

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil

Tesis

**Análisis de la influencia del sulfato de  
cromo en la degradación del asfalto en el  
proceso de producción de mezcla asfáltica  
en planta - Huancayo 2022**

Lourdes Garlet Guerreros Echevarria

Para optar el Título Profesional  
de Ingeniero Civil

Huancayo, 2023

Repositorio Institucional Continental  
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

**INFORME DE CONFORMIDAD DE ORIGINALIDAD DE TESIS**

**A** : FELIPE GUTARRA MEZA  
**DE** : Augusto Elías García Corzo  
**ASUNTO** : Remito resultado de evaluación de similitud en "Turnitin"  
**FECHA** : 18 de setiembre de 2023

Con sumo agrado me dirijo a vuestro despacho para saludarlo y en vista de haber sido designado asesor de la tesis titulada: "**ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL SULFATO DE CROMO EN LA DEGRADACIÓN DEL ASFALTO EN EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE MEZCLA ASFÁLTICA EN PLANTA – HUANCAYO 2022**", perteneciente al/la/los/las estudiante(s) **GUERREROS ECHEVARRIA, LOURDES GARLET**, de la E.A.P. de INGENIERIA CIVIL; se procedió con la carga del documento a la plataforma "Turnitin" y se realizó la verificación completa de las coincidencias resaltadas por el software dando por resultado 16 % de similitud (informe adjunto) sin encontrarse hallazgos relacionados a plagio. Se utilizaron los siguientes filtros:

• Filtro de exclusión de bibliografía

SI  NO

• Filtro de exclusión de grupos de palabras menores

SI  NO

(Nº de palabras excluidas: 15)

• Exclusión de fuente por trabajo anterior del mismo estudiante

SI  NO

En consecuencia, se determina que la tesis constituye un documento original al presentar similitud de otros autores (citas) por debajo del porcentaje establecido por la Universidad.

Recae toda responsabilidad del contenido de la tesis sobre el autor y asesor, en concordancia a los principios de legalidad, presunción de veracidad y simplicidad, expresados en el Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales – RENATI y en la Directiva 003-2016-R/UC.

Esperando la atención a la presente, me despido sin otro particular y sea propicia la ocasión para renovar las muestras de mi especial consideración.

Atentamente,



MSc AUGUSTO GARCIA  
CIP: 85267

Cc.  
Facultad  
Interesado(a)

## **DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD**

Yo, GUERREROS ECHEVARRIA LOURDES GARLET, identificado(a) con Documento Nacional de Identidad No. 70902516, de la E.A.P. de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería la Universidad Continental, declaro bajo juramento lo siguiente:

1. La tesis titulada: "ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL SULFATO DE CROMO EN LA DEGRADACIÓN DEL ASFALTO EN EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE MEZCLA ASFÁLTICA EN PLANTA – HUANCAYO 2022", es de mi autoría, la misma que presento para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil.
2. La tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente, para la cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas, por lo que no atenta contra derechos de terceros.
3. La tesis es original e inédita, y no ha sido realizado, desarrollado o publicado, parcial ni totalmente, por terceras personas naturales o jurídicas. No incurre en autoplagio; es decir, no fue publicado ni presentado de manera previa para conseguir algún grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados son reales, pues no son falsos, duplicados, ni copiados, por consiguiente, constituyen un aporte significativo para la realidad estudiada.

De identificarse fraude, falsificación de datos, plagio, información sin cita de autores, uso ilegal de información ajena, asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a las acciones legales pertinentes.

18 de Septiembre de 2023.



---

Lourdes GUERREROS ECHEVARRIA

DNI. No. 70902516

# ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL SULFATO DE CROMO EN LA DEGRADACIÓN DEL ASFALTO EN EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE MEZCLA ASFÁLTICA EN PLANTA – HUANCAYO 2022

## INFORME DE ORIGINALIDAD

<b>16%</b>	<b>16%</b>	<b>1%</b>	<b>%</b>
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

<b>1</b>	<b>hdl.handle.net</b> Fuente de Internet	<b>5%</b>
<b>2</b>	<b>repositorio.ucv.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>3%</b>
<b>3</b>	<b>pirhua.udep.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>2%</b>
<b>4</b>	<b>repositorio.continental.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>5</b>	<b>repositorio.uncp.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>6</b>	<b>repository.usta.edu.co</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>7</b>	<b>revistas.ucr.ac.cr</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>
<b>8</b>	<b>repository.unipiloto.edu.co</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>

9	<a href="http://repositorio.urp.edu.pe">repositorio.urp.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
10	<a href="http://repositorio.unh.edu.pe">repositorio.unh.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
11	<a href="http://docplayer.es">docplayer.es</a> Fuente de Internet	<1 %
12	<a href="http://repositorio.untrm.edu.pe">repositorio.untrm.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
13	<a href="http://www.sulfato.top">www.sulfato.top</a> Fuente de Internet	<1 %
14	<a href="http://apirepositorio.unh.edu.pe">apirepositorio.unh.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
15	<a href="http://cybertesis.uni.edu.pe">cybertesis.uni.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
16	<a href="http://www.coursehero.com">www.coursehero.com</a> Fuente de Internet	<1 %
17	<a href="http://www.researchgate.net">www.researchgate.net</a> Fuente de Internet	<1 %
18	<a href="http://www.slideshare.net">www.slideshare.net</a> Fuente de Internet	<1 %
19	<a href="http://repositorio.uniandes.edu.co">repositorio.uniandes.edu.co</a> Fuente de Internet	<1 %
20	<a href="http://doku.pub">doku.pub</a> Fuente de Internet	<1 %

21	<a href="http://repositorio.upt.edu.pe">repositorio.upt.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
22	<a href="http://repositorio.upla.edu.pe">repositorio.upla.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
23	<a href="http://repositorio.unsaac.edu.pe">repositorio.unsaac.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
24	<a href="http://repositorio.unheval.edu.pe">repositorio.unheval.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
25	<a href="http://repository.unimilitar.edu.co">repository.unimilitar.edu.co</a> Fuente de Internet	<1 %
26	<a href="http://pt.scribd.com">pt.scribd.com</a> Fuente de Internet	<1 %
27	<a href="http://fondoeditorial.unat.edu.pe">fondoeditorial.unat.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
28	<a href="http://asfaltoliquidorc-250.com">asfaltoliquidorc-250.com</a> Fuente de Internet	<1 %
29	<a href="http://qdoc.tips">qdoc.tips</a> Fuente de Internet	<1 %
30	<a href="http://solofaq.com">solofaq.com</a> Fuente de Internet	<1 %
31	<a href="http://burjcdigital.urjc.es">burjcdigital.urjc.es</a> Fuente de Internet	<1 %
32	<a href="http://www.mef.gob.pe">www.mef.gob.pe</a> Fuente de Internet	<1 %

33	<a href="http://www.ips.gov.py">www.ips.gov.py</a> Fuente de Internet	<1 %
34	<a href="https://co.pinterest.com">co.pinterest.com</a> Fuente de Internet	<1 %
35	<a href="http://repositorio.ucundinamarca.edu.co">repositorio.ucundinamarca.edu.co</a> Fuente de Internet	<1 %
36	<a href="http://ciep.ing.uaslp.mx">ciep.ing.uaslp.mx</a> Fuente de Internet	<1 %
37	<a href="https://patents.google.com">patents.google.com</a> Fuente de Internet	<1 %
38	<a href="http://repositorio.unsm.edu.pe">repositorio.unsm.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
39	"Proceedings of the 6th Brazilian Technology Symposium (BTSym'20)", Springer Science and Business Media LLC, 2021 Publicación	<1 %
40	<a href="http://repositorio.umsa.bo">repositorio.umsa.bo</a> Fuente de Internet	<1 %
41	<a href="http://repositorio.unamba.edu.pe">repositorio.unamba.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
42	<a href="http://repositorio.uta.edu.ec">repositorio.uta.edu.ec</a> Fuente de Internet	<1 %
43	<a href="https://www.dropbox.com">www.dropbox.com</a> Fuente de Internet	<1 %



44	<a href="http://biblioteca.posgraduacaoredentor.com.br">biblioteca.posgraduacaoredentor.com.br</a> Fuente de Internet	<1 %
45	<a href="http://vsip.info">vsip.info</a> Fuente de Internet	<1 %
46	<a href="http://repositoriodemo.continental.edu.pe">repositoriodemo.continental.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
47	Antonio García Barberá. "Study of the Degradation of New Lubricant Oil Formulations with the Design and Demands of Current and Future Engines", Universitat Politecnica de Valencia, 2022 Publicación	<1 %
48	<a href="http://www.scribd.com">www.scribd.com</a> Fuente de Internet	<1 %
49	<a href="http://repositorio.uandina.edu.pe">repositorio.uandina.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
50	<a href="http://repositorio.unprg.edu.pe">repositorio.unprg.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
51	<a href="http://caelum.ucv.ve">caelum.ucv.ve</a> Fuente de Internet	<1 %
52	<a href="http://issuu.com">issuu.com</a> Fuente de Internet	<1 %
53	<a href="http://repositorio.bausate.edu.pe">repositorio.bausate.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %

54	<a href="https://repositorio.uss.edu.pe">repositorio.uss.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
55	O Hurtado-Figueroa, B E Eslava-Vila, J A Cárdenas-Gutiérrez. "Optimal percentage of asphalt cement in MDC-19 for flexible pavements in the city of San José de Cúcuta, Colombia", Journal of Physics: Conference Series, 2019 Publicación	<1 %
56	<a href="https://fr.slideshare.net">fr.slideshare.net</a> Fuente de Internet	<1 %
57	<a href="https://kimuk.conare.ac.cr">kimuk.conare.ac.cr</a> Fuente de Internet	<1 %
58	<a href="https://repositorio.unap.edu.pe">repositorio.unap.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
59	<a href="https://cybertesis.unmsm.edu.pe">cybertesis.unmsm.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
60	<a href="https://doczz.net">doczz.net</a> Fuente de Internet	<1 %
61	<a href="https://dspace.unach.edu.ec">dspace.unach.edu.ec</a> Fuente de Internet	<1 %
62	<a href="https://es.slideshare.net">es.slideshare.net</a> Fuente de Internet	<1 %
63	<a href="https://inba.info">inba.info</a> Fuente de Internet	<1 %

64	<a href="http://link.springer.com">link.springer.com</a> Fuente de Internet	<1 %
65	<a href="http://noticias.laiglesiadejesucristo.org">noticias.laiglesiadejesucristo.org</a> Fuente de Internet	<1 %
66	<a href="http://pingpdf.com">pingpdf.com</a> Fuente de Internet	<1 %
67	<a href="http://repositorioinstitucional.ufpso.edu.co">repositorioinstitucional.ufpso.edu.co</a> Fuente de Internet	<1 %
68	<a href="http://tesis.ucsm.edu.pe">tesis.ucsm.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
69	<a href="http://webcache.googleusercontent.com">webcache.googleusercontent.com</a> Fuente de Internet	<1 %
70	<a href="http://www.abhorticultura.com.br">www.abhorticultura.com.br</a> Fuente de Internet	<1 %
71	<a href="http://www.redicces.org.sv">www.redicces.org.sv</a> Fuente de Internet	<1 %

Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias

Apagado

Excluir bibliografía

Apagado

## **AGRADECIMIENTO**

Quiero expresar mi más profundo y sincero agradecimiento a todos los ingenieros que son parte del trabajo, por su plena confianza, orientación y el seguimiento en este objetivo; también a todas las personas que colaboraron en la realización de esta tesis.

A todos los que hacen la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Continental, quienes impartieron sus conocimientos y experiencias en esta etapa universitaria.

A todos ellos, muchas gracias.

## **DEDICATORIA**

Con mucho amor a mi familia: A mi padre Eleuterio Guerreros y hermanos, ya que sin su importante apoyo no hubiera podido lograr este objetivo. A las personas que en este tiempo estuvieron a mi lado siendo parte de este proceso como mi soporte principal.

## ÍNDICE

AGRADECIMIENTO.....	xi
DEDICATORIA.....	xii
ÍNDICE.....	xiii
LISTA DE TABLAS.....	xvi
LISTA DE FIGURAS.....	xvii
RESUMEN.....	xxii
ABSTRACT.....	xxiii
INTRODUCCIÓN.....	xxiv
CAPITULO I : PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO.....	26
<b>1.1 Planteamiento del Problema.....</b>	<b>26</b>
<b>1.2 Formulación del Problema.....</b>	<b>28</b>
1.2.1 Problema General.....	28
1.2.2 Problemas Específicos.....	29
<b>1.3 Objetivos.....</b>	<b>29</b>
1.3.1 Objetivo General.....	29
1.3.2 Objetivos específicos.....	29
<b>1.4 Justificación e importancia.....</b>	<b>30</b>
1.4.1 Justificación teórica.....	30
1.4.2 Justificación práctica.....	30
1.4.3 Justificación económica.....	30
1.4.4 Justificación metodológica.....	30
1.4.5 Importancia.....	31
<b>1.5 Delimitación de la investigación.....</b>	<b>31</b>
1.5.1 Delimitación espacial.....	31
1.5.2 Delimitación temporal.....	31
1.5.3 Delimitación conceptual.....	31
<b>1.6 Hipótesis y descripción de variables.....</b>	<b>32</b>
1.6.1 Hipótesis General.....	32

1.6.2	<b>Hipótesis Específicas.....</b>	32
1.7	<b>Variables.....</b>	32
1.7.1	<b>Variable Independiente.....</b>	32
1.7.2	<b>Variables Dependientes.....</b>	33
	<b>Operacionalización.....</b>	34
<b>CAPITULO II : MARCO TEÓRICO.....</b>		35
2.1	<b>Antecedentes del Problema.....</b>	35
2.1.1	<b>Antecedentes Nacionales.....</b>	35
2.1.2	<b>Antecedentes Internacionales.....</b>	37
2.2	<b>Bases Teóricas.....</b>	40
2.2.1	<b>Degradación del pavimento asfáltico.....</b>	40
2.2.2	<b>Técnicas y métodos de teledetección para los deterioros del pavimento asfáltico.....</b>	44
2.2.3	<b>Sulfato de cromo.....</b>	48
2.3	<b>Definición de Términos Básicos.....</b>	51
<b>CAPITULO III : METODOLOGÍA.....</b>		53
3.1	<b>Métodos y alcance de la investigación.....</b>	53
3.1.1	<b>Método de Investigación.....</b>	53
3.1.2	<b>Nivel.....</b>	53
3.1.3	<b>Tipo.....</b>	53
3.2	<b>Diseño de la investigación.....</b>	54
3.3	<b>Población y muestra.....</b>	54
3.4	<b>Técnicas de recolección de datos.....</b>	55
3.5	<b>Instrumento de análisis de datos.....</b>	55
<b>CAPITULO IV : RESULTADOS.....</b>		56
4.1	<b>Descripción de la zona de estudio.....</b>	56
4.1.1	<b>Ubicación.....</b>	56
4.1.2	<b>Características de la zona de estudio.....</b>	56
4.2	<b>Estudios previos.....</b>	56
4.2.1	<b>Estudios de campo.....</b>	56
4.2.2	<b>Estudios realizados en el laboratorio.....</b>	57

4.3	<b>Análisis de la información.....</b>	63
4.3.1	<b>Ensayo de Viscosidad con el equipo de Brookfield.....</b>	63
4.3.2	<b>Ensayo de Ductilidad con el equipo ductilómetro.....</b>	78
4.3.3	<b>Ensayo Marshall.....</b>	93
4.4	<b>Resultados de la información.....</b>	117
4.4.1	<b>Resumen de Viscosidad.....</b>	117
4.4.2	<b>Resumen de Ductilidad.....</b>	121
4.4.3	<b>Resumen del ensayo Marshall propiedades mecánicas.....</b>	126
4.5	<b>Análisis estadístico.....</b>	134
4.5.1	<b>Estabilidad (kg).....</b>	134
4.5.2	<b>Flujo (mm).....</b>	140
	<b>CAPITULO V: DISCUSIONES.....</b>	145
	<b>CAPITULO VI: CONCLUSIONES.....</b>	148
	<b>CAPITULO VII: RECOMENDACIÓN.....</b>	151
	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	154
	<b>ANEXOS.....</b>	157
	<b>ANEXO 1. MATRIZ DE CONSISTENCIA.....</b>	158
	<b>ANEXO 2. FICHA TECNICA.....</b>	159
	<b>ANEXO 3: PANEL FOTOGRÁFICO.....</b>	222



**LISTA DE  
TABLAS**

Tabla 1: Operacionalización de la variable	34
Tabla 2: Tipo de cemento asfáltico según temperatura ambiente.	57
Tabla 3: Especificaciones principales del cemento asfáltico con el que se trabajará	58
Tabla 4: Granulometría de la piedra de ½”	59
Tabla 5: Granulometría de la arena natural	60
Tabla 6: Granulometría de la arena chancada	61
Tabla 7: Granulometría del material fino	62
Tabla 8: Porcentaje de combinación para mezcla de agregado por MAC 2 por tanteo	94
Tabla 9: Puntos críticos en los tamices de clasificación más fina	95
Tabla 10: Pesos por malla – ensayo Marshall para elaboración de briquetas	96
Tabla 11: Descriptivos – Estabilidad (kg)	135
Tabla 12. Prueba de normalidad – Estabilidad (kg)	137
Tabla 13. Correlaciones – Estabilidad (kg)	139
Tabla 14. Descriptivos – Flujo (mm)	140
Tabla 15. Prueba de normalidad – Flujo (mm)	142
Tabla 16. Correlación – Flujo (mm)	143

**LISTA DE  
FIGURAS**

Figura 1: Vía en mal estado desprovista de mantenimiento adecuado	28
Figura 2: Situación de fallas superficiales en el pavimento asfáltico	28
Figura 3: Grieta longitudinal en pavimento asfáltico	42
Figura 4: Bache en pavimento asfáltico	43
Figura 5: Esquema de producción del sulfato de cromo.	50
Figura 6: Curva Granulométrica de la grava chancada de 1/2	59
Figura 7: Granulometría de la arena natural	60
Figura 8: Curva granulométrica de la arena chancada	61
Figura 9: Curva granulométrica del material fino filler	62
Figura 10: Equipo de viscosímetro rotacional de Brookfield	63
Figura 11: Viscosidad del asfalto PEN 85-100 con almacenado en horas	64
Figura 12: Viscosidad del asfalto PEN 85-100 con almacenado en horas	65
Figura 13: Viscosidad del asfalto PEN 85-100 con almacenado en horas	66
Figura 14: Viscosidad del asfalto PEN 85-100 con almacenado en horas	67
Figura 15: Viscosidad del asfalto PEN 85-100 con distintas dosificaciones de sulfato de cromo	68
Figura 16: Viscosidad del ligante asfáltico con adición de sulfato de cromo Almacenado a 1 Hora vs el tiempo de mezcla	69
Figura 17: Viscosidad del ligante asfáltico con adición de sulfato de cromo Almacenado a 3 Horas vs el tiempo de mezcla	70
Figura 18: Viscosidad del ligante asfáltico con adición de sulfato de cromo Almacenado a 5 Horas vs el tiempo de mezcla	71
Figura 19: Viscosidad del ligante asfáltico con adición de sulfato de cromo Almacenado a 10 Horas vs el tiempo de mezcla	72

Figura 20: Viscosidad del ligante asfáltico con adición de sulfato de cromo Almacenado a 30 Horas vs el tiempo de mezcla	73
Figura 21: Viscosidad del ligante asfáltico con adición de sulfato de cromo Almacenado a 50 Horas vs el tiempo de mezcla	74
Figura 22: Viscosidad del ligante asfáltico con adición de sulfato de cromo Almacenado a 100 Horas vs el tiempo de mezcla	75
Figura 23: Viscosidad del ligante asfáltico con adición de sulfato de cromo Almacenado a 140 Horas vs el tiempo de mezcla	76
Figura 24: Viscosidad del ligante asfáltico con adición de sulfato de cromo Almacenado a 180 Horas vs el tiempo de mezcla	77
Figura 25: Equipo ductilómetro	78
Figura 26: Resultados de ductilidad del cemento asfáltico 85-100	79
Figura 27: Resultados de Ductilidad del cemento asfáltico 85-100+ 5% de sulfato de cromo	80
Figura 28: Resultados de Ductilidad del cemento asfáltico 85-100 +10% de sulfato de cromo	81
Figura 29: Resultados de Ductilidad del cemento asfáltico 85-100+15% de sulfato de cromo	82
Figura 30: Ductilidad del asfalto PEN 85-100 con distintas dosificaciones de sulfato de cromo	83
Figura 31: Ductilidad del cemento asfáltico 85-100 con adición de sulfato de cromo a 1 hora de almacenamiento	84
Figura 32: Ductilidad del cemento asfáltico 85-100 con adición de sulfato de cromo a 3 horas de almacenamiento	85
Figura 33: Ductilidad del cemento asfáltico 85-100 con adición de sulfato de cromo a 5 horas de almacenamiento	86
Figura 34: Ductilidad del cemento asfáltico 85-100 con adición de sulfato de cromo a 10 horas de almacenamiento	87

