Universidad Nacional del Altiplano Puno  Vicerrectorado de Investigación  Repositorio Institucional

---

### DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo Wiler Suari Mamani  
, identificado con DNI 44854908 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional,  Programa de Segunda Especialidad,  Programa de Maestría o Doctorado

Ingeniería Metalúrgica

, informo que he elaborado el/la  Tesis o  Trabajo de Investigación para la obtención de  Grado  Título Profesional denominado:

“Evaluación del proceso de empalme Vulcanizado en Caliente de la faja transportadora ST 4500 en la empresa Minera Shoungang Hierro Perú” S.A.A.

” Es un tema original.

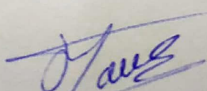

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.


En caso de incumplimiento de esta declaración, me someto a las disposiciones legales vigentes y a las sanciones correspondientes de igual forma me someto a las sanciones establecidas en las Directivas y otras normas internas, así como las que me alcancen del Código Civil y Normas Legales conexas por el incumplimiento del presente compromiso

Puno 11 de Abril del 2023


 




## Anexo N°. 09: Autorización de depósito de tesis en el Repositorio Institucional



Universidad Nacional  
del Altiplano Puno



VRI  
Vicerrectorado  
de Investigación



Repositorio  
Institucional

---

**AUTORIZACIÓN PARA EL DEPÓSITO DE TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL**

Por el presente documento, Yo Wiler Sucari Mamani  
, identificado con DNI 44854908 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional,  Programa de Segunda Especialidad,  Programa de Maestría o Doctorado  
Ingeniería Metalúrgica

, informo que he elaborado el/la  Tesis o  Trabajo de Investigación para la obtención de  Grado  
 Título Profesional denominado:

"Evaluación del Proceso de empalme Vulcanizado en Caliente de la faja transportadora ST 4500 en la Empresa Minero Shuangang Hierro Perú S.A.A."

" Por medio del presente documento, afirmo y garantizo ser el legítimo, único y exclusivo titular de todos los derechos de propiedad intelectual sobre los documentos arriba mencionados, las obras, los contenidos, los productos y/o las creaciones en general (en adelante, los "Contenidos") que serán incluidos en el repositorio institucional de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno.

También, doy seguridad de que los contenidos entregados se encuentran libres de toda contraseña, restricción o medida tecnológica de protección, con la finalidad de permitir que se puedan leer, descargar, reproducir, distribuir, imprimir, buscar y enlazar los textos completos, sin limitación alguna.

Autorizo a la Universidad Nacional del Altiplano de Puno a publicar los Contenidos en el Repositorio Institucional y, en consecuencia, en el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto, sobre la base de lo establecido en la Ley N° 30035, sus normas reglamentarias, modificatorias, sustitutorias y conexas, y de acuerdo con las políticas de acceso abierto que la Universidad aplique en relación con sus Repositorios Institucionales. Autorizo expresamente toda consulta y uso de los Contenidos, por parte de cualquier persona, por el tiempo de duración de los derechos patrimoniales de autor y derechos conexos, a título gratuito y a nivel mundial.

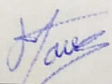
En consecuencia, la Universidad tendrá la posibilidad de divulgar y difundir los Contenidos, de manera total o parcial, sin limitación alguna y sin derecho a pago de contraprestación, remuneración ni regalía alguna a favor mío; en los medios, canales y plataformas que la Universidad y/o el Estado de la República del Perú determinen, a nivel mundial, sin restricción geográfica alguna y de manera indefinida, pudiendo crear y/o extraer los metadatos sobre los Contenidos, e incluir los Contenidos en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.


Autorizo que los Contenidos sean puestos a disposición del público a través de la siguiente licencia:

Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional. Para ver una copia de esta licencia, visita: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

En señal de conformidad, suscribo el presente documento.

Puno 11 de Abril del 2023

  
 \_\_\_\_\_  
 FIRMA (obligatoria)

  
 \_\_\_\_\_  
 Huella