Figura 35: Ductilidad del cemento asfáltico 85-100 con adición de sulfato de cromo a 30 horas de almacenamiento	88
Figura 36: Ductilidad del cemento asfáltico 85-100 con adición de sulfato de cromo a 50 horas de almacenamiento	89
Figura 37: Ductilidad del cemento asfáltico 85-100 con adición de sulfato de cromo a 100 horas de almacenamiento	90
Figura 38: Ductilidad del cemento asfáltico 85-100 con adición de sulfato de cromo a 140 horas de almacenamiento	91
Figura 39: Ductilidad del cemento asfáltico 85-100 con adición de sulfato de cromo a 180 hora de almacenamiento	92
Figura 40: Curva granulométrica de las combinaciones de los materiales	96
Figura 41: Estabilidad (kg) del PEN 85-100 a distintos porcentajes de sulfato de cromo .....	98
Figura 42: Flujo (mm) del PEN 85-100 a distintos porcentajes de cemento asfáltico	99
Figura 43: Estabilidad del cemento asfáltico 85-100 dosificado con sulfato de cromo almacenado a una Hora	100
Figura 44: Estabilidad del cemento asfáltico 85-100 dosificado con sulfato de cromo y almacenado a tres Horas	101
Figura 45: Estabilidad del cemento asfáltico 85-100 dosificado con sulfato de cromo y almacenado a cinco Horas	102
Figura 46: Estabilidad del cemento asfáltico 85-100 dosificado con sulfato de cromo y almacenado a diez Horas	103
Figura 47: Estabilidad del cemento asfáltico 85-100 dosificado con sulfato de cromo y almacenado a treinta Horas	104
Figura 48: Estabilidad del cemento asfáltico 85-100 dosificado con sulfato de cromo y almacenado a cincuenta Horas	105
Figura 49: Estabilidad del cemento asfáltico 85-100 dosificado con sulfato de cromo y almacenado a cien Horas	106

Figura 50: Estabilidad del cemento asfáltico 85-100 dosificado con sulfato de cromo y almacenado a ciento cuarenta Horas	107
Figura 51: Estabilidad del cemento asfáltico 85-100 dosificado con sulfato de cromo y almacenado a ciento ochenta Horas	108
Figura 52: Flujo del cemento asfáltico 85-100 dosificado con sulfato de cromo y almacenado a una hora	109
Figura 53: Flujo del cemento asfáltico 85-100 dosificado con sulfato de cromo y almacenado a tres horas	110
Figura 54: Flujo del cemento asfáltico 85-100 dosificado con sulfato de cromo y almacenado a cinco horas	111
Figura 55: Flujo del cemento asfáltico 85-100 dosificado con sulfato de cromo y almacenado a diez horas	112
Figura 56: Flujo del cemento asfáltico 85-100 dosificado con sulfato de cromo y almacenado a treinta horas	113
Figura 57: Flujo del cemento asfáltico 85-100 dosificado con sulfato de cromo y almacenado a cincuenta horas	114
Figura 58: Flujo del cemento asfáltico 85-100 dosificado con sulfato de cromo y almacenado a cien horas	115
Figura 59: Flujo del cemento asfáltico 85-100 dosificado con sulfato de cromo y almacenado a ciento cuarenta horas	116
Figura 60: Flujo del cemento asfáltico 85-100 dosificado con sulfato de cromo y almacenado a ciento ochenta horas	117
Figura 61: Resumen de la viscosidad por tiempo de almacenamiento y mezcla	118
Figura 62: Resumen de la viscosidad por tiempo de almacenamiento y mezcla	119
Figura 63: Resumen de la viscosidad por tiempo de almacenamiento y mezcla	120
Figura 64: Resumen de la viscosidad por tiempo de almacenamiento y mezcla	121
Figura 65: Resumen del ensayo de ductilidad por almacenamiento y mezcla del asfalto	122

Figura 66: Resumen del ensayo de ductilidad por almacenamiento y mezcla del asfalto con adición del 5% de sulfato de cromo	123
Figura 67: Resumen del ensayo de ductilidad por almacenamiento y mezcla del asfalto con adición del 10% de sulfato de cromo	124
Figura 68: Resumen del ensayo de ductilidad por almacenamiento y mezcla del asfalto con adición del 15% de sulfato de cromo	125
<i>Figura 69:</i> Resumen del ensayo de estabilidad por almacenamiento y mezcla del asfalto PEN 85-100	126
Figura 70: Estabilidad (kg) por tiempo de almacenado y tiempo de mezcla del asfalto PEN 85-100 con adición del 5% de sulfato de cromo	127
Figura 71: Estabilidad (kg) por tiempo de almacenado y tiempo de mezcla del asfalto PEN 85-100 asfalto PEN 85-100 con adición del 10% de sulfato de cromo	128
Figura 72: Estabilidad (kg) por tiempo de almacenado y tiempo de mezcla del asfalto PEN 85-100 asfalto PEN 85-100 con adición del 15% de sulfato de cromo	129
Figura 73: Flujo (mm) por almacenado y mezclado en diferentes tiempos del PEN 85-100 .....	130
Figura 74: Flujo (mm) por almacenado y mezclado en diferentes tiempos del asfalto PEN85-100 con adición del 5% de sulfato de cromo	131
Figura 75: Flujo (mm) por almacenado y mezclado en diferentes tiempos del asfalto PEN85-100 con adición del 10% de sulfato de cromo	132
Figura 76: Flujo (mm) por almacenado y mezclado en diferentes tiempos del asfalto PEN85-100 con adición del 15% de sulfato de cromo	133
Figura 77: Diagrama de bigotes – Estabilidad (kg)	138
Figura 78. Diagrama de dispersión de puntos – Estabilidad (kg)	139
Figura 79. Diagrama de bigotes – Flujo (mm)	143
Figura 80. Diagrama de dispersión de puntos – Flujo (mm)	144

## RESUMEN

El trabajo de investigación que tiene como objetivo general “Análisis de la influencia del sulfato de cromo en la degradación del asfalto en el proceso de producción de mezcla asfáltica en planta” se realizó determinando las propiedades físicas y mecánicas de la mezcla asfáltica PEN 85-100 para comparar con las propiedades del cemento asfáltico modificado con sulfato de cromo dosificado con 5%, 10%, y 15% de adición al cemento asfáltico y evaluar las ventajas del sulfato de cromo en las mezclas asfálticas en caliente MAC-2, para posteriormente realizar ensayos con el óptimo contenido de asfalto modificado con sulfato de cromo. Se trabajó con tiempo de almacenado de 1, 3, 5, 10, 30, 50, 100, 140, 180 horas. De igual manera, también se trabajó ensayos por tiempos de mezclado en 40, 50, 60, 120, 240 y 360 segundos, lo que permitirá medir cuantitativamente los ensayos realizados.

Es importante mencionar que el proceso de almacenamiento del cemento asfáltico y el tiempo de mezclado afectan las propiedades del pavimento asfáltico y cemento asfáltico, toda vez que el envejecimiento se da por el tiempo de exposición a temperaturas que están por encima de la temperatura del medio ambiente. Así mismo, se utilizó la metodología Marshall para el desarrollo de esta investigación, cumpliendo las disposiciones de la normativa.

Los resultados obtenidos muestran que el ensayo de la viscosidad y la fluencia disminuye con la adición del sulfato de cromo; sin embargo, la ductilidad y la estabilidad aumenta progresivamente con la adición de hasta 10% de sulfato de cromo.

Palabras clave: Metodología Marshall, mezclas asfálticas, viscosidad, ductilidad

## ABSTRACT

The research work that has as its general objective "analysis of the influence of chromium sulfate on the degradation of asphalt in the asphalt mixture production process in the plant" was carried out by determining the mechanical physical properties of the asphalt mixture PEN 85-100 for compare with the properties of modified asphalt cement with chromium sulfate dosed with 5%, 10%, and 15% to increase the asphalt cement and evaluate its advantages of chromium sulfate in the hot MAC-2 asphalt mixtures, to later carry out tests With the best content of asphalt modified with chromium sulfate, a storage time of 1, 3, 5, 10, 30, 50, 100, 140, 180 hours was used. In the same way, mixing times were also worked at 40, 50, 60, 120, 240 and 360 seconds, which will allow the tests to be measured quantitatively.

It is important to mention that the storage process of the asphalt cement and the mixing time, the properties of the asphalt pavement and asphalt cement since aging occurs due to the time of exposure to temperatures that are above the temperature of the environment. Likewise, the marshal methodology was developed for the development of this investigation, complying with the provisions of the regulations.

The results obtained show that the viscosity and creep test decrease with the addition of sulphate, however the ductility and stability increase progressively with the decrease of up to 10% decrease in chromium sulphate.

Keyword: Marshall Methodology, asphalt mixtures, viscosity, ductility



## INTRODUCCIÓN

Este tema de investigación “Análisis de la influencia del sulfato de cromo en la degradación del asfalto en el proceso de producción de mezcla asfáltica en planta” consiste en la adición del sulfato de cromo al cemento asfáltico dosificando porcentualmente del total del ligante; asimismo, este ligante con adición de sulfato de cromo formará parte de un diseño de mezcla donde serán ensayadas, con base a las normativas del Manual de Ensayos de Materiales del Ministerio de Transporte y Comunicaciones. El principal interés es buscar un material que exista en nuestro medio y pueda mejorar las propiedades físicas y mecánicas de mezclas asfálticas.

Esta investigación se basa en la aplicación del sulfato de cromo, toda vez que existe en nuestro medio. El propósito de este estudio es mejorar las diferentes propiedades de la mezcla asfáltica con la adición del material mencionado en porcentajes del ligante asfáltico, los ensayos a realizar son los de viscosidad, ductilidad, estabilidad y la fluencia del sulfato de cromo como aditivo de la mezcla asfáltica, también se evaluará la producción de la mezcla asfáltica por tiempo de almacenado como también por tiempo de mezcla, donde se realizará con normativas Marshall.

Este estudio de investigación comprende siete capítulos:

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DE ESTUDIO

CAPÍTULO IV: RESULTADOS

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES

CAPÍTULO VI: RECOMENDACIÓN

CAPÍTULO VII: DISCUSIONES



## CAPITULO I : PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

### 1.1 Planteamiento del Problema

Los ligantes asfálticos convencionales suelen presentar una serie de variaciones en sus propiedades características con relación al cambio de la temperatura a la que se encuentre expuesto, es por ello que a partir de esta problemática generada por el deterioro térmico del asfalto, se han desarrollado un gran número de investigaciones y pruebas de laboratorio que revelan un proceso oxidativo, donde el asfalto tiende a incrementar su rigidez tornándose un material frágil, lo que lo vuelve muy propenso a agrietarse. Estas alteraciones producto de la temperatura a la que se expone al ligante asfáltico puede llegar a originar fallas tempranas sobre la superficie de una carpeta de rodadura, por lo que llega a representar un incremento sobre los costos de mantenimiento y un importante descenso sobre el nivel de serviciabilidad de la vía en cuestión.

Para afrontar la realidad problemática sobre el análisis de la alteración de estas propiedades, se recurre a parámetros internacionales Superpave (RTFOT y PAV) que corresponden a métodos de laboratorio para estudiar el envejecimiento acelerado, donde es posible cuantificar el efecto de un envejecimiento estandarizado a corto y largo plazo. Esta serie de ensayos a los que se ve sometido el ligante asfáltico reporta un evidente efecto oxidativo sobre el asfalto, por lo que se suelen aplicar una serie de aditivos industrializados elaborados a partir de agentes químicos antioxidantes que permiten mitigar de forma representativa el deterioro generado por temperatura de exposición. El problema es que conseguir estos asfaltos modificados para su aplicación a nivel nacional puede llegar a ser muy caro, además de que su aplicación y desempeño se encuentran enfocados hacia las condiciones específicas estudiadas en su fuente de producción. (Calabi Floody, 2012)

Contando con una serie de vías asfálticas en mal estado a nivel nacional, se vuelve cada vez más necesario comenzar a implementar sistemas de investigación que permitan sugerir opciones de aplicación para el empleo de mezclas asfálticas modificadas y, de esta manera, afrontar también la realidad problemática sobre las deficiencias que conlleva trabajar con mezclas asfálticas densas convencionales. Presentando en la figura 1 una vía asfáltica desprovista de un mantenimiento adecuado, por lo que su estado se encuentra predispuesto a agravarse, generando un

pésimo nivel de serviciabilidad al

usuario. La necesidad de brindar vías que resistan el paso del tráfico puede llegar a ser afrontada mediante la incorporación de una mezcla asfáltica modificada a partir de materiales económicos disponibles y de fácil obtención a nivel nacional, validando su aplicación mediante investigación y estudios de laboratorio apropiados. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2020).

Fallas que pueden ser originadas por un envejecimiento y un deterioro prematuro del ligante asfáltico son las peladuras, piel de cocodrilo y ahuellamiento que por lo general suelen presentarse de forma visible sobre la superficie del pavimento, como se observa en la figura 2, una vía donde se llega a apreciar un mal estado producto de la aparición de fallas sobre su superficie. Teniendo presente que los mantenimientos son muy poco rutinarios a nivel local, se espera que el estado vial de un pavimento asfáltico sea intransitable para realizar reparaciones. Con la finalidad de evitar la aparición de estas fallas tempranas sobre la superficie del pavimento, se plantea aplicar sulfato de cromo como modificante del asfalto para evaluar el envejecimiento y la degradación del asfalto ante este agente adicionado.

La provincia de Huancayo presenta carreteras de pavimento flexible, por lo que no es ajena a esta realidad, de manera que se puede visualizar sus pavimentos con muchas de estas fallas como piel de cocodrilo, ahuellamiento o también roderas ocasionadas por el envejecimiento a temprano o largo plazo. Los pavimentos de las principales avenidas en Huancayo presentan estas fallas a temprana edad de haber sido inaugurados, toda vez que en un tiempo menor de un año ya presentaban estas fallas; sin embargo, se busca mejorar estas fallas con diversos materiales como aditivos retardadores de temperatura, aceleradores. También existen materiales como el sulfato de cromo que podrían contribuir en la mejora de las propiedades de la mezcla asfáltica en Huancayo.



*Figura 1: Vía en mal estado desprovista de mantenimiento adecuado*

*Fuente: El Deber, Economía, mal estado vial*



*Figura 2: Situación de fallas superficiales en el pavimento asfáltico*

*Fuente: RPP Noticias, Pistas en mal estado*

## **1.2 Formulación del Problema**

### **1.2.1 Problema General**

¿Cómo la influencia del sulfato de cromo influye en la degradación del asfalto durante el proceso de producción de mezcla asfáltica en planta – Huancayo 2022?

### **1.2.2 Problemas Específicos**

- ¿Cuál es el comportamiento que presenta el ligante asfáltico PEN 85/100 ante una degradación inducida por temperatura en Huancayo 2022?
- ¿Cuál es el comportamiento que presenta el ligante asfáltico PEN 85/100 modificado a distintos porcentajes de sulfato de cromo ante una degradación inducida por temperatura en Huancayo 2022?
- ¿Qué propiedades mecánicas presenta la mezcla asfáltica elaborada por el método Marshall a distintos porcentajes en adición de sulfato de cromo para Huancayo 2022?

## **1.3 Objetivos**

### **1.3.1 Objetivo General**

Analizar la influencia del sulfato de cromo en la degradación del asfalto durante el proceso de producción de mezcla asfáltica en planta – Huancayo 2022.

### **1.3.2 Objetivos específicos**

- Establecer el comportamiento que presenta el ligante asfáltico PEN 85/100 ante una degradación inducida por temperatura en Huancayo 2022.
- Establecer el comportamiento que presenta el ligante asfáltico PEN 85/100 modificado a distintos porcentajes de sulfato de cromo ante una degradación inducida por temperatura en Huancayo 2022.
- Determinar las propiedades mecánicas que presenta la mezcla asfáltica elaborada por el método Marshall a distintos porcentajes en adición de sulfato de cromo para Huancayo 2022.

## **1.4 Justificación e importancia**

### **1.4.1 Justificación teórica**

En el campo de los cementos asfálticos, se quiere ampliar el uso del ligante asfáltico con adición de materiales que actúen como aditivos, como el sulfato de cromo que permita mejorar las propiedades del cemento asfáltico.

### **1.4.2 Justificación práctica**

Los asfaltos convencionales muestran una evidente variación en sus propiedades originales con respecto al cambio térmico al que se encuentran expuestos; es decir, que la temperatura ejerce sobre este un efecto oxidativo que deteriora su estructura de planta. Por lo que, en la presente investigación, se plantea aplicar sulfato de cromo como modificante del asfalto para evaluar su relación con el deterioro presente sobre el ligante asfáltico y de esta manera aportar información útil sobre su aplicación en mezclas asfálticas en caliente elaboradas bajo los requerimientos Marshall.

### **1.4.3 Justificación económica**

Uno de los factores más importantes considerados es el impacto económico, donde se propone llegar a optimizar y mejorar las propiedades correspondientes al asfalto modificado con la adición de sulfato de cromo, aportando una resistencia sobre los cambios de temperatura que sufre la mezcla asfáltica en los pavimentos. De esta manera, se consigue asegurar un correcto funcionamiento de la carpeta de rodadura a corto plazo, donde se evite la aparición de fallas tempranas en el pavimento, lo que reduce los costos por mantenimiento y se asegura un nivel de serviciabilidad alto para el usuario de la vía.

### **1.4.4 Justificación metodológica**

Las normativas, antecedentes y fuentes bibliográficas necesarias para la elaboración de la investigación se encuentran disponibles en los requerimientos de mezcla Marshall que emplea la normativa nacional vigente, por lo que es de fácil acceso y permite mantener un punto de comparación respecto de los estudios de laboratorio que se proyectan realizar para cumplir con los objetivos planteados en la presente investigación.



### **1.4.5 Importancia**

Actualmente, es evidente una necesidad creciente de desarrollar pavimentos asfálticos que presenten un envejecimiento lento y progresivo respecto al tiempo de vida útil proyectado, capaces de soportar los cambios de temperatura a los que comúnmente se encuentran expuestos. Es por ello que, con la aplicación de los estudios que analicen el efecto del sulfato de cromo en el ligante asfáltico, se pretende aportar información de carácter útil para su aplicación como tentativa de solución ante la realidad problemática que se afronta cotidianamente.

## **1.5 Delimitación de la investigación**

### **1.5.1 Delimitación espacial**

El contexto correspondiente a la elaboración y la obtención de los materiales necesarios para el desarrollo de la presente investigación se encuentra delimitado por las características geográficas de la provincia de Huancayo, debido a la configuración climática y la temperatura ambiental media que sugiere aplicar un ligante asfáltico de consistencia media.

### **1.5.2 Delimitación temporal**

Conforme al planteamiento de investigación y la planificación del desarrollo de la presente investigación respecto al cumplimiento de los objetivos planteados, se contempla por delimitación temporal unos 4 meses correspondientes desde el inicio del planteamiento del estudio hasta la presentación final del proyecto completo. Con esto, es posible aportar información relevante respecto al uso de sulfato de cromo como modificador del asfalto y aplicarlo en las mezclas asfálticas en caliente de la provincia de Huancayo.

### **1.5.3 Delimitación conceptual**

La información correspondiente a las propiedades o el efecto que puede generar el sulfato de cromo en las propiedades mecánicas y volumétricas de una mezcla asfáltica en caliente a través de su adición sobre el peso del ligante asfáltico es muy limitada respecto de antecedentes análogos y fuentes bibliográficas afines. Teniendo de esta manera que plantear un análisis experimental en un laboratorio que permita

mantener las variables en un entorno controlado y, de esta forma, conseguir cumplir con los objetivos planteados en el estudio.

## **1.6 Hipótesis y descripción de variables**

### **1.6.1 Hipótesis General**

La influencia del sulfato de cromo en la degradación del asfalto durante el proceso de producción de mezcla asfáltica en planta permite conservar sus propiedades en un 12% para Huancayo 2022.

### **1.6.2 Hipótesis Específicas**

- El comportamiento que presenta el ligante asfáltico PEN 85/100 ante una degradación inducida por temperatura aumenta su viscosidad en un 15% para Huancayo 2022.
- El comportamiento que presenta el ligante asfáltico PEN 85/100 modificado con 7.5% de sulfato de cromo mitiga la degradación inducida por temperatura en mayor medida para Huancayo 2022.
- Las propiedades mecánicas que presenta la mezcla asfáltica elaborada por el método Marshall no se alteran ante la adición de distintos porcentajes de sulfato de cromo para Huancayo 2022.

## **1.7 Variables**

### **1.7.1 Variable Independiente**

- Porcentaje de sulfato de cromo
- Muestra patrón, cemento asfáltico, asfalto
- 5% sulfato de cromo
- 10% sulfato de cromo
- 15% sulfato de cromo

El porcentaje de dosificación del sulfato de cromo se tomó en referencia de los antecedentes mencionados anteriormente.

### **1.7.2 Variables Dependientes**

- Degradación del asfalto

El resultado obtenido en la presente investigación será realizado por los equipos de laboratorio con las certificaciones de INACAL (Instituto Nacional de Calidad) cada 6 meses.

# Operacionalización

Tabla 1: Operacionalización de la variable

Variables	Definición Conceptual	definición operacional	Dimensiones Indicadores Escala	dosificación Instrumento
Vi:	tres muestras de ensayos como mínimo por cada dosificación	viscosidad	Muestreo de materiales bituminosos 5% DE SULFATO DE CROMO	M C E 3 1 0
	Es el doble sulfato de potasio del cromo, a menudo se	tres muestras de		V i s c o s i d a d c i n e m á t i c a d e a s f a l t o s M T C E 3 1 0 To m a de m ue str as de m ez cl as fál tic as M T C

E  
50  
1  
M

ue  
str  
eo  
de  
m  
encuentra en su  
forma dodecahidrato

at  
eri  
al  
es  
bit  
ensayos como  
minimo por cada  
ductilidad

**SULFATO**

u  
mi  
no  
so  
s  
10% DE SULFATO  
de asfaltos MTC  
Viscosidad cinemática  
DE CROMO

1842  
Ficha

310  
recolección de

Razón

**CROMO**

y se produce a partir de  
sales de cromato o de  
aleaciones de  
ferrocromo.  
tres muestras de ensayos  
como  
propiedades

dosificación

Tom

15% DE SULFATO  
Viscosidad cinemática de  
asfaltos MTC

3  
0  
1

M

datos

mecanicas

DE CROMO

E  
310  
Tom  
a de  
mue  
stras  
de  
mez  
clas  
asfált  
icas  
MTC  
E  
501

obtencion de valores

Muestreo de  
mate  
riale  
s  
bitu  
min  
osos  
MT  
CE  
301

Es el desgaste superficial de la capa de rodadura, en el que diversos factores son el causante de dicho

de resultados

Inducción de envejecimiento a corto plazo

Toma de muestras de mezclas asfálticas MTC E 501

Vd:  
DEGRADACI

Inducción de

Empleo de Ensayo Rolling thin Film

Ficha

Oven  
(RFTO)

Muestreo de materiales bituminosos  
MTC  
E 301

ÓN DEL

efecto de tal manera obtencion de resultados

Toma de muestras de mezclas asfálticas

recolección de

Razón

ASFALTO

reduce su tiempo de vida de los pavimentos si no se dan los correctos mantenimientos.

a largo plazo

MTC E 501  
Empleo de Ensayo Rolling thin Film Oven (RFTO)

datos

Propiedades

Resistencia de mezclas bituminosas

MTC E 504

obtencion de valores mecánicas de la de los resultados mezcla asfáltica

Peso específico y absorción de

a

g  
r  
e  
g  
a  
d  
o  
s  
g  
r  
u  
e  
s  
o  
s  
M  
T

C  
E  
2  
0  
6  
T  
o  
m  
a  
d  
e  
m  
u  
e

s  
t  
r  
a  
s  
d  
e  
m  
e  
z  
c  
l  
a  
s

a  
s  
f  
á  
l  
t  
i  
c  
a  
s

---

M  
T  
C  
E  
5  
0  
I

*Fuente: Elaboración propia*

## CAPITULO II : MARCO TEÓRICO

### 2.1 Antecedentes del Problema

#### 2.1.1 Antecedentes Nacionales

Según (Ibáñez Maldonado, 2015) en la tesis de pregrado titulada: “Uso de polímeros en un nuevo diseño para mejorar las propiedades físico – mecánicas del asfalto: contribución para el tramo de la carretera Chilete – Cajamarca”. Tesis de maestría en Ingeniería y gerencia de la construcción de la Universidad Nacional de Cajamarca. Presenta como objetivo mejorar las propiedades físico – mecánicas del asfalto convencional con la incorporación del polímero Elvaloy® 4170 y ácido polifosfórico, que puedan ser utilizados como alternativas en la carpeta asfáltica de la carretera Chilete – Cajamarca. Al evaluar la durabilidad, se obtuvo un resultado de 0.67%, lo que indica que el polímero empleado mantiene las propiedades del asfalto, mientras que la adhesión y cohesión también mejoran. Mediante los ensayos de penetración, se pudo demostrar que la mezcla es rígida a elevadas temperaturas y flexible a menores temperaturas, con una penetración de 30mm. El ensayo de recuperación elástica por torsión demuestra una recuperación del 58%, mientras que el del ductilómetro a 5°C se obtuvo 64% de recuperación. El ensayo de ductilidad demostró una recuperación a una velocidad de 5cm por minuto a 25°C de temperatura y que se puede quebrar y romper tras 150cm de tensión. En conclusión, el asfalto ensayado es susceptible a la temperatura, por lo que la modificación lo convierte en un tipo de asfalto capaz de soportar deformaciones permanentes.

Según (Caso Quispe & De la Cruz Gutierrez, 2021) en la tesis titulada: “Diseño de mezclas asfálticas en caliente modificadas con polímeros reciclados HDPE y SBR, para pavimentos en la ciudad de Huancavelica”, tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil, investigada en la Universidad Nacional de Huancavelica. El objetivo principal de esta investigación es determinar el porcentaje de polímeros reciclados HDPE y SBR que producen valores óptimos de estabilidad y flujo Marshall en la modificación de diseño de mezclas asfálticas en caliente para pavimentos en la ciudad de Huancavelica. En los resultados, se obtuvo que la MAC modificada con SBR manifiesta mejores condiciones de estabilidad y flujo



Marshall

a diferencia de la MAC modificada con HDPE que manifiesta valores superiores a los requeridos en cuanto al flujo Marshall. Por tanto, se pudo deducir que para una MAC modificada con HDPE y SBR se presentan condiciones óptimas ante la exposición a temperaturas bajas, mientras que, a partir de los valores obtenidos de vacíos, se deduce que al obtener un valor satisfactorio en cuanto a los vacíos para las MAC modificadas con HDPE y SBR, se puede afirmar que se obtuvo una MAC con una permeabilidad adecuada y menos exudación en el pavimento. En conclusión, los polímeros reciclados HDPE y SBR en porcentajes de 4% y 2% respectivamente del cemento asfáltico produjeron efectos significativos en la estabilidad y flujo Marshall del diseño de mezclas asfálticas en caliente para pavimentos en la ciudad de Huancavelica.

Según (Céspedes Ojeda, 2019) en la tesis de posgrado titulada “Proceso de producción y colocación de mezcla asfáltica en caliente empleando una planta de asfalto móvil”, investigada en la Universidad de Piura; tiene como objetivo explicar el funcionamiento de una planta de asfalto móvil detallando las diferentes etapas del proceso de producción del asfalto, desde la puesta en marcha de la planta hasta la colocación de la carpeta asfáltica en obra. En los resultados de la investigación, se obtuvo que la planta de asfalto de la empresa Cisamp SRL no cuenta con un caudalímetro para la medición de la velocidad del flujo del PEN 60/70 que es vertido sobre el tambor mezclador, lo que genera un déficit en la calidad del producto obtenido, por el exceso o falta de PEN 60/70 en la mezcla. Para el control del flujo, se hace uso de una llave reguladora, con la cual se va probando la salida del flujo de PEN 60/70 hacia el tambor mezclador, según las indicaciones del técnico en suelos. En conclusión, el método Marshall establece que el porcentaje de vacíos presente en la mezcla asfáltica debe estar en el rango de 3% a 5%. Si el porcentaje es menor al 3%, la carpeta asfáltica puede presentar fallas por la excesiva rigidez. Si el porcentaje de vacíos es mayor al 5%, puede generar carpetas asfálticas de tipo abierta, la cual no es recomendable, porque vuelve a la carpeta asfáltica permeable, a menos que la vía asfáltica cuente con un adecuado drenaje.

Según (Goicochea Fernandez, 2017) en su investigación titulada “Estudio de un asfalto con adición de caucho de neumáticos reciclados como polímero base, Chachapoyas”, donde se estudió el efecto que produce la adición de caucho de neumático reciclado en el asfalto PEN 60/70, teniendo como objetivos planteados determinar la adición de caucho de neumáticos reciclados al asfalto PEN 60/70, además mejorar sus propiedades; asimismo, influye en la reducción del costo de producción de una mezcla asfáltica en caliente. Asimismo, el diseño de la investigación es experimental, método analítico. Para demostrar ello, se tuvo como muestra control al asfalto PEN 60/70 y muestras experimentales fabricadas con adición de 10%, 15%, 20% de caucho y 2% de azufre (catalizador), fabricadas a 160

°C, 180 °C y 200 °C, cada una de ellas, donde también se realizó ensayos de penetración y llegando a la conclusión de que la adición de caucho mejora la resistencia de las propiedades de la mezcla asfáltica; además, aumenta la rigidez y disminuye la susceptibilidad térmica y, finalmente, reduce el costo de una mezcla asfáltica.

Según (Rodrigues Valdivia, 2008) en su investigación titulada “Análisis de pavimento asfáltico modificado con lómeros”, donde se realiza como objetivo principal un análisis comparativo entre el asfalto convencional y el asfalto modificado; para ello, se ha realizado con el método Marshall y bajo las normas del Manual de Carreteras; además, el método aplicado es el método científico, nivel correlacional; a su vez, la dosificación de concreto asfáltico convencional en caliente y un concreto asfáltico modificado con polímero en caliente, ambos con un tamaño máximo de 20 mm. (3/4”) de los áridos para tránsito pesado. Finalmente, se concluyó que las mezclas asfálticas mejoran el comportamiento de las mezclas elaboradas.

### **2.1.2 Antecedentes Internacionales**

Según (Alarcón Figueroa , Chaparro Díaz, & Sánchez Suarez, 2020) en la tesis de especialización: “Importancia de la Resistencia y Vida Útil de Mezclas Asfálticas Modificadas con GCR en Colombia”; el objetivo de esta investigación es detallar el uso de residuos para el mejoramiento de la infraestructura vial, mitigando el impacto negativo que se genera, ayudando a la conservación de las vías tipo 4G

(tercera generación), aplicando el grano de caucho reciclado. En los resultados, se obtuvo que

la producción de la mezcla asfáltica modificada con grano de caucho requiere una modificación en la planta de producción, ya que se debe adaptar un tanque capaz de calentar y soportar temperaturas mayores a ciento cincuenta y cinco grados Celsius para la reacción de cemento asfáltico con el grano de caucho reciclado, además de mantener una agitación constante, con el fin de evitar la separación del grano de caucho reciclado y el ligante. Finalmente, el asfalto sale a una temperatura de ciento ochenta grados Celsius, para ser instalado entre ciento sesenta grados Celsius y ciento sesenta y cinco grados Celsius, comparado con la producción de la mezcla densa en caliente convencional, se observa que se trabaja a mayores temperaturas. “Siendo una desventaja en su producción el alto costo por las modificaciones que se deben realizar a los equipos o planta asfáltica” (IDU, 2005, p. 12.), pero se puede considerar como una inversión a largo plazo. En conclusión, se presenta una alternativa de ahorro en rehabilitación y mantenimientos viales, teniendo en cuenta que la vida útil del asfalto modificado con GCR tiene un promedio de 15 años, lo que permite brindar mejores condiciones de transitabilidad y seguridad vial a los diferentes usuarios.

Según (Aguilar Moya, Arias Barrantes, Baldi, & Rojas Rojas, 2021) en el artículo “Modificación del asfalto con orujo de uva roja como material antioxidante”, de la revista Infraestructura Vial, tiene como objetivo emplear el orujo de la uva como aditivo antioxidante en el asfalto; para ello, se prepararon las muestras de asfaltos con orujo y envejeciéndolas con lámparas UV y variando los minutos de exposición en horno para simular los días de exposición a radiación, también se calcularon índices para representar la intensidad de las bandas asociadas a las frecuencias de  $1700\text{cm}^{-1}$ ,  $1030\text{cm}^{-1}$  y  $1600\text{cm}^{-1}$ , que corresponden a las señales de carbonilos, sulfóxidos y dobles enlaces carbono-carbono respectivamente. En los resultados, la modificación del asfalto con orujo ocasiona la aparición de la señal de grupos funcionales ausentes en el asfalto sin modificar y sin haber aplicado ningún tipo de envejecimiento en el material y en el caso de los dobles enlaces (insaturaciones) se encontró que tanto el tiempo como el porcentaje de orujo adicionado tienen un impacto sobre el cambio en este índice. Se muestra que se da un aumento en la aparición de dobles enlaces de un 0,09% semanal, mientras que la adición de orujo hace que se reduzca la aparición de estos grupos en un 2% por punto porcentual de

aditivo utilizado. En conclusión, el uso de un 3% de orujo tiene el efecto significativo en retardar la aparición de enlaces dobles y de sulfóxidos durante las primeras semanas de exposición a la intemperie, las cuales se consideran las más agresivas en términos de formación de especies oxidadas. Por lo tanto, el uso de este material resultaría beneficioso y se recomienda que se pruebe en porcentajes mayores al 3%, verificando que se mantengan las propiedades reológicas que permitan al asfalto tener un buen desempeño en campo.

Según (Tarazona Gaona, 2020) en la tesis titulada: “Estudio del proceso de degradación de las propiedades mecánicas de las mezclas asfálticas debido a ciclos de humedecimiento y secado”, investigación para obtener el título de ingeniero civil. El objetivo es analizar los cambios de  $|E^*|$  ante diferentes niveles de frecuencia de carga de una mezcla asfáltica sometida a diferentes condiciones de saturación parcial y a 3 ciclos de humedecimiento-secado. Los resultados obtenidos demostraron que existe una disminución en la magnitud de  $|E^*|$  entre los ciclos de humedecimiento- secado; es decir, para un mismo grado de saturación de la mezcla, el valor del módulo disminuyó entre un 15.1 % hasta un 26.1%, siendo cada vez más alta al aumentar la frecuencia de ensayo. Esto demuestra que la mezcla asfáltica objeto de este estudio se deterioró de forma irreversible a medida que se aplicaron los diferentes ciclos de acondicionamiento. En conclusión, se sugiere la importancia de incluir dentro de los parámetros del diseño de una estructura de pavimento el deterioro de las propiedades mecánicas no sólo por acción de la temperatura y de la oxidación, sino también por la acción de la humedad.

(Bastidas Martinez, 2022) en su trabajo de investigación titulado “Análisis de ductilidad de un asfalto convencional y de un asfalto modificado con grano de caucho reciclado”; por tanto, es indispensable el estudio de sus características físicas para determinar su comportamiento, caracterización y control de calidad. El presente trabajo tiene como principal objetivo la fabricación de un equipo que permita realizar el ensayo de ductilidad de asfaltos convencionales y modificados. Lo anterior siguiendo los lineamientos en la especificación 702 del Instituto Nacional de Vías (INVIAS, 2013). Posteriormente, se realizaron ensayos de laboratorio para analizar

la ductilidad, con el fin de analizar las propiedades a tensión de los materiales asfálticos referentes a la ductilidad de un cemento asfáltico convencional CA 60-70 (Clasificado por su grado de penetración) y un asfalto modificado con Grano de Caucho Reciclado (GCR). Como conclusión se puede analizar que los asfaltos convencionales presentan una elevada ductilidad en referencia al asfalto modificado, lo cual es atribuido a las partículas de GCR en la lámina de asfalto. Por otro lado, también se puede mencionar que las mezclas asfálticas con GCR presentan mayor recuperación. Sin embargo, según la literatura consultada, las mezclas asfálticas con GCR presentan una mayor recuperación elástica ante cada ciclo de carga y descarga, permitiendo obtener un mayor número de repeticiones de carga con relación a las mezclas con asfalto convencional.

(Aponte Cuitiva, 2013) en su investigación titulada “Caracterización física y reológica de un aglutinante asfáltico 60-70 modificado para mezclas asfálticas tibias”, teniendo como objetivo principal la evaluación de las propiedades físicas y reológicas de un asfalto modificado con aditivos químicos”, para lo cual se hace uso de los ensayos de penetración del asfalto 60-70; así mismo, determinar el óptimo contenido de asfalto; del mismo modo, realizar el ensayo de viscosidad con el DSR para la selección de asfalto; además, comparar las propiedades del ligante asfáltico tibias, y concluyendo que los porcentajes de aditivos varían de 1% hasta 5 % a temperaturas de 165°C y 125°C, por lo que al momento de realizar los ensayos y hacer una comparación se obtiene una ligera comparación del asfalto modificado y el asfalto convencional.

## **2.2 Bases Teóricas**

### **2.2.1 Degradación del pavimento asfáltico**

Existen varios tipos de degradaciones en los pavimentos asfálticos que se producen durante su vida útil. Las condiciones meteorológicas y las cargas de tráfico son factores que producen estos daños. En este estudio, se analizan los tipos de deterioros de los pavimentos asfálticos y las razones de los mismos.

#### **2.2.1.1 Grietas**

Existen diferentes tipos de grietas en los pavimentos de asfalto. El agrietamiento de cocodrilo es un tipo de grieta que puede observarse en cualquier lugar de un carril de carretera. Es una secuencia de grietas interconectadas de diferentes etapas de

desarrollo. Además, las grietas de cocodrilo se expanden en muchos lados, piezas de ángulos agudos y se observan más a menudo en el lado más largo del carril de la carretera. Este tipo de agrietamiento se produce principalmente en las carreteras con cargas de tráfico repetidas y se considera una grieta longitudinal paralela debida a la trayectoria de las ruedas que se expande con el tiempo y las cargas.

El agrietamiento en bloque es similar al agrietamiento en caimán, aunque este tipo de grietas se dividen en trozos rectangulares que suelen clasificarse como agrietamiento longitudinal y transversal. Las razones del agrietamiento en bloque son la antigüedad del ligante asfáltico y la mala mezcla del mismo.

La grieta longitudinal discurre paralela a la línea central de la carretera (Figura 3). Este tipo de grieta es un camino de rueda frente a un camino de no ruedas, lo que significa que puede aparecer en cualquier parte del carril. Además, está relacionada con el inicio de un caimán agrietamiento. Además, este tipo de grietas son discontinuas, rotas y aparecen en la trayectoria de la rueda. Además, las razones por las que se producen las grietas longitudinales son básicamente la contracción de la capa de asfalto, las grietas de las capas inferiores que se reflejan a través del pavimento y una mala construcción o ubicación de las juntas.

El agrietamiento transversal es principalmente perpendicular a la línea central del pavimento asfáltico. Además, el agrietamiento transversal puede ocurrir en cualquier lugar dentro del carril. Las causas del agrietamiento transversal son los bloques de la expendedora relacionados con el montaje incorrecto de la mezcla del asfalto, las bajas temperaturas y de las grietas en la sub-base de las capas del pavimento (Stein & Wressell, 1999).





*Figura 3: Grieta longitudinal en pavimento asfáltico*

*Fuente: (Stein & Wressell, 1999)*

#### **2.2.1.2 Baches y parches**

Un bache es un agujero en forma de cuenco que a veces se crea en más de una capa del pavimento asfáltico (Figura 4). En otras palabras, el agujero en la superficie de asfalto penetra en todas las capas de asfalto hasta la capa base. Los baches suelen producirse en las superficies de las carreteras de mezcla asfáltica en caliente y son de unos 25 mm a 50 mm. Además, el diámetro mínimo del bache es de 150 mm. La razón principal que causa el bache es cuando el agua entra en las grietas y destruye el área debajo de las grietas causando un bache. Además, otras causas de los baches son la debilidad de la subrasante, la mala mezcla de la superficie y el tráfico. Estos pueden acelerar los baches (Asphalt Institute, 2020).



*Figura 4: Bache en pavimento asfáltico*

*Fuente: (Stein & Wressell, 1999)*

#### **2.2.1.3 Deformación de la superficie**

El ahuecamiento es una depresión de la superficie longitudinal en el recorrido de la rueda, que puede dar lugar a otros tipos de grietas y deterioros de los pavimentos asfálticos. Además, el ahuecamiento es la deformación de la superficie de la carretera y el movimiento lateral de los materiales debido a las cargas del tráfico, que aparecen sobre todo en las zonas de frenado y parada del tráfico. Los principales tipos de ahuecamiento son el ahuecamiento de la mezcla y el ahuecamiento de la subrasante. Además, los parámetros que afectan al ahuecamiento son la mezcla débil del asfalto, el espesor de las capas, la destrucción de las capas del pavimento por la humedad y la falta de compactación (Asphalt Institute, 2020).

#### **2.2.1.4 Defectos superficiales**

El rizado es la pérdida de las partículas de los áridos y del ligante asfáltico. Debido a la intemperie y al rizado, el ligante asfáltico pierde la unión con el árido. La calzada pierde su superficie lisa. La mala calidad de la mezcla de asfalto, el tráfico, el agua y el endurecimiento del asfalto debido al envejecimiento de los pavimentos asfálticos son las razones del rizado (Asphalt Institute, 2020). Debido a las altas temperaturas, especialmente en verano, los rayos UV destruyen este aglutinante

entre ellos y provocan el ripado en la superficie.

La mezcla y el flushing son los resultados de la pérdida de textura de la superficie del pavimento asfáltico debido al exceso de asfalto. Además, es una superficie de pavimento brillante debido a las altas temperaturas que se conoce como superficie reflectante. El sangrado reduce la fricción del pavimento asfáltico y, por tanto, es muy importante para la seguridad de los consumidores. Las causas del sangrado y el enjuague son el exceso de asfalto en la mezcla, la construcción inadecuada de la capa de sellado y el uso de material demasiado pesado en las mezclas (Asphalt Institute, 2020). En general, el flushing es el exceso de material del betún asfáltico que se eleva en la superficie y esto es causado por un diseño deficiente de la mezcla asfáltica.

### **2.2.2 Técnicas y métodos de teledetección para los deterioros del pavimento asfáltico**

Las técnicas de teledetección consisten en diferentes tipos de métodos, como los de alta resolución espacial y temporal, que son muy útiles para la evaluación del transporte. Se trata de métodos no destructivos que utilizan vehículos aéreos no tripulados (UAV), satélites, aviones y vehículos en movimiento.

Cada tipo de método de teledetección tiene diferentes sensores que tienen partes alternativas del espectro electromagnético y contribuyen a la recogida de datos y a las mediciones de la superficie de la carretera. Además, el uso de la teledetección es rentable e importante en las investigaciones sobre infraestructuras de transporte. Además, los métodos de teledetección pueden identificar y analizar los defectos del pavimento y las dificultades derivadas de las cargas de tráfico y las condiciones meteorológicas. Por último, la recopilación de datos desde plataformas aéreas y espaciales puede identificar las destrucciones de los desastres naturales y antropogénicos, así como la destrucción del asfalto a través del tiempo, mientras que podrían ser de múltiples fuentes y proporcionar datos multispectrales.

Además, es valioso reconocer que los métodos de teledetección trabajan con la energía solar y también con la radiación electromagnética que viaja desde el espacio a la superficie de la Tierra y entonces las ondas pueden ser reflejadas, absorbidas o dispersadas desde los diferentes tipos de superficies de la Tierra. Estas son las llamadas firmas espectrales.

La radiación electromagnética es la gama que se resume por longitud de onda o frecuencia por el espectro electromagnético. Las mediciones de las firmas espectrales de cada superficie medidas por el reflectómetro de espectro solar se han correlacionado con el brillo de la superficie. El método de teledetección más conocido para los pavimentos de asfalto son las fotografías.

#### **2.2.2.1 Radar de penetración GPR**

Según investigaciones, el Radar de Penetración en el Suelo (GPR) es un método útil para determinar el grosor y la anchura de las grietas en las superficies de los pavimentos asfálticos. Para su estudio, se utilizan tanto observaciones de campo como modelos numéricos de GPR. En ambos lados del recorrido de las ruedas, se utilizan 1000MHz y 250MHz en el centro del carril. También se utiliza un sistema SPIDAR multicanal basado en un carro y sistemas de mapa de carreteras de alta velocidad con canal acoplado al suelo. Mediante el uso de carros empujados por las manos, recogieron datos multifrecuencia de mayor resolución espacial. A continuación, los datos recogidos fueron precedidos por métodos numéricos para determinar las dimensiones de la grieta. Los resultados mostraron que el uso del GPR de 250 MHz puede ser más efectivo para la rugosidad de la grieta y los efectos de la guía de ondas, mientras que el GPR de 1000 MHz es mejor para detectar las grietas verticales del pavimento. Por último, los resultados mostraron caracteres similares, pero con diferencia entre las secciones transversales del GPR y los resultados de la modelización numérica.

#### **2.2.2.2 Espectrómetro de mano de rango completo ASD**

(Herold, Noronha, & Smadi, 2008), de acuerdo con los estudios anteriores, encontraron la relación entre el estado de la carretera basado en el PCI y los datos de teledetección. En este experimento, las técnicas de práctica común que se utilizan mediante el espectrómetro de mano de rango completo ASD con el fin de referir los nuevos resultados. Los datos recogidos por el Espectrómetro Visible/Infrarrojo Aerotransportado (AVIRIS) que tiene 224 bandas y un rango espectral entre 350nm y 2500 nm y una resolución espacial de 4 m, pero debido a su baja resolución espacial, el uso del sensor HyperSpecTIR (HST) y su Análisis de Varianza (ANOVA) que tiene una mejor reflectancia, mostraron que la relación entre la señal de la teledetección y el PCI en el pavimento asfáltico en una carretera

con buen

estado es fuerte, pero las carreteras que tienen grietas, baches y rastrillajes disminuyen la relación entre ellos. Por último, tanto las prácticas habituales como el análisis por teledetección son eficaces para identificar las carreteras que están en buen o muy buen estado y los resultados son más precisos, pero para el mal estado de las carreteras se necesita la observación in situ de expertos.

#### **2.2.2.3 Detección mediante escaneo láser 3D, visión estereoscópica y vibración**

También se evaluaron la detección de baches en imágenes de pavimentos asfálticos. La recopilación de datos sobre el terreno era larga y costosa mediante el uso de métodos como los de los estudios anteriores, que pueden dividirse en tres categorías principales. Las categorías son escaneo láser 3D, visión estereoscópica y vibración basada en el uso de sensores de aceleración. Se basaron en las imágenes de estudios anteriores y, mediante el uso de un prototipo de MATLAB, probaron 120 imágenes diferentes, incluyendo baches, grietas y parches. Además, utilizaron imágenes tomadas desde los vehículos con cámara ojo de pez de alta velocidad. Tras la detección de la cámara, un algoritmo clasificó los defectos del pavimento asfáltico. Finalmente, los resultados de estos métodos mostraron una precisión del 86% en la detección de baches.

#### **2.2.2.4 Índice de agregados expuestos (EAI)**

La relación entre la reflectancia y las condiciones de la carretera asfáltica fueron mencionadas para la detección de la característica espectral de los pavimentos asfálticos. El pavimento asfáltico debido a su edad, a la intemperie y a las cargas puede apelar a deformaciones como el raspado y el agregado pulido. El índice de agregados expuestos (EAI) puede cambiar la firma espectral, así como estos deterioros del pavimento. Este estudio se llevó a cabo con el fin de comparar las firmas espectrales del pavimento asfáltico de cada objetivo con fotos digitales que fueron procesadas para obtener un co-registro geométrico y colorimétrico, mediante el uso de cámaras digitales Nikon Coolpix S560 con sensor montado de 10,7 millones de píxeles y lente de 35mm. La conclusión de este estudio es que la relación entre la colorimetría de la imagen y la medición espectral in situ es posible. La reflectancia del asfalto no es estable en una condición de superficie, especialmente debido a la exposición del agregado en la superficie del asfalto. Por último, los resultados de este estudio coinciden con los resultados espectrales en

que los efectos de los áridos



expuestos son del infrarrojo cercano (NIR) y su reflectancia se identifica como mayor que la del betún en el azul y en las longitudes de onda NIR.

#### **2.2.2.5 Viscosímetro rotacional**

En muchas industrias, como la química, la petrolera, la alimentaria, la cosmética, etc., la medida geológica más importante y un parámetro para la caracterización del producto es la viscosidad. En la mayoría de los casos, las emulsiones presentan un comportamiento complicado que exige precisión en la medición de la viscosidad. Hay varios tipos de viscosímetros disponibles para medir la viscosidad. La mayoría de los viscosímetros utilizados en el laboratorio requieren mucha mano de obra y pueden medir la viscosidad a una sola velocidad de cizallamiento a la vez. Por lo tanto, para múltiples mediciones de viscosidad a diferentes velocidades de cizallamiento, uno debe repetir el proceso.

Los viscosímetros utilizados en el laboratorio son muy precisos, pero no son adecuados para la medición en línea por muchas razones, como la escasa portabilidad o la sensibilidad a las vibraciones externas. Además, muchas variables diferentes, como la temperatura, la velocidad de cizallamiento, el caudal de las pruebas de laboratorio. La medición de la viscosidad en línea es una forma mejor de reducir el tiempo requerido en el análisis en comparación con el muestreo, que es lento, perturbador y a menudo engañoso.

A lo largo del tiempo, se han realizado muchas mejoras en el diseño y la velocidad de los viscosímetros rotacionales, especialmente por parte de la empresa Brookfield. En un viscosímetro rotacional de tipo cilindro coaxial, un cilindro se pone a girar dentro de un cilindro hueco que contiene el fluido de prueba. La viscosidad se calcula a partir del par experimentado por el cilindro debido a las fuerzas de arrastre viscosas. Los fluidos, tanto newtonianos como no newtonianos, pueden probarse a diferentes velocidades de cizallamiento en condiciones estables. Los viscosímetros rotacionales tienen tres categorías principales basadas en su diseño: 1. Viscosímetro de cilindro coaxial; 2. Viscosímetro de cono y placa; 3. Viscosímetro de placa paralela.

La mayoría de los viscosímetros rotacionales de laboratorio disponibles en el mercado están fabricados para trabajar fuera de línea. Aunque se puede obtener mucha información con estos viscosímetros, para trabajar en línea y adquirir un conocimiento detallado de los fluidos no newtonianos se necesita un viscosímetro

en

línea automatizado. Algunos investigadores sugirieron tres requisitos principales para que un viscosímetro rotacional realice la operación de viscometría en línea. Estos requisitos requerían que el viscosímetro rotacional operara en un rango de velocidades rotacionales, que tuviera automatización de cambio de velocidad y una señal de salida para la medición del par. En su trabajo, tomaron un viscosímetro manual convencional y modificaron su disposición para que cumpliera los requisitos mencionados.

### **2.2.3 Sulfato de cromo**

El sulfato de cromo (III) es una fuente de cromo moderadamente soluble en agua y en ácido para usos compatibles con los sulfatos. Los sulfatos son sales o ésteres del ácido sulfúrico que se forman sustituyendo uno o ambos hidrógenos por un metal. La mayoría de los compuestos de sulfato metálico son fácilmente solubles en agua para usos como el tratamiento del agua, a diferencia de los fluoruros y los óxidos que tienden a ser insolubles. Las formas metálicas de los órganos son solubles en soluciones orgánicas y, a veces, tanto en soluciones acuosas como orgánicas.

Los iones metálicos también pueden dispersarse utilizando nanopartículas suspendidas o recubiertas y depositarse utilizando blancos de pulverización y materiales de evaporación para usos como las células solares y las pilas de combustible. El sulfato de cromo suele estar disponible inmediatamente en la mayoría de los volúmenes. Se pueden considerar formas de alta pureza, submicrónicas y en nanopolvo. El sulfato de cromo (III) es el compuesto inorgánico con fórmula química  $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$ .

#### **2.2.3.1 Propiedades químicas**

Las soluciones de sulfato de cromo (III) pasan de azul a verde al calentarse, lo que indica la formación de un "complejo de sulfato" menos reactivo que puede tardar días o semanas en revertirse. El sulfato de cromo recién preparado a menudo contiene rastros de esta coloración, y algunas muestras incluso parecen verdes en lugar de azules, pero por lo demás es utilizable.

Una solución de sulfato de cromo (III) y de sulfato de potasio producirá cristales de alumbre de cromo al evaporarse parcialmente.

El tratamiento del sulfato de cromo (III) con bases produce hidróxido de cromo (III). Si la base utilizada es un carbonato o un bicarbonato, esta reacción va acompañada de la liberación de dióxido de carbono, de forma similar al hierro, que no forma carbonatos.

### **2.2.3.2 Propiedades físicas**

Las muestras puras pueden secarse para formar un polvo de color más claro, el sulfato de cromo (III) suele aparecer como un sólido amorfo de color gris azulado o gris violáceo. Las muestras recién preparadas o las que han sido sometidas a calor pueden presentar un color verde intenso, el sulfato de cromo (III) es fácilmente soluble en agua y en algunos alcoholes inferiores.

### **2.2.3.3 Preparación**

El sulfato de cromo (III) es un subproducto, junto con el sulfato de sodio. Si la temperatura de la reacción se mantiene lo suficientemente baja, la presencia de sulfato de cromo (III) se indicará por el color azul o azul-violeta del producto final, en lugar del color verde que se produce cuando la temperatura es demasiado alta. Para extraer el cromo (III) de la solución, los productos de la reacción deben tratarse con bases para precipitar el hidróxido de cromo (III).

El sulfato de cromo (III) puede producirse más directamente por la acción del ácido sulfúrico diluido y frío sobre el hidróxido de cromo (III) o el óxido de cromo (III). Sin embargo, debe tenerse en cuenta que muchos grados de óxido de cromo (III) no son lo suficientemente reactivos, a menudo como resultado de haber sido calcinados, para responder al tratamiento con ácido.

En la figura 5, se puede observar el esquema necesario para obtener sulfato de cromo. (Salih Tambary, 2019)

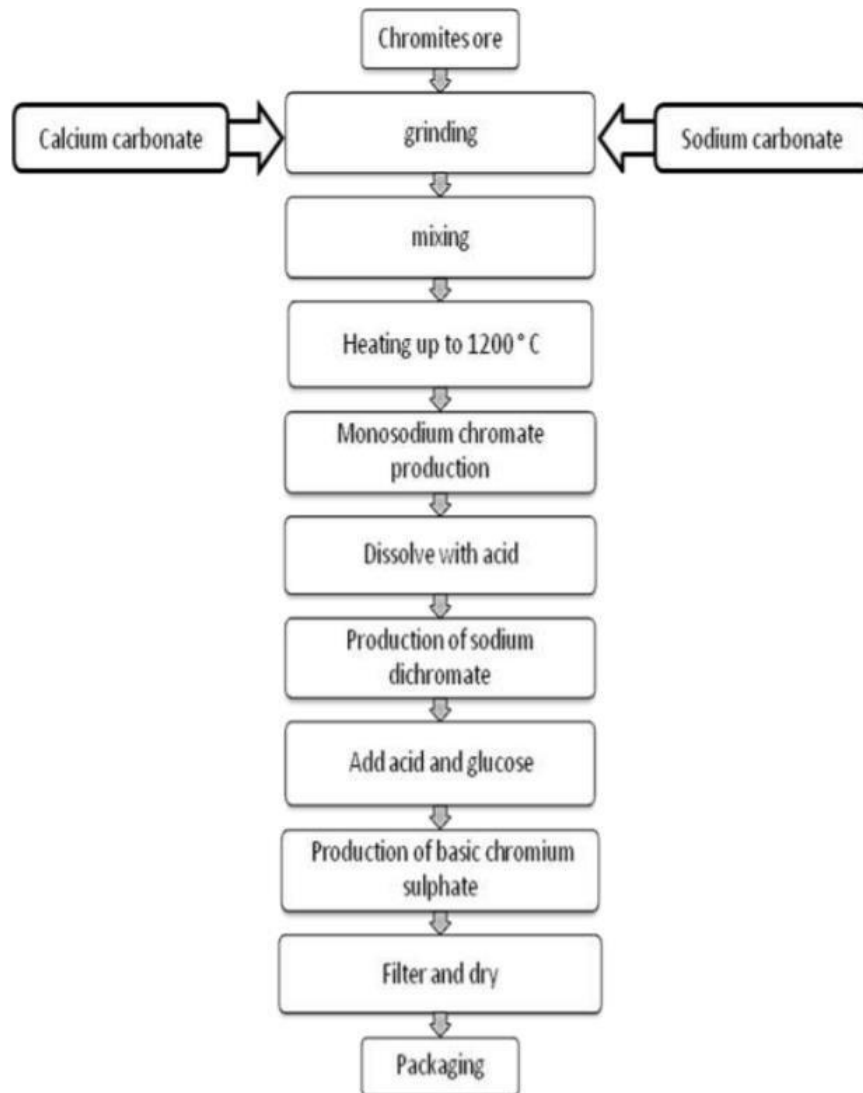


Figura 5: Esquema de producción del sulfato de cromo.

Fuente: (Salih Tambary, 2019)

#### 2.2.3.4 Seguridad

El contacto con soluciones de sulfato de cromo (III) o la inhalación de partículas puede causar irritación, pero, en general, este compuesto es relativamente no tóxico.

#### 2.2.3.5 Almacenamiento

El sulfato de cromo (III) es relativamente estable y tiene una baja reactividad, pero debe mantenerse alejado de temperaturas superiores a 40 °C cuando esté en presencia de humedad para evitar la formación de complejos. Una botella de plástico limpia es un buen frasco de almacenamiento.

### **2.2.3.6 Eliminación**

El cromo (III) puede ser perjudicial para la vida marina, por lo que los compuestos solubles en agua de cromo trivalente deben precipitarse como hidróxido de cromo (III) antes de ser eliminados en la basura, además de reciclar los iones de cromo.

## **2.3 Definición de Términos Básicos**

- Sulfato de cromo.

Es el doble sulfato de potasio del cromo, a menudo se encuentra en su forma dodecahidrato y se utiliza en el curtido de cueros. Se produce a partir de sales de cromato o de aleaciones de ferrocromo.

- Degradación.

Es el desgaste superficial de la capa de rodadura, en el que diversos factores como el clima, tráfico o proceso constructivo son los causantes de dicho efecto, de tal manera que reduce el tiempo de vida de los pavimentos si no se dan los correctos mantenimientos y conservaciones.

- Mezcla asfáltica.

Es el resultado de combinar material asfáltico con agregados pétreos en proporciones exactas, o bien, en distribución uniforme. Las proporciones relativas de dichos minerales establecen las propiedades físicas de la mezcla una vez terminada.

- Carpeta de rodadura

La carpeta de rodadura es la capa superior del firme que es colocada sobre la base y resiste directamente los esfuerzos que genera el tráfico.

- Envejecimiento

El envejecimiento es considerado como un fenómeno que altera las propiedades físico-químicas de la carpeta de rodadura, que ocasiona en el pavimento un deterioro a través del paso del tiempo y, por ende, disminuye su durabilidad.

- Viscosidad

Es la resistencia de un fluido a un cambio de forma, o al movimiento de porciones vecinas entre sí. La viscosidad denota la oposición al flujo, también puede considerarse como una fricción interna entre las moléculas, la cual se opone al desarrollo de diferencias de velocidad dentro de un fluido.

## **CAPITULO III : METODOLOGÍA**

### **3.1 Métodos y alcance de la investigación**

#### **3.1.1 Método de Investigación**

Según (Hernandez-Sampieri & Mendoza Torres, 2018), el método científico es el proceso de utilizar métodos científicos para obtener información relevante y verdadera para comprender, verificar, corregir o aplicar el conocimiento.

Por lo que, en este trabajo de investigación, se busca analizar mecánicamente las propiedades de la mezcla asfáltica mediante la metodología científica, por medio de ensayos de viscosidad de un asfalto modificado con sulfato de cromo.

#### **3.1.2 Nivel**

Según (Bunge, 1983), el nivel de investigación tiene como propósito conocer la relación o grado de asociación que existe entre dos o más variables o fenómenos en un contexto de investigación en particular.

De acuerdo a estas características de investigación, se busca la correlación entre el sulfato de cromo como modificador de la mezcla y la degradación de la mezcla asfáltica, contrastando las propiedades de la mezcla asfáltica.

#### **3.1.3 Tipo**

Según (Gomez Bastar, 2012), el tipo de investigación es aplicada, ya que consiste en procesos que buscan convertir el conocimiento puro, es decir, teorías, en un conocimiento práctico y útil para la sociedad.

Para esta investigación, se desarrollará la investigación aplicada del asfalto modificado con sulfato de cromo y se busca analizar el problema mediante los conocimientos prácticos específicos. Lo fundamental es obtener los resultados sobre la relación de las variables planteadas para conocer su comportamiento entre estas y determinar su aporte en la solución al problema planteado.



### **3.2 Diseño de la investigación**

Según (Carrasco Díaz, 2006), el diseño de investigación cuasi experimental son los modelos que no se asignan de manera al azar, los sujetos que forman parte de este tratamiento de control también tienen como objetivo averiguar si unos determinados factores influyen en la variable de interés y, si existe influencia de este factor, cuantificar la influencia.

De manera que, para esta investigación, se realizó moldes de ensayos de 3 unidades por dosificación; así mismo, para los ensayos realizados no se hizo una elección al azar en el laboratorio, en los que al alterar la mezcla asfáltica modificada con sulfato de cromo (variable independiente), el envejecimiento de la mezcla (variable dependiente) se altera a corto y largo plazo de manera predecible; por ello, se aplicará el diseño cuasi experimental.

### **3.3 Población y muestra**

#### a) Población

(González Castellanos, 2003) La población es un conjunto de elementos con las mismas características y que se encuentran en el mismo ámbito donde se llevará a cabo la investigación. Para la presente investigación, se tiene como población briquetas de mezcla asfáltica en caliente modificadas con sulfato de cromo, proveniente de forma comercial en la ciudad de Huancayo 2022.

#### b) Muestra

(Jimenez Paneque, 2002) Menciona que la muestra es un subgrupo de la población que cumple con determinadas especificaciones. Para la presente investigación, se tiene como muestra un total de 120 briquetas que cumplan con las especificaciones del método de diseño Marshall, de las cuales se variarán los porcentajes de sulfato de cromo que se adicionará.

#### c) Muestreo

(Baena Paz, 2014) Propone el muestreo no probabilístico de corte transversal, en el que define que no todos los elementos de la población serán elegidos como muestra para lograr los objetivos planteados.

### **3.4 Técnicas de recolección de datos**

La técnica de recolección de datos representa un papel importante en el desarrollo de la investigación, para lo cual se propone la técnica de observación directa, ya que el investigador requiere observar y registrar los fenómenos que se manifiestan en los ensayos experimentales para un análisis posterior.

### **3.5 Instrumento de análisis de datos**

Como instrumento de análisis de datos, se emplearán fichas de registro obtenidas de los ensayos de laboratorio necesarios para evaluar las propiedades mecánicas de las mezclas asfálticas en caliente modificadas con sulfato de cromo, además de determinar el envejecimiento de la mezcla a largo y corto plazo.

## **CAPITULO IV : RESULTADOS**

### **4.1 Descripción de la zona de estudio**

#### **4.1.1 Ubicación**

La provincia de Huancayo, denominada “La ciudad Incontrastable”, donde se desarrollará el estudio de la presente investigación, se ubica en el departamento de Junín, o la sierra central, localizada en el valle del Mantaro a una altitud de 3252 m.s.n.m. con un área de 44mil km<sup>2</sup>. Geográficamente ubicada a 12°04'00" Sur y 75°13'00" Oeste, el clima de esta provincia varía entre temperaturas de 5°C a 25°C y con excepciones baja a una temperatura de 3°C como también puede subir hasta más de 22°C. Asimismo, la provincia de Huancayo está en constante crecimiento en nivel de vías, por lo que es necesario contar con materiales que nos permitan mejorar las propiedades de pavimento asfáltico.

#### **4.1.2 Características de la zona de estudio**

La ciudad de Huancayo presenta sus calles de pavimentos flexibles y pavimentos rígidos, donde el pavimento flexible sufre el comportamiento por condiciones de clima, tiempo, en la efectividad de la realización de los proyectos de tales obras, en su mayoría se puede observar con un deterioro muy notable, y hasta por el incremento excesivo en el tráfico, que año tras año se va incrementando. (INEI, 2017)

### **4.2 Estudios previos**

#### **4.2.1 Estudios de campo**

##### **4.2.1.1 Ligante asfáltico**

Para el uso del ligante asfáltico, se debe tener en cuenta los factores y condiciones así como otros factores que podrían intervenir en la producción de la mezcla asfáltica, siendo Huancayo una ciudad con condiciones climatológicas variadas con una temperatura que varía entre los 5°C y 25°C, donde el asfalto más conveniente a utilizar en la zona de la investigación es el cemento asfáltico PEN85-100, que proviene de la Refinería la Pampilla S.A.A., que se ubica en la Av. Néstor Gambetta en Ventanilla, Provincia del Callao, Lima – Perú., según muestra la tabla 2.

Tabla 2: Tipo de cemento asfáltico según temperatura ambiente.

TEMPERATURA MEDIA ANUAL			
24°C o más	24°C - 15°C	15°C - 5°C	Menos de 5°C
40-50		85-100	
60-70	60-70	120-150	Asfalto modificado

Fuente: MTC 2014

#### 4.2.1.2 Zona de donde provienen los agregados

Existen varias plantas chancadoras en el departamento de Junín. Entre las más reconocidas está la planta chancadora de Matahuasi que se ubica en la provincia de Concepción que se encuentra al costado del puente Matahuasi a 50mt. del río.



Fuente: Software Google Earth Pro

#### 4.2.2 Estudios realizados en el laboratorio

##### 4.2.2.1 Cemento Asfáltico PEN 85-100

Dentro de los estudios realizados en el laboratorio del presente trabajo de investigación, se empleó como el cemento asfáltico el PEN 85-100 por sus propiedades convenientes con respecto al clima donde se va a realizar el estudio cumpliendo con las especificaciones de la normativa para la zona de estudio, se vio las características más óptimas de los datos que se obtuvo en

el certificado de la calidad del proveedor, donde se puede dar fe que está dentro de las cualidades con las que se trabajará esta investigación.

*Tabla 3: Especificaciones principales del cemento asfáltico con el que se trabajará*

ENSAYOS REPORTADOS	ESPECIFICACIONES	
	MÍNIMO	MÁXIMO
Ensayo de penetración a 25 °C, 100 g, 5 s	85	100
Punto de Inflamación Cleveland °C	232	-
Ductilidad a 25 °C, 5 cm/min, cm	100	
Solubilidad porcentaje de masa	99	
Pérdida por calentamiento, % masa		1
Penetración retenida, % del original	50+	

*Fuente: Especificación del asfalto por Pepsol*

#### **4.2.2.2 Agregados pétreos para los ensayos**

Los materiales pétreos utilizados para la investigación pueden ser de origen natural o artificial, los cuales varían según su tamaño, que van desde lo más fino hasta llegar a ser rocas. Estos agregados tienen tipologías apropiadas de contextura, dureza, arena chancada y finos. Los agregados que se utilizarán deberán estar bien secos para, posteriormente, separarlos por tamizado en fracciones.

- **Ensayo de granulometría de los agregados pétreos del estudio**

Los ensayos de granulometría es importante realizarlos cumpliendo las normativas para el diseño de mezclas asfálticas que nos permite crear un diseño de mezclas mediante los pasantes de granulometría de los materiales pétreos considerando a ellos:

- ✓ Piedra de tamaño máximo nominal de 1/2"
- ✓ Arena triturada o chancada de tamaño máximo nominal N°4
- ✓ Arena zarandeada o de río de tamaño máximo nominal N°4
- ✓ Filler de cemento como material fino.

Tabla 4: Granulometría de la piedra de 1/2"

GRAVA CHANCADA TM 1/2"					
Malla	Peso (gr)	% Reten. Parcial	% Reten. Acumulado	% Pasante	
Tamiz	mm				
tm - 3"	76.200				
tm - 2 1/2"	63.550				
tm - 2"	50.800				
tm - 1 1/2"	38.110	0.00	0.00	0.00	0.00
tm - 1"	25.405	0.00	0.00	0.00	100.00
tm - 3/4"	19.055	0.00	0.00	0.00	100.00
tm - 1/2"	12.700	1008.30	30.89	30.89	69.11
tm - 3/8"	9.525	811.20	24.85	55.74	44.26
tm - N°4	4.750	1150.90	35.26	91.00	9.00
tm - N°8	2.550	122.79	3.76	94.77	5.23
tm - N°10	2.000	123.30	3.78	98.54	1.46
tm - N°16	1.185	13.82	0.42	98.97	1.03
tm - N°30	0.600	8.50	0.26	99.23	0.77
tm - N°40	0.425	5.82	0.18	99.41	0.59
tm - N°50	0.295	2.85	0.09	99.49	0.51
tm - N°80	0.175	4.73	0.14	99.64	0.36
tm - N°100	0.148	3.16	0.10	99.74	0.26
tm - N°200	0.072	3.52	0.11	99.84	0.16
< tm - N°200		5.11	0.16	100.00	0.00
TOTAL MUESTRA =	3264.00		gr		

Fuente: Coldfix Consulting Laboratorio de suelos, concreto y pavimentos

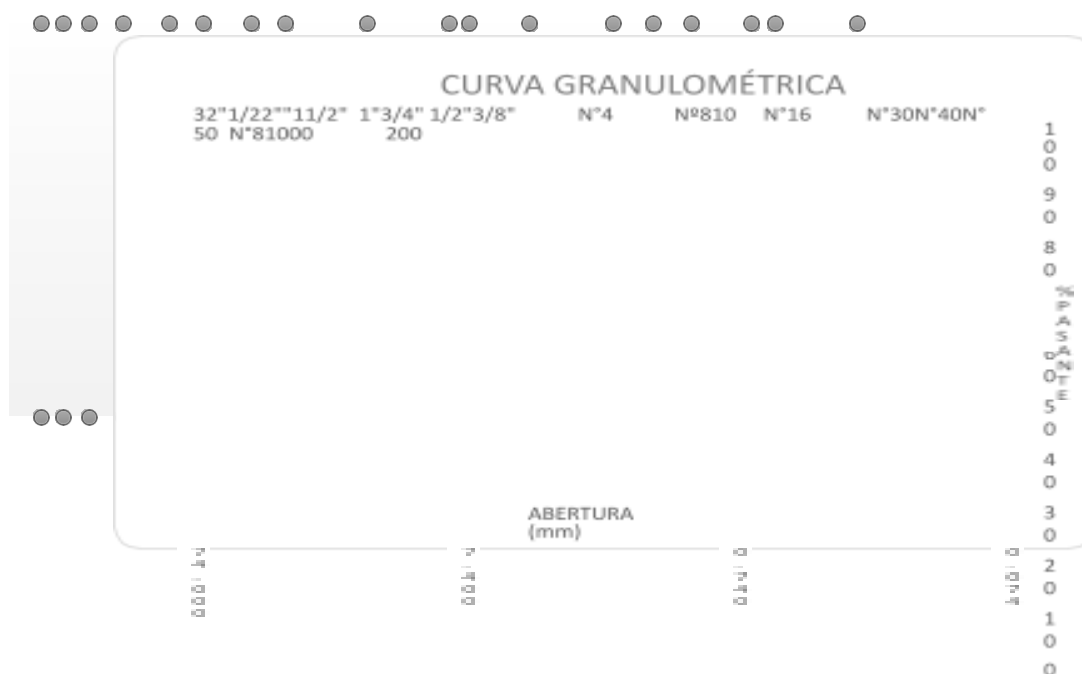


Figura 6: Curva Granulométrica de la grava chancada de 1/2  
Fuente: Coldfix Consulting Laboratorio de suelos, concreto y pavimentos

Tabla 5: Granulometría de la arena natural

ARENA NATURAL		
Malla	% Reten.	% Pasante
Peso (gr)	%	
Reten.		

TOTAL MUESTRA = 1500.00 gr

Fuente: Coldfix Consulting Laboratorio de suelos, concreto y pavimentos

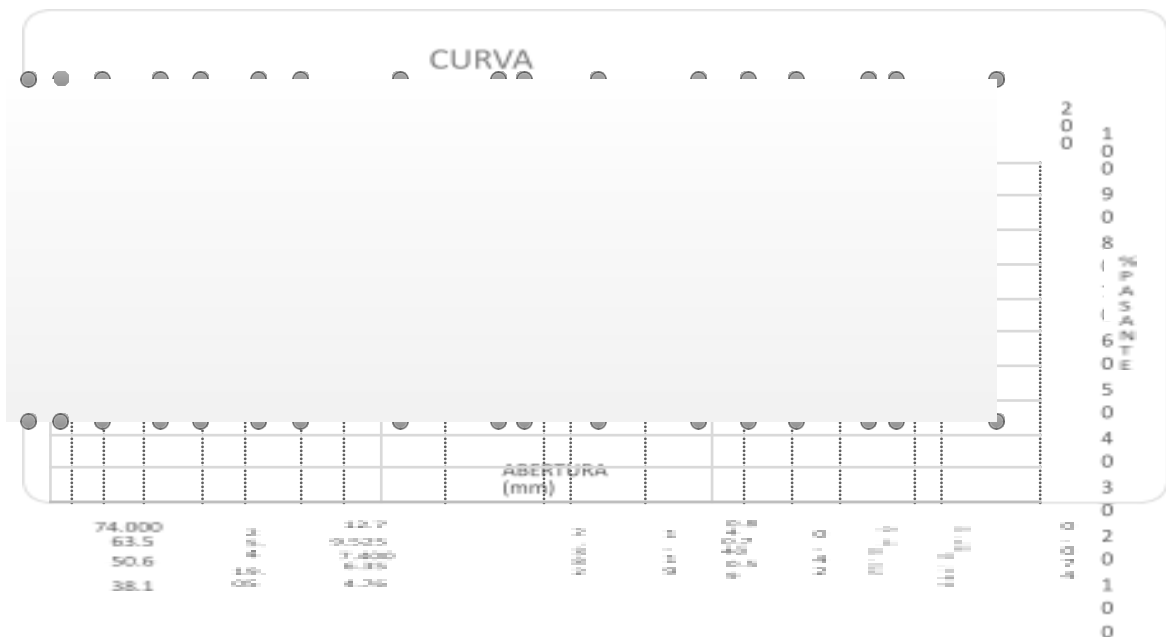


Figura 7: Granulometría de la arena natural

*Fuente: Coldfix Consulting Laboratorio de suelos, concreto y pavimentos*



Tabla 6: Granulometría de la arena chancada

ARENA PROCESADA		% Reten.	% Pasante
Malla	Peso (gr)	% Reten.	

TOTAL MUESTRA = 1500.00 gr

Fuente: Coldfix Consulting Laboratorio de suelos, concreto y pavimentos

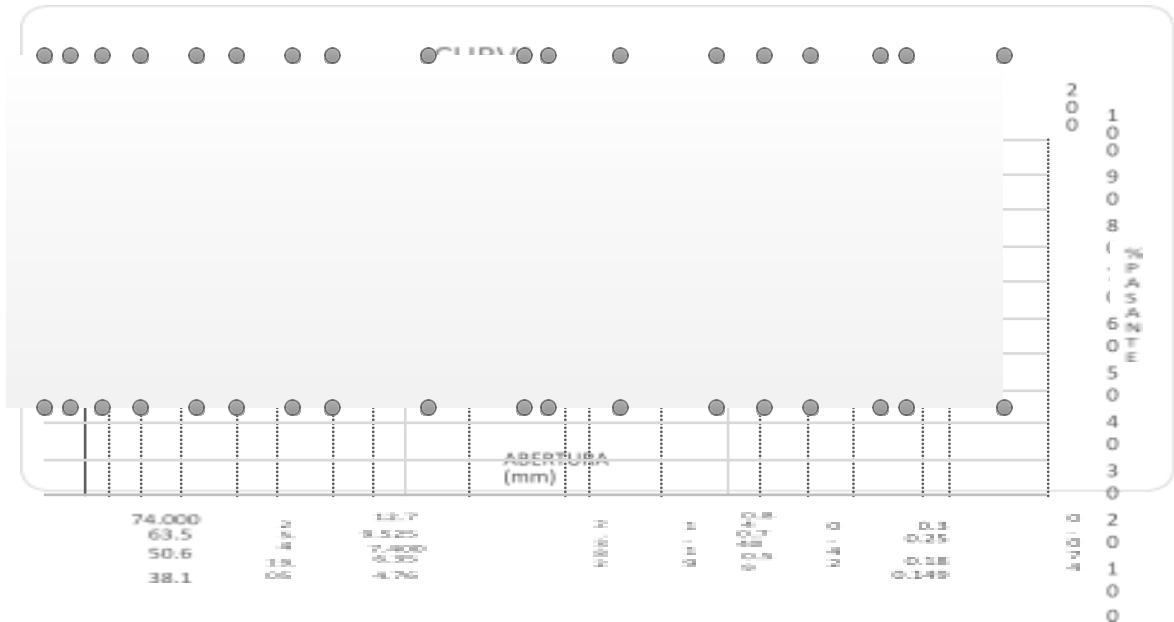


Figura 8: Curva granulométrica de la arena chancada

Fuente: Coldfix Consulting Laboratorio de suelos, concreto y pavimentos

Tabla 7: Granulometría del material fino

FILLER	% Reten.	% Pasante
Malla		
Peso (gr)	% Reten.	

TOTAL MUESTRA = 600.00 gr

Fuente: Coldfix Consulting Laboratorio de suelos, concreto y pavimentos

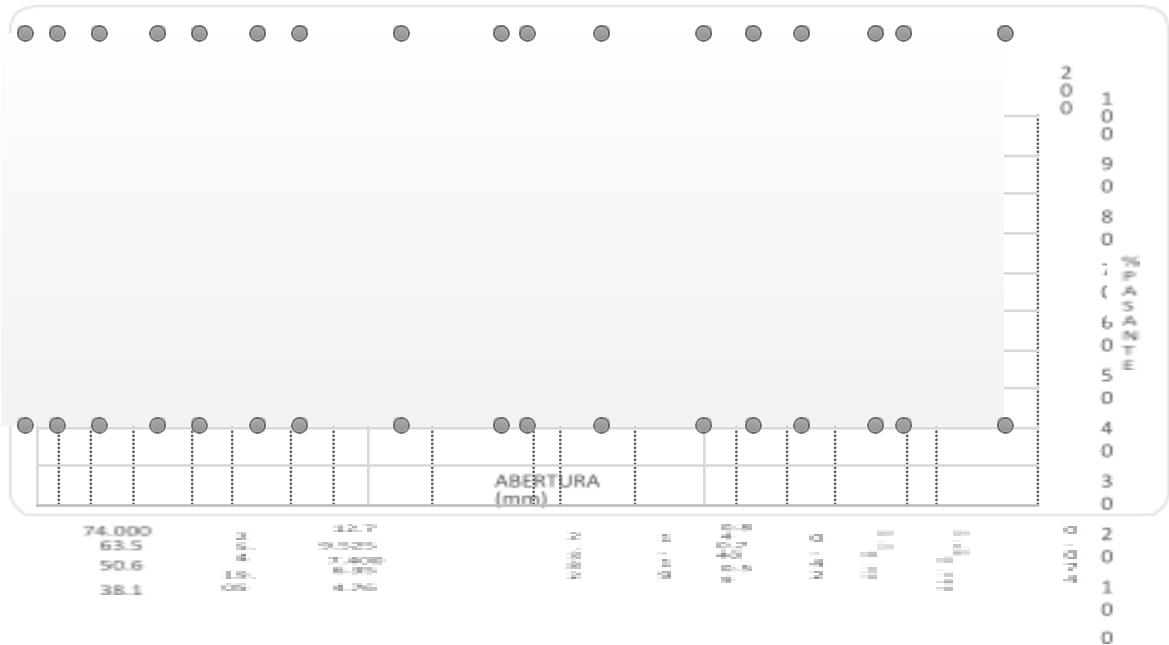


Figura 9: Curva granulométrica del material fino filler

Fuente: Coldfix Consulting Laboratorio de suelos, concreto y pavimentos

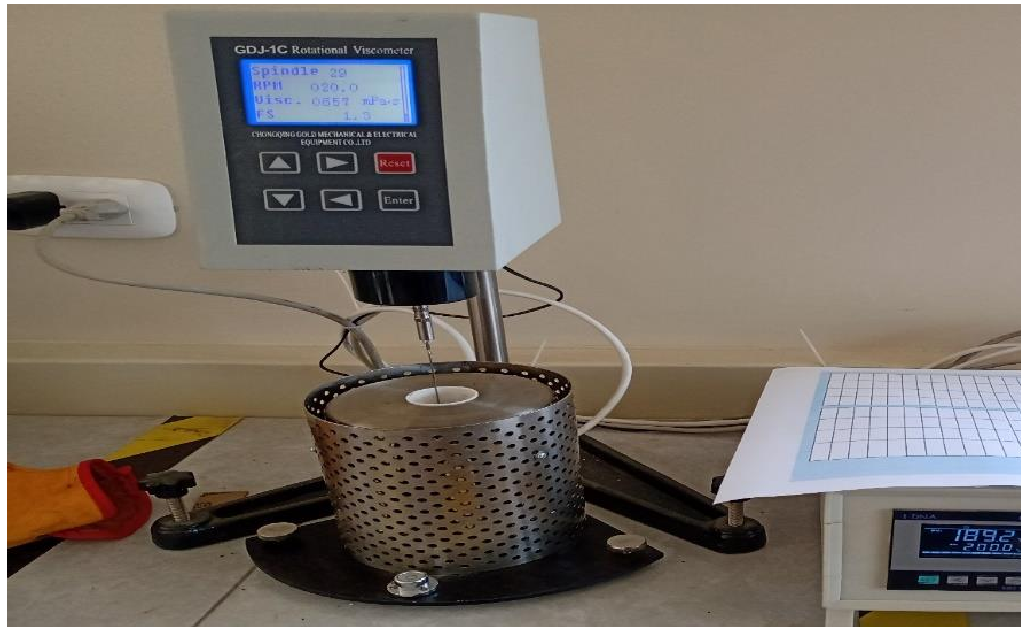
### 4.3 Análisis de la información

#### 4.3.1 Ensayo de Viscosidad con el equipo de Brookfield

##### 4.3.1.1 Procedimiento

El ensayo realizado en la presente investigación está basado en la norma de

Tamiz	mm		Parcial	Acumulado	
tm - 3"	76.200				
tm - 2 1/2"	63.550				
tm - 2"	50.800				
tm - 1 1/2"	38.110	0.00	0.00	0.00	100.00
tm - 1"	25.405	0.00	0.00	0.00	100.00
tm - 3/4"	19.055	0.00	0.00	0.00	100.00
tm - 1/2"	12.700	0.00	0.00	0.00	100.00
tm - 3/8"	9.525	0.00	0.00	0.00	100.00
tm - N°4	4.750	164.82	10.99	10.99	89.01
tm - N°8	2.550	247.76	16.52	27.51	72.49
tm - N°10	2.000	59.30	3.95	31.46	68.54
tm - N°16	1.185	357.05	23.80	55.26	44.74
tm - N°30	0.600	76.54	5.10	60.36	39.64
tm - N°40	0.425	63.50	4.23	64.60	35.40
tm - N°50	0.295	134.22	8.95	73.55	26.45
tm - N°80	0.175	68.79	4.59	78.13	21.87
tm - N°100	0.148	79.44	5.30	83.43	16.57
tm - N°200	0.072	95.52	6.37	89.80	10.20
< tm - N°200		153.06	10.20	100.00	0.00



Tamiz	mm		Parcial	Acumulado	
tm - 3"	76.200				
tm - 2 1/2"	63.550				
tm - 2"	50.800				
tm - 1 1/2"	38.110	0.00	0.00	0.00	0.00

tm - 1"	25.405	0.00	0.00	0.00	100.00
tm - 3/4"	19.055	0.00	0.00	0.00	100.00
tm - 1/2"	12.700	0.00	0.00	0.00	100.00
tm - 3/8"	9.525	0.00	0.00	0.00	100.00
tm - N°4	4.750	184.65	12.31	12.31	87.69
tm - N°8	2.550	265.62	17.71	30.02	69.98
tm - N°10	2.000	55.53	3.70	33.72	66.28
tm - N°16	1.185	314.16	20.94	54.66	45.34
tm - N°30	0.600	112.23	7.48	62.15	37.85
tm - N°40	0.425	88.29	5.89	68.03	31.97
tm - N°50	0.295	174.28	11.62	79.65	20.35
tm - N°80	0.175	90.57	6.04	85.69	14.31
tm - N°100	0.148	44.86	2.99	88.68	11.32
tm - N°200	0.072	55.46	3.70	92.38	7.62
< tm - N°200		114.35	7.62	100.00	0.00
Tamiz	mm		Parcial	Acumulado	
tm - 3"	76.200				
tm - 2 1/2"	63.550				
tm - 2"	50.800				
tm - 1 1/2"	38.110	0.00	0.00	0.00	0.00
tm - 1"	25.405	0.00	0.00	0.00	100.00
tm - 3/4"	19.055	0.00	0.00	0.00	100.00
tm - 1/2"	12.700	0.00	0.00	0.00	100.00
tm - 3/8"	9.525	0.00	0.00	0.00	100.00
tm - N°4	4.750	0.00	0.00	0.00	100.00
tm - N°8	2.550	0.00	0.00	0.00	100.00
tm - N°10	2.000	0.00	0.00	0.00	100.00
tm - N°16	1.185	0.00	0.00	0.00	100.00
tm - N°30	0.600	0.00	0.00	0.00	100.00
tm - N°40	0.425	0.00	0.00	0.00	100.00
tm - N°50	0.295	0.00	0.00	0.00	100.00
tm - N°80	0.175	0.00	0.00	0.00	100.00
tm - N°100	0.148	0.00	0.00	0.00	100.00
tm - N°200	0.072	0.00	0.00	0.00	100.00
< tm - N°200		600.00	100.00	100.00	0.00

I.N.V. E 717 DETERMINACIÓN DE LA VISCOSIDAD DEL ASFALTO EMPLEANDO EL VISCOSÍMETRO ROTACIONAL. En primer lugar, para realizar el ensayo, se extrae el asfalto del contenedor, para luego llevarlo al horno con una temperatura de 135°C y obtener un asfalto líquido y dosificamos el asfalto con el sulfato de cromo en los porcentajes 5%, 10% y 15%, luego llenamos el ligante dosificado en las cápsulas del equipo, después colocamos la cápsula en el contenedor térmico con ayuda de la pinza metálica, para después colocar también la aguja en la cápsula para luego regular la velocidad del viscosímetro e iniciar el ensayo; así mismo, tomar los datos de la viscosidad. Los ensayos realizados se hicieron con

tiempos de almacenado de 1, 3, 5, 10, 30, 50, 100, 140 y 180 horas y de igual forma también se realizó en los tiempos de mezclado de 40, 50, 60, 80, 120, 240 y 360 seg. Toda vez que estos factores influyen en la producción de la mezcla asfáltica.

*Figura 10: Equipo de viscosímetro rotacional de Brookfield*

*Fuente: Elaboración propia*

### 4.3.1.2 Cemento asfáltico PEN 85-100

El ensayo de viscosidad se realizó empleando el viscosímetro rotacional Brookfield para el material cemento asfáltico PEN 85-100 con almacenamiento de 1, 3, 5, 10, 20, 30, 50, 100, 140 y 180 horas, siendo el límite máximo de 3Pa.s con una temperatura de  $135^{\circ}\pm 5^{\circ}$ , determinamos que la degradación de la viscosidad en el cemento asfáltico PEN 85-100 realizado, tiene una variación de 1.35 Pa.s en 1 hora de tiempo hasta 2.87 Pa.s en 180 horas de tiempo; así mismo, presenta una tendencia creciente con los diferentes tiempos de almacenado, llegando cerca al límite máximo que debería cumplir el cemento asfáltico, para un tiempo de 180 horas se tiene una viscosidad de 2.87 Pa.s.



Figura 11: Viscosidad del asfalto PEN 85-100 con almacenado en horas

Fuente: Coldfix Consulting Laboratorio de suelos, concreto y pavimentos

#### 4.3.1.3 Cemento asfáltico PEN 85-100 con adición del 5% de sulfato de cromo

En la degradación del cemento asfáltico y con la ayuda del ensayo de viscosidad se realizó empleando el viscosímetro rotacional Brookfield para el material cemento asfáltico PEN 85-100 con 5 % de adición del material mencionado con almacenamiento de 1, 3, 5, 10, 20, 30, 50, 100, 140 y 180 horas, siendo el límite máximo de 3Pa.s con una temperatura de  $135^{\circ}\pm 5^{\circ}$ , determinamos que la viscosidad del cemento asfáltico PEN 85-100 con 5% de adición de sulfato de cromo realizado, tiene una tendencia decreciente con los diferentes tiempos de almacenado llegando a 2.57 Pa.s a un tiempo de 180 horas.

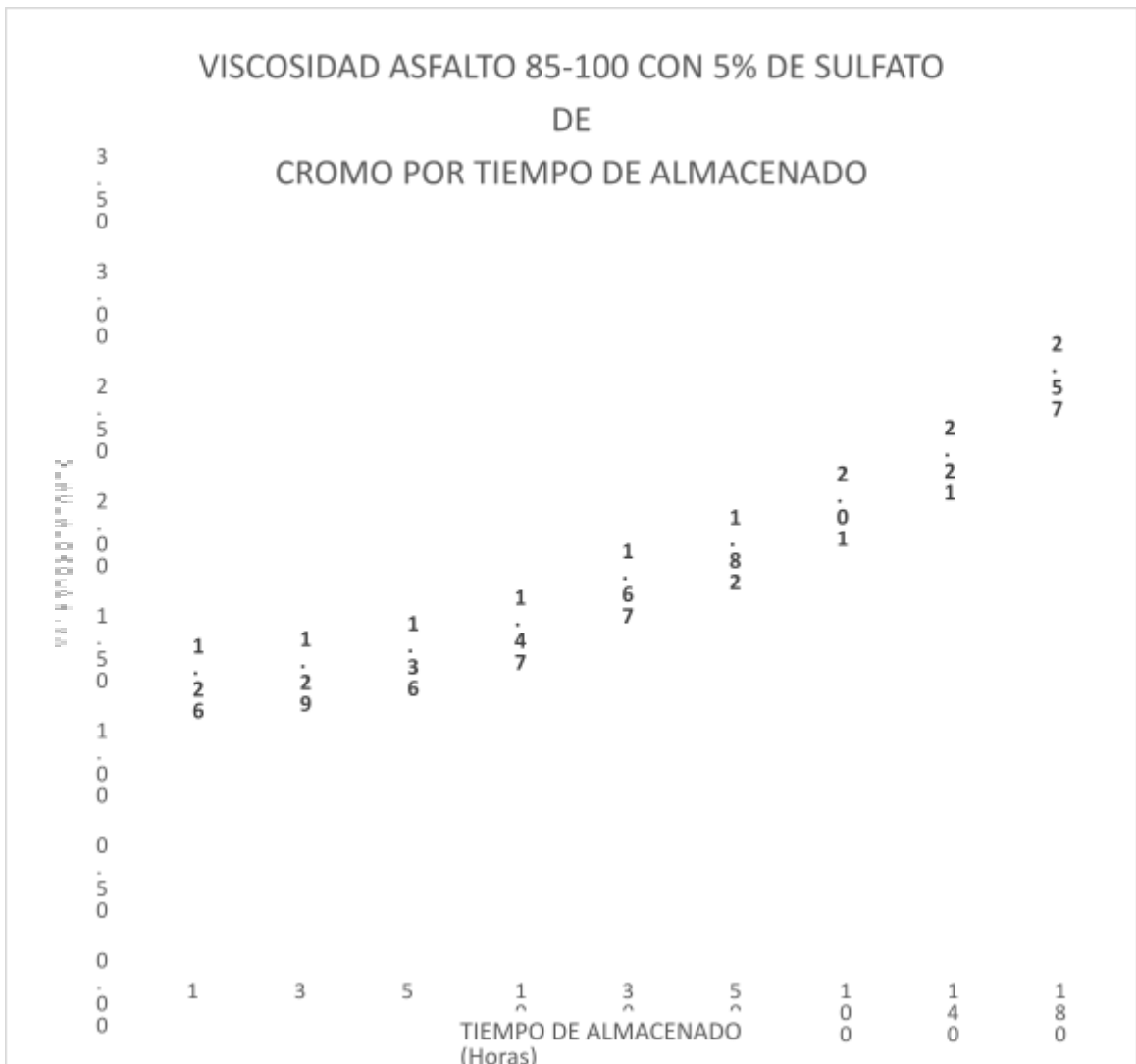


Figura 12: Viscosidad del asfalto PEN 85-100 con almacenado en horas

Fuente: Coldfix Consulting Laboratorio de suelos, concreto y pavimentos

#### 4.3.1.4 Cemento asfáltico PEN 85-100 con adición del 10% de sulfato de cromo

En la degradación del cemento asfáltico y con la ayuda del ensayo de viscosidad se realizó empleando el viscosímetro rotacional Brookfield para

el material cemento asfáltico PEN 85-100 con 10 % de adición del material mencionado con almacenamiento de 1, 3, 5, 10, 20, 30, 50, 100, 140 y 180 horas, siendo el límite máximo de 3Pa.s con una temperatura de  $135^{\circ}\pm 5^{\circ}$ , determinamos que la viscosidad del cemento asfáltico PEN 85-100 con 10% de adición de sulfato de cromo realizado, tiene una tendencia decreciente con los diferentes tiempos de almacenado llegando a 2.20 Pa.s a un tiempo de 180 horas. Siendo este el tiempo más crítico del ensayo.

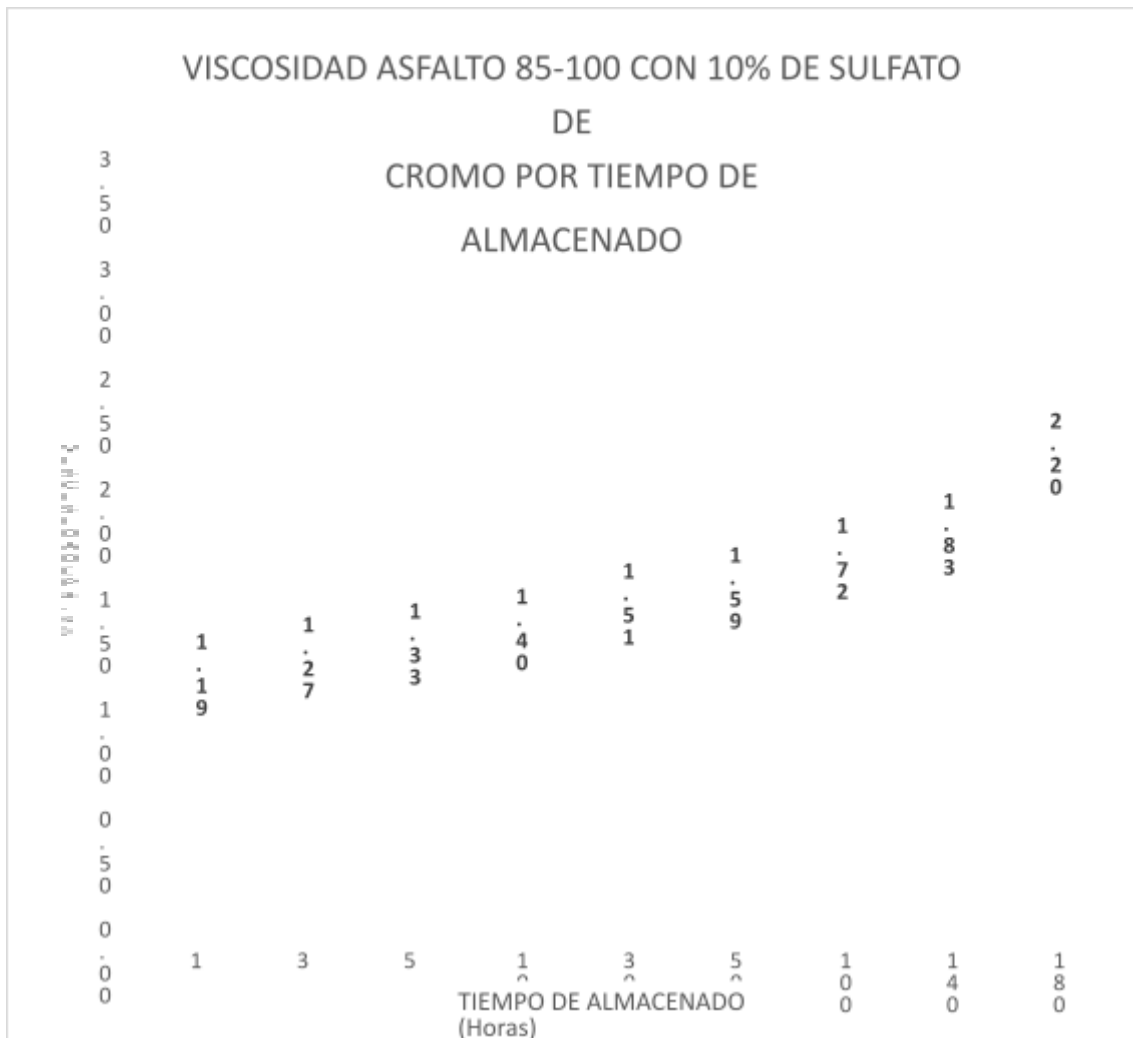


Figura 13: Viscosidad del asfalto PEN 85-100 con almacenado en horas

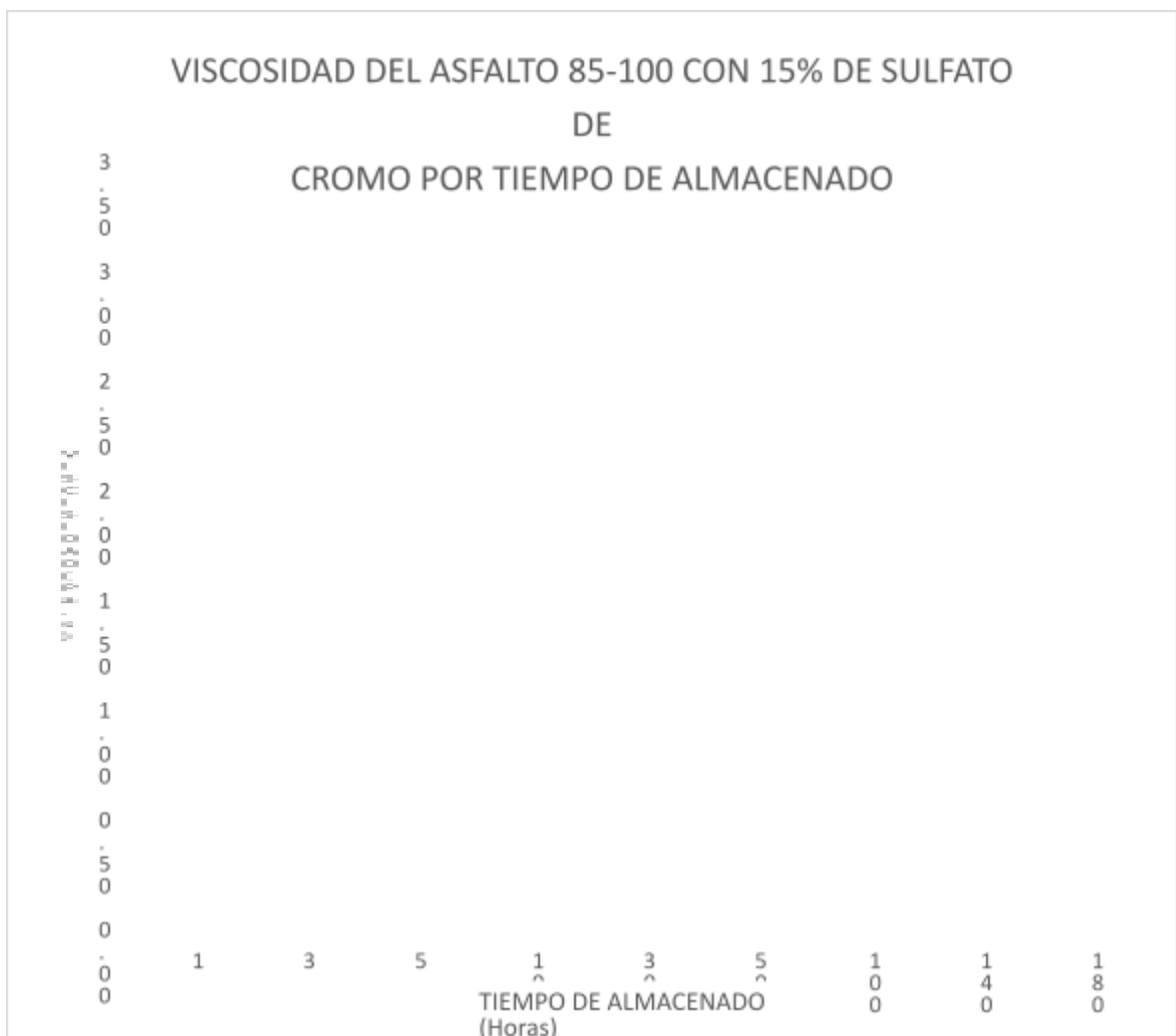
Fuente: Coldfix Consulting Laboratorio de suelos, concreto y pavimentos



**4.3.1.5 Cemento asfáltico PEN 85-100 con adición del 15% de sulfato de cromo**

En la degradación del cemento asfáltico y con la ayuda del ensayo de viscosidad se realizó empleando el viscosímetro rotacional Brookfield para el

material cemento asfáltico PEN 85-100 con 15 % de adición del material mencionado con almacenamiento de 1, 3, 5, 10, 20, 30, 50, 100, 140 y 180 horas, siendo el límite máximo de 3Pa.s con una temperatura de  $135^{\circ}\pm 5^{\circ}$ , determinamos que la viscosidad del cemento asfáltico PEN 85-100 con 15% de adición de sulfato de cromo realizado, llegando hasta 1.75 Pa.s a un tiempo de 180 horas. Siendo este el tiempo más crítico del ensayo.



*Figura 14: Viscosidad del asfalto PEN 85-100 con almacenado en horas*

*Fuente: Coldfix Consulting Laboratorio de suelos, concreto y pavimentos*

#### 4.3.1.6 Viscosidad con diferentes dosificaciones de sulfato de cromo

En la figura 15, se observa la degradación en la viscosidad del asfalto PEN

85-100 con la dosificación de sulfato de cromo de 5%, 10% y 15%, donde se

puede mostrar que la viscosidad baja con la adición del sulfato de cromo; sin embargo, la viscosidad aumenta con el tiempo de almacenado.

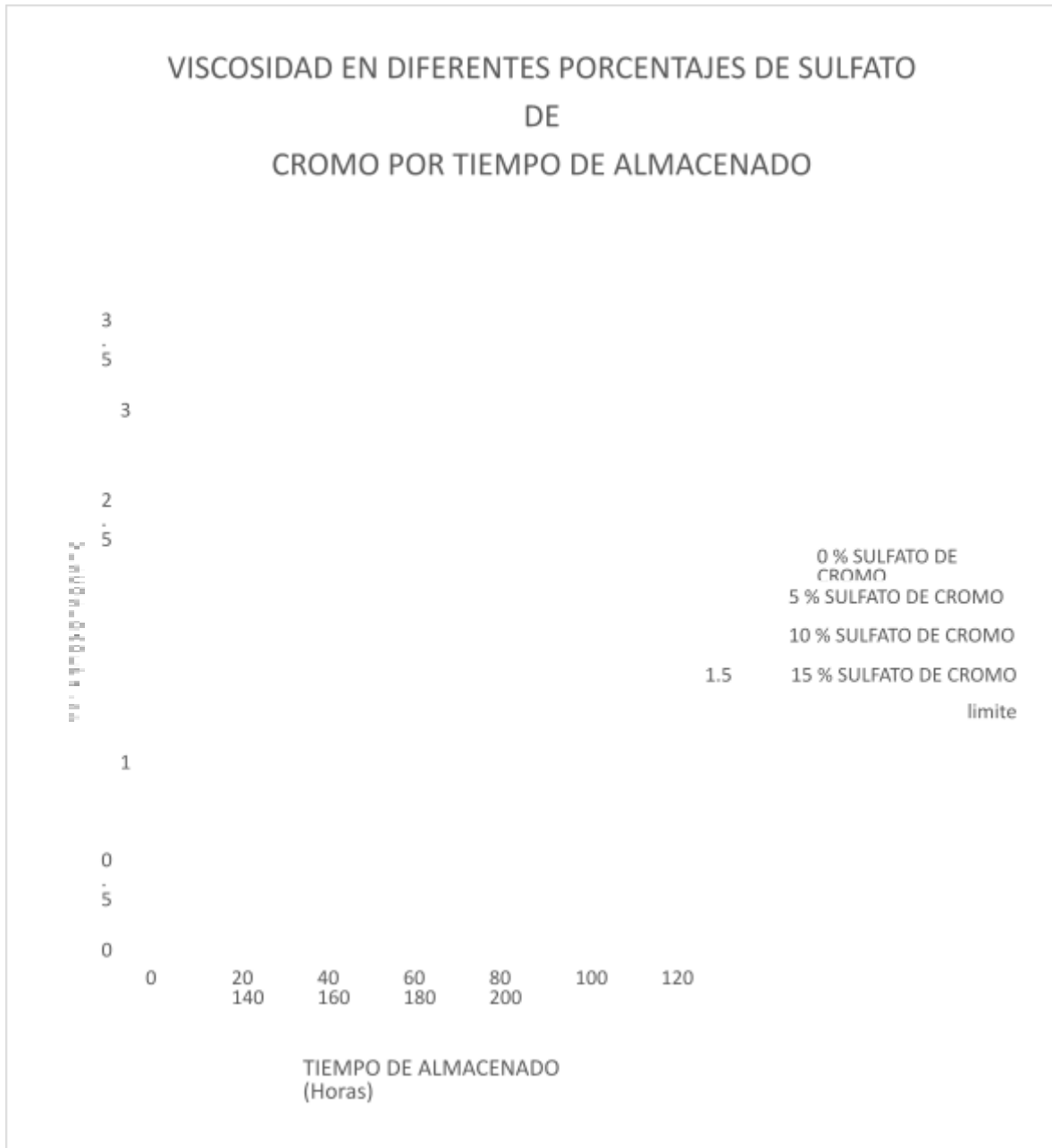


Figura 15: Viscosidad del asfalto PEN 85-100 con distintas dosificaciones de sulfato de cromo

Fuente: Coldfix Consulting Laboratorio de suelos, concreto y pavimentos

#### 4.3.1.7 Cemento asfáltico PEN 85-100 con adición del sulfato de cromo Almacenado a una Hora

Se muestra en la figura 16 la degradación del cemento asfáltico donde se puede apreciar el ensayo viscosidad del asfalto dosificado con 5%, 10% y 15%, con sulfato de cromo con 1 hora de almacenado y 75°C de temperatura, el cemento asfáltico dosificado y almacenado a 75°C, se ensayó con tiempos de mezclado con 40, 50, 60, 80, 100, 120, 240 y 360 segundos, a una temperatura de 135°C según la normativa, teniendo los valores menores de viscosidad cuando la dosificación de sulfato de cromo es 15%, todo lo contrario pasa con el tiempo de mezclado teniendo un incremento mínimo de la viscosidad tomando de referencia el tiempo de 80 segundos de mezclado se observa 2.01 Pa.s a 15% de dosificación y se tiene 2.68 Pa. Cuando la dosificación es 0% de dosificación quedando dentro del

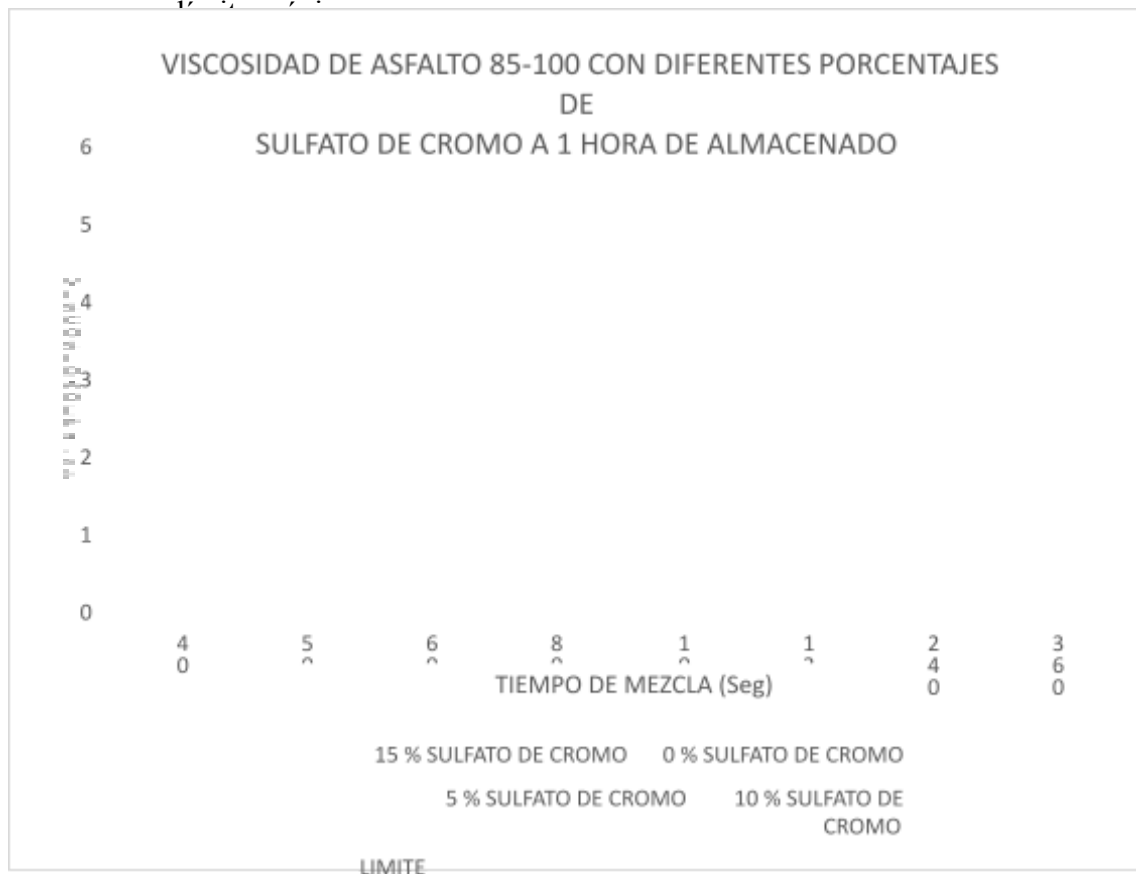


Figura 16: Viscosidad del ligante asfáltico con adición de sulfato de cromo Almacenado a 1 Hora vs el tiempo de mezcla

#### 4.3.1.8 Cemento asfáltico PEN 85-100 con adición del sulfato de cromo Almacenado a 3 Horas.

Se muestra en la figura 17 la degradación del cemento asfáltico donde se puede apreciar el ensayo viscosidad del asfalto dosificado con 5%, 10% y 15%, con sulfato de cromo con 3 horas de almacenado y 75°C de temperatura, el cemento asfáltico dosificado y almacenado a 75°C , se ensayó con tiempos de mezclado con 40, 50, 60, 80, 100, 120, 240 y 360 segundos, a una temperatura de 135°C según la normativa, teniendo los valores menores de viscosidad cuando la dosificación de sulfato de cromo es 15%, todo lo contrario pasa con el tiempo de mezclado teniendo un incremento mínimo de la viscosidad tomando de referencia el tiempo de 80 segundos de mezclado se observa 2.16 Pa.s a 15% de dosificación y se tiene 2.80 Pa. Cuando la dosificación es 0% de dosificación quedando dentro del límite máximo.

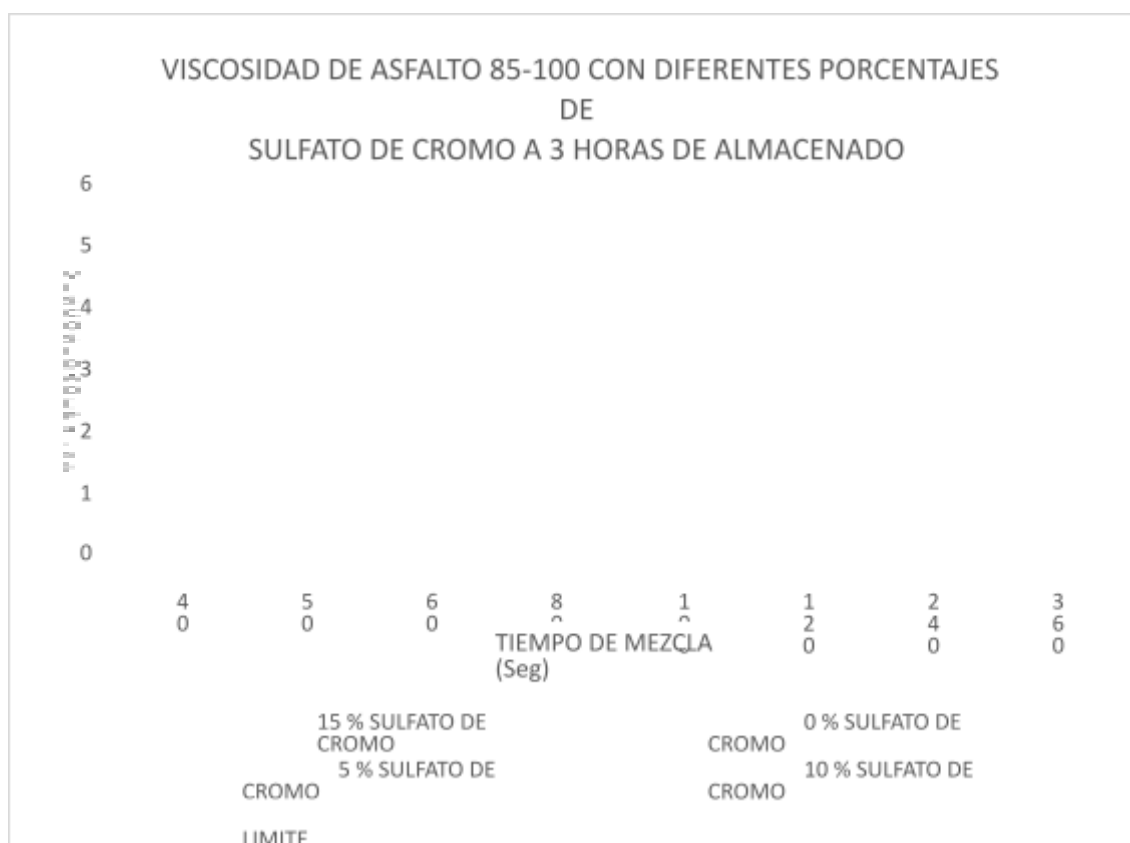


Figura 17: Viscosidad del ligante asfáltico con adición de sulfato de cromo Almacenado a 3 Horas vs el tiempo de mezcla

#### 4.3.1.9 Cemento asfáltico PEN 85-100 con adición del sulfato de cromo Almacenado a 5 Horas.

Se muestra en la figura 18 la degradación del cemento asfáltico donde se puede apreciar el ensayo viscosidad del asfalto dosificado con 5%, 10% y 15%, con sulfato de cromo con 5 horas de almacenado y 75°C de temperatura, el cemento asfáltico dosificado y almacenado a 75°C , se ensayó con tiempos de mezclado con 40, 50, 60, 80, 100, 120, 240 y 360 segundos, a una temperatura de 135°C según la normativa, teniendo los valores menores de viscosidad cuando la dosificación de sulfato de cromo es 15%, todo lo contrario pasa con el tiempo de mezclado teniendo un incremento mínimo de la viscosidad tomando de referencia el tiempo de 80 segundos de mezclado se observa 2.16 Pa.s a 15% de dosificación y se tiene 2.80 Pa. Cuando la dosificación es 0% de dosificación quedando dentro del límite máximo.

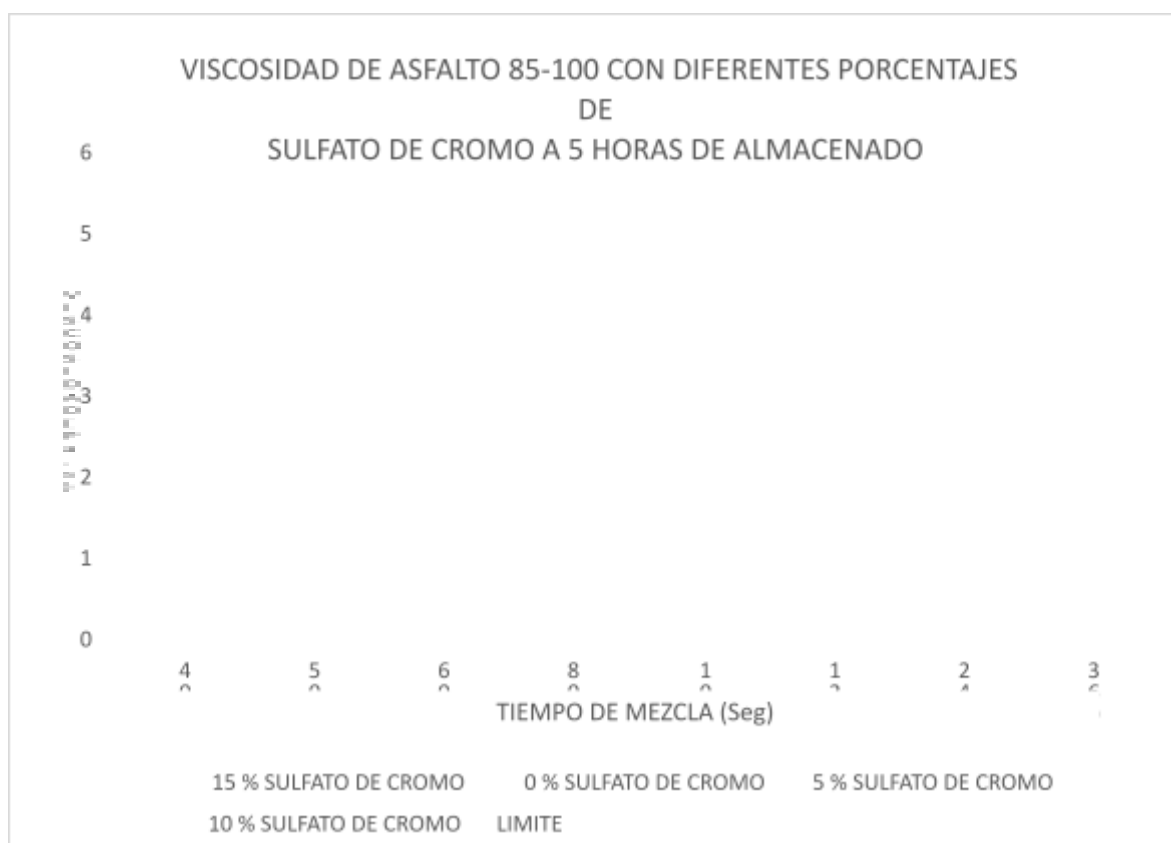


Figura 18: Viscosidad del ligante asfáltico con adición de sulfato de cromo Almacenado a 5 Horas vs el tiempo de mezcla

Almacenado a 10 Horas.

Se muestra en la figura 19 la degradación del cemento asfáltico donde se puede apreciar el ensayo viscosidad del asfalto dosificado con 5%, 10% y 15%, con sulfato de cromo con 10 horas de almacenado y 75°C de temperatura, el cemento asfáltico dosificado y almacenado a 75°C , se ensayó con tiempos de mezclado con 40, 50, 60, 80, 100, 120, 240 y 360 segundos, a una temperatura de 135°C según la normativa, teniendo los valores menores de viscosidad cuando la dosificación de sulfato de cromo es 15%, todo lo contrario pasa con el tiempo de mezclado teniendo un incremento mínimo de la viscosidad tomando de referencia el tiempo de 80 segundos de mezclado se observa 2.31 Pa.s a 15% de dosificación y se tiene 2.96 Pa. Cuando la dosificación es 0% de dosificación quedando dentro del límite máximo.

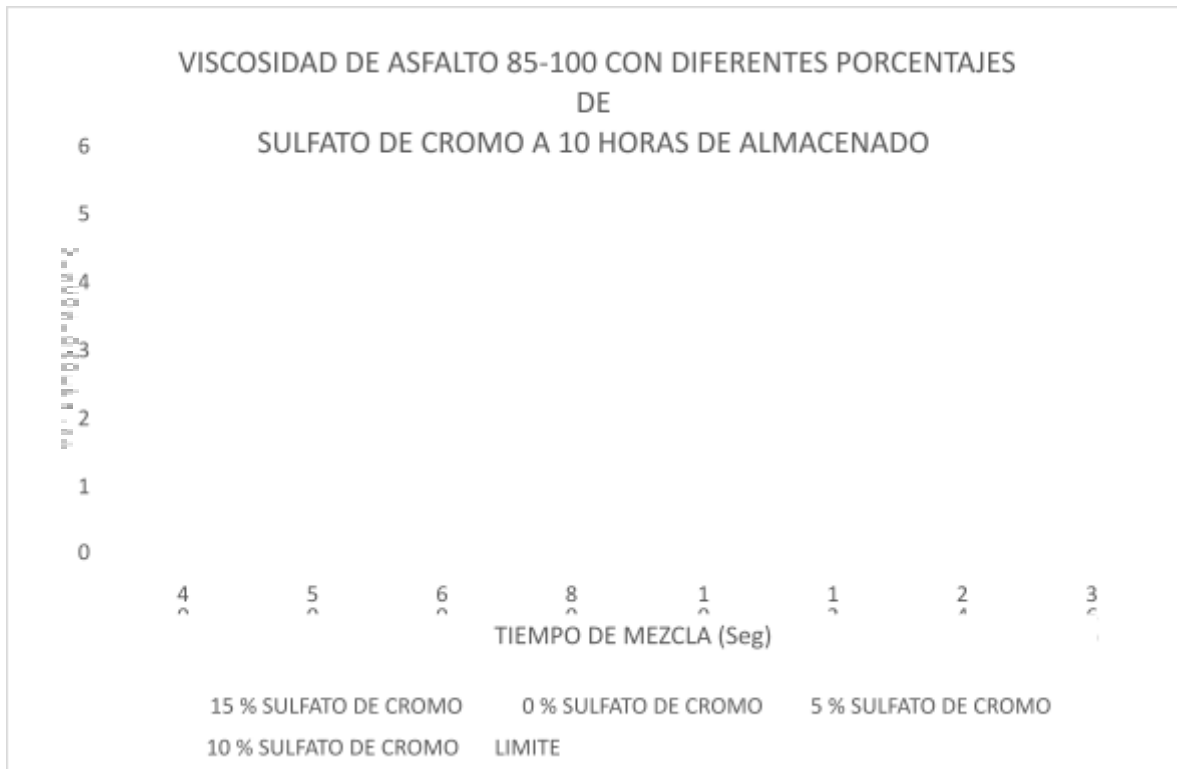


Figura 19: Viscosidad del ligante asfáltico con adición de sulfato de cromo Almacenado a 10 Horas vs el tiempo de mezcla

Almacenado a 30 Horas.

Se muestra en la figura 20 la degradación del cemento asfáltico donde se puede apreciar el ensayo viscosidad del asfalto dosificado con 5%, 10% y 15%, con sulfato de cromo con 30 horas de almacenado y 75°C de temperatura, el cemento asfáltico dosificado y almacenado a 75°C , se ensayó con tiempos de mezclado con 40, 50, 60, 80, 100, 120, 240 y 360 segundos, a una temperatura de 135°C según la normativa, teniendo los valores menores de viscosidad cuando la dosificación de sulfato de cromo es 15%, todo lo contrario pasa con el tiempo de mezclado teniendo un incremento mínimo de la viscosidad tomando de referencia el tiempo de 80 segundos de mezclado se observa 2.37 Pa.s a 15% de dosificación y se tiene 3.04 Pa.s Cuando la dosificación es 0% de dosificación quedando dentro del límite máximo.

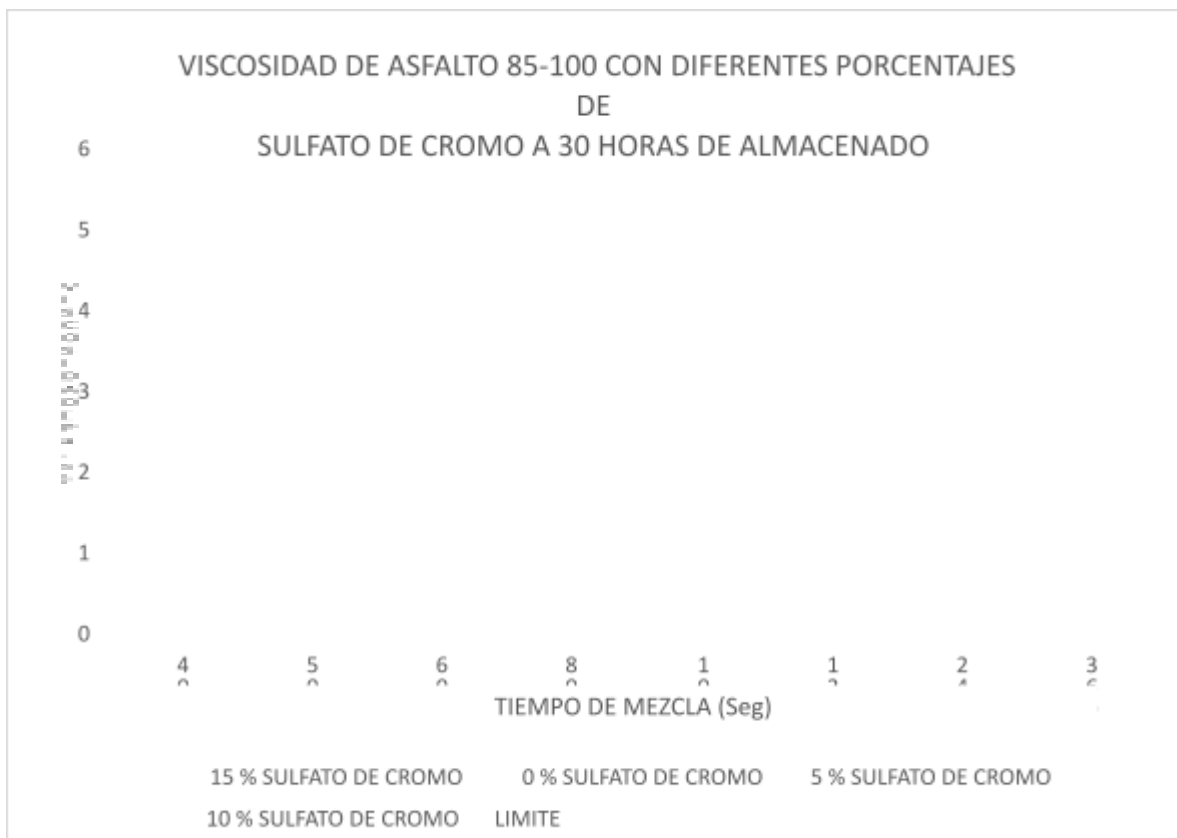


Figura 20: Viscosidad del ligante asfáltico con adición de sulfato de cromo Almacenado a 30 Horas vs el tiempo de mezcla

Almacenado a 50 Horas.

Se muestra en la figura 21 la degradación del cemento asfáltico donde se puede apreciar el ensayo viscosidad del asfalto dosificado con 5%, 10% y 15%, con sulfato de cromo con 50 horas de almacenado y 75°C de temperatura, el cemento asfáltico dosificado y almacenado a 75°C, se ensayó con tiempos de mezclado con 40, 50, 60, 80, 100, 120, 240 y 360 segundos, a una temperatura de 135°C según la normativa, teniendo los valores menores de viscosidad cuando la dosificación de sulfato de cromo es 15%, todo lo contrario pasa con el tiempo de mezclado teniendo un incremento mínimo de la viscosidad tomando de referencia el tiempo de 80 segundos de mezclado se observa 2.47 Pa.s a 15% de dosificación y se tiene 3.21 Pa.s Cuando la dosificación es 0% de dosificación quedando dentro del límite máximo.

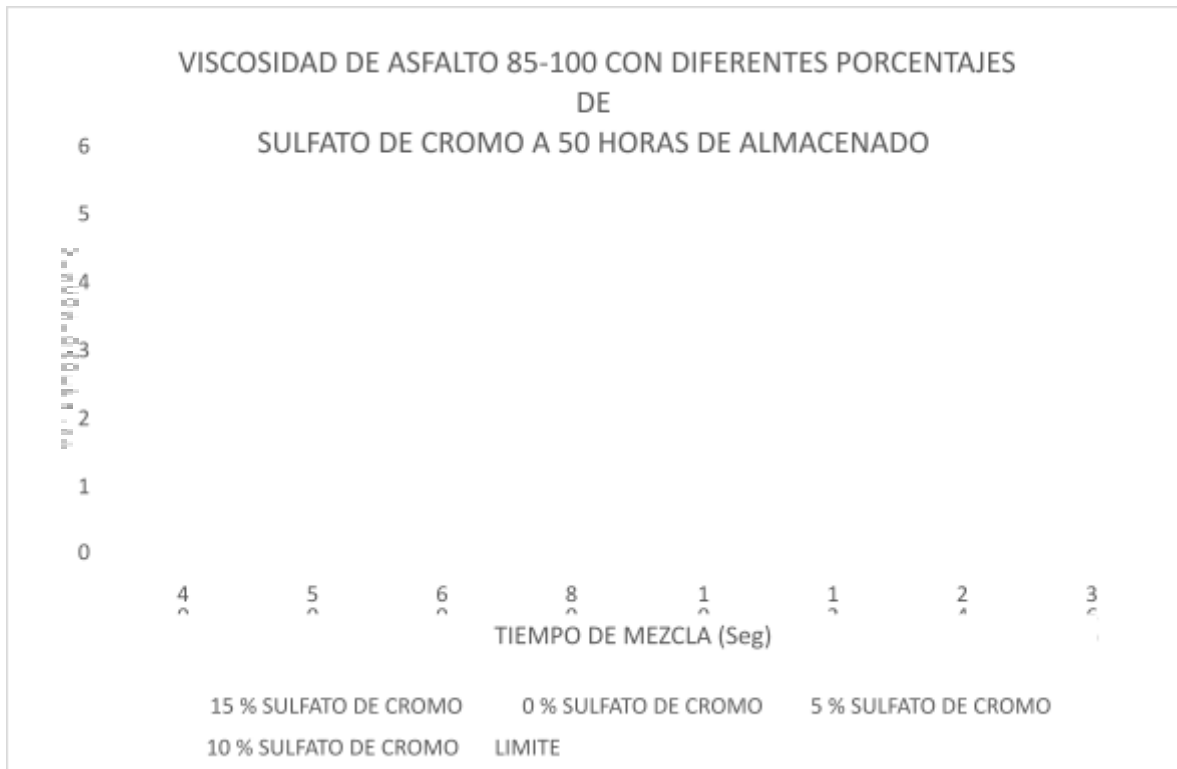


Figura 21: Viscosidad del ligante asfáltico con adición de sulfato de cromo Almacenado a 50 Horas vs el tiempo de mezcla



Almacenado a 100 Horas.

Se muestra en la figura 22 la degradación del cemento asfáltico donde se puede apreciar el ensayo viscosidad del asfalto dosificado con 5%, 10% y 15%, con sulfato de cromo con 100 horas de almacenado y 75°C de temperatura, el cemento asfáltico dosificado y almacenado a 75°C , se ensayó con tiempos de mezclado con 40, 50, 60, 80, 100, 120, 240 y 360 segundos, a una temperatura de 135°C según la normativa, teniendo los valores menores de viscosidad cuando la dosificación de sulfato de cromo es 15%, todo lo contrario pasa con el tiempo de mezclado teniendo un incremento mínimo de la viscosidad tomando de referencia el tiempo de 80 segundos de mezclado se observa 2.54 Pa.s a 15% de dosificación y se tiene 3.14 Pa.s Cuando la dosificación es 0% de dosificación quedando dentro del límite máximo.

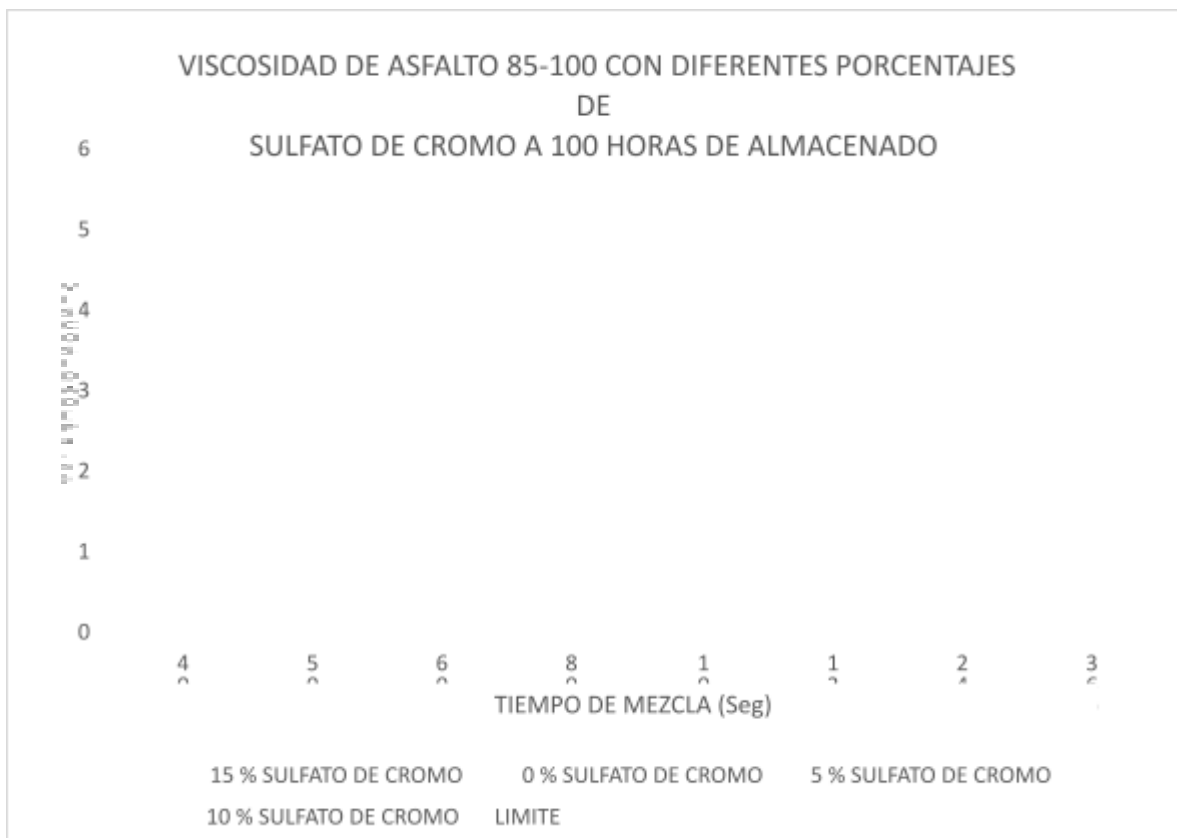
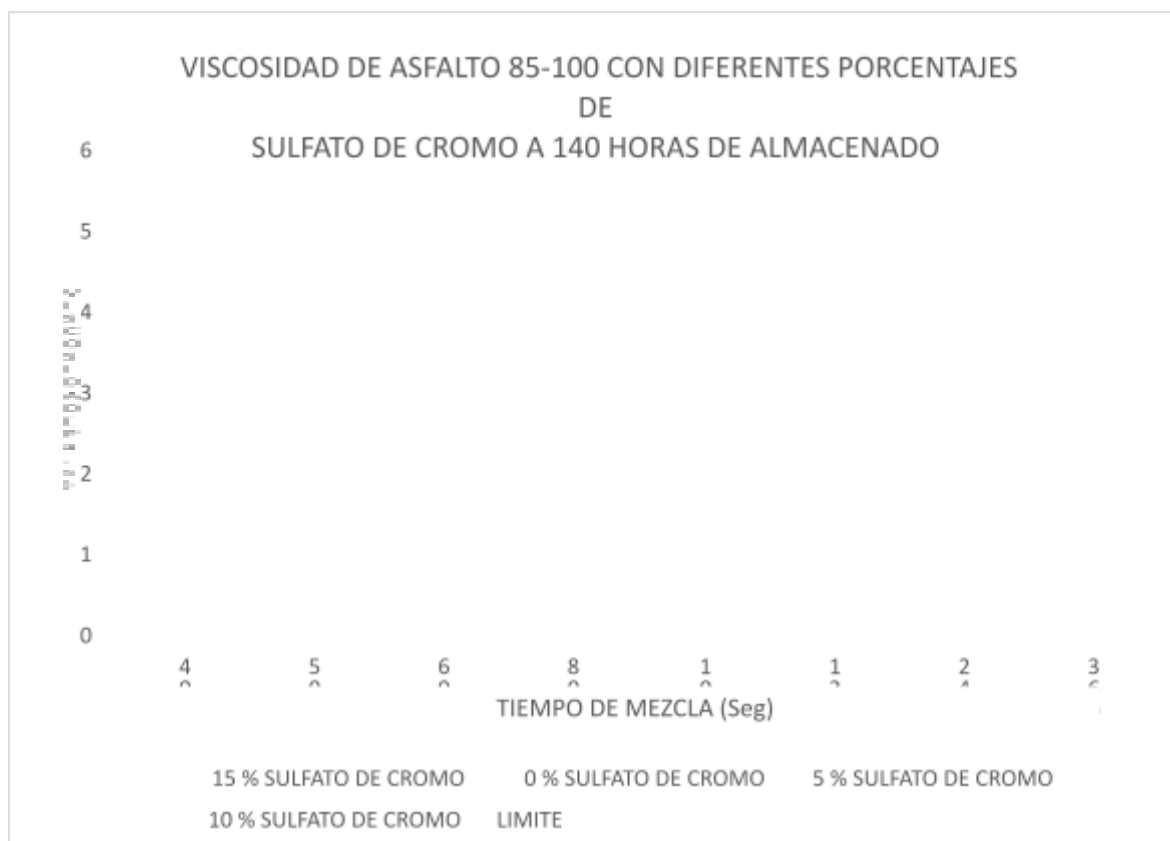


Figura 22: Viscosidad del ligante asfáltico con adición de sulfato de cromo Almacenado a 100 Horas vs el tiempo de mezcla

**4.3.1.14 Cemento asfáltico PEN 85-100 con adición del sulfato de cromo Almacenado a 140 Horas.**

Se muestra en la figura 23 la degradación del cemento asfáltico donde se puede apreciar el ensayo viscosidad del asfalto dosificado con 5%, 10% y 15%, con sulfato de cromo con 140 horas de almacenado y 75°C de temperatura, el cemento asfáltico dosificado y almacenado a 75°C , se ensayó con tiempos de mezclado con 40, 50, 60, 80, 100, 120, 240 y 360 segundos, a una temperatura de 135°C según la normativa, teniendo los valores menores de viscosidad cuando la dosificación de sulfato de cromo es 15%, todo lo contrario pasa con el tiempo de mezclado teniendo un incremento mínimo de la viscosidad tomando de referencia el tiempo de 80 segundos de mezclado se observa 2.62 Pa.s a 15% de dosificación y se tiene 3.17 Pa.s Cuando la dosificación es 0% de dosificación quedando dentro del límite máximo.



*Figura 23: Viscosidad del ligante asfáltico con adición de sulfato de cromo Almacenado a 140 Horas vs el tiempo de mezcla*

#### 4.3.1.15 Cemento asfáltico PEN 85-100 con adición del sulfato de cromo Almacenado a 180 Horas.

Se muestra en la figura 24 la degradación del cemento asfáltico donde se puede apreciar el ensayo viscosidad del asfalto dosificado con 5%, 10% y 15%, con sulfato de cromo con 180 horas de almacenado y 75°C de temperatura, el cemento asfáltico dosificado y almacenado a 75°C , se ensayó con tiempos de mezclado con 40, 50, 60, 80, 100, 120, 240 y 360 segundos, a una temperatura de 135°C según la normativa, teniendo los valores menores de viscosidad cuando la dosificación de sulfato de cromo es 15%, todo lo contrario pasa con el tiempo de mezclado teniendo un incremento mínimo de la viscosidad tomando de referencia el tiempo de 80 segundos de mezclado se observa 2.67 Pa.s a 15% de dosificación y se tiene 3.37 Pa.s Cuando la dosificación es 0% de dosificación quedando dentro del límite máximo.

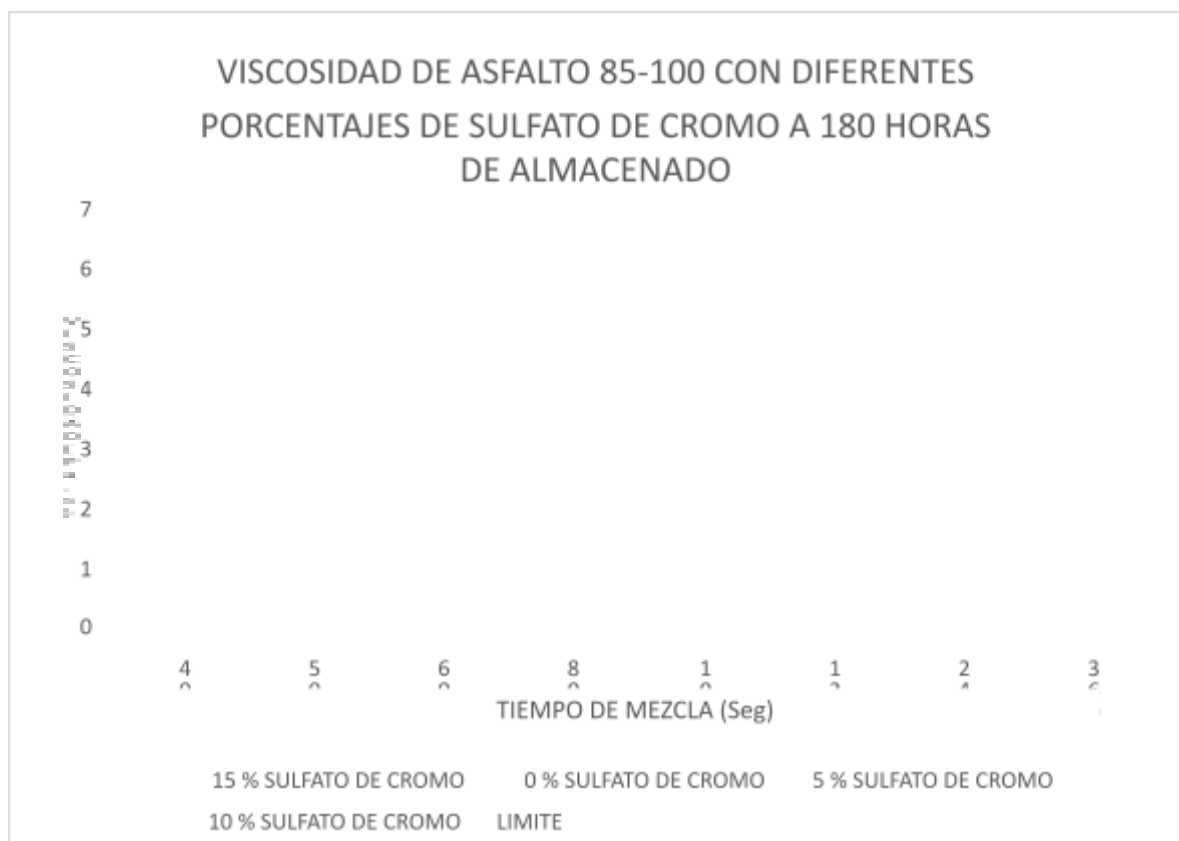


Figura 24: Viscosidad del ligante asfáltico con adición de sulfato de cromo Almacenado a 180 Horas vs el tiempo de mezcla

## 4.3.2 Ensayo de Ductilidad con el equipo ductilómetro

### 4.3.2.1 Procedimiento

Para realizar el ensayo del ductilómetro se extrae la muestra del contenedor, luego colocamos al horno hasta 135°C hasta que se vuelva fluido, preparamos el molde del viscosímetro con desmoldantes que nos permita retirar el molde cuando esté con asfalto dosificado y no se adhiere al molde, luego vertimos el asfalto dosificado al molde cubriendo todo el molde, dejamos reposar entre 30 y 40 minutos para después llevar a baño María a 25°C por un tiempo de 30 minutos, luego de enrasar la muestra en el molde y después iniciar con el ensayo de ductilidad retirando el molde y la placa, se inicia el ensayo tomando los datos en los tiempos y la elongación en cm. Hasta que se rompa la muestra terminado el ensayo.



*Figura 25: Equipo ductilómetro*

*Fuente: Elaboración propia*

#### 4.3.2.2 Ensayo de ductilidad del Cemento asfáltico PEN 85-100

El ensayo de ductilidad se realizó empleando el ductilómetro para el material cemento asfáltico PEN 85-100, la degradación del cemento asfáltico determinado por la ductilidad realizada tiene una tendencia decreciente con los ensayos que se llevó a cabo en distintos tiempos de almacenado llegando a 124 cm. En un tiempo de 0 horas de almacenado, asimismo, se obtuvo 29 cm. En un tiempo de 180 horas. Los tiempos de almacenamiento son 1, 3, 5, 10, 20, 30, 50, 100, 140 y 180 horas, siendo 75°C la temperatura de almacenado para realizar el ensayo.



Figura 26: Resultados de ductilidad del cemento asfáltico 85-100

Fuente: Coldfix Consulting Laboratorio de suelos, concreto y pavimentos

#### 4.3.2.3 Ensayo de ductilidad del Cemento asfáltico PEN 85-100 con 5 % de adición de sulfato de cromo

El ensayo de ductilidad se realizó empleando el ductilómetro para el material cemento asfáltico PEN 85-100 dosificado al 5% de sulfato de cromo, la degradación del cemento asfáltico determinado por la ductilidad realizado tiene una tendencia decreciente con los ensayos que se llevó a cabo en distintos tiempos de almacenado llegando a 126 cm. En un tiempo de 0 horas de almacenado, asimismo, se obtuvo 24 cm. En un tiempo de 180 horas. Los tiempos de almacenamiento son 1, 3, 5, 10, 20, 30, 50, 100, 140 y 180 horas, siendo 75°C la temperatura de almacenado para realizar el



Figura 27: Resultados de Ductilidad del cemento asfáltico 85-100+ 5% de sulfato de cromo

Fuente: Coldfix Consulting Laboratorio de suelos, concreto y pavimentos

#### 4.3.2. PAGE 4 Ensayo de ductilidad del Cemento asfáltico PEN 85-100 con 10% de

##### adición de sulfato de cromo

El ensayo de ductilidad se realizó empleando el ductilómetro para el material cemento asfáltico PEN 85-100 dosificado a 10% de sulfato de cromo, la degradación del cemento asfáltico determinado por la ductilidad realizado tiene una tendencia decreciente con los ensayos que se llevó a cabo en distintos tiempos de almacenado llegando a 127 cm. En un tiempo de 0 horas de almacenado, asimismo, se obtuvo 65 cm. En un tiempo de 180 horas. Los tiempos de almacenamiento son 1, 3, 5, 10, 20, 30, 50, 100, 140 y 180 horas, siendo 75°C la temperatura de almacenado para realizar el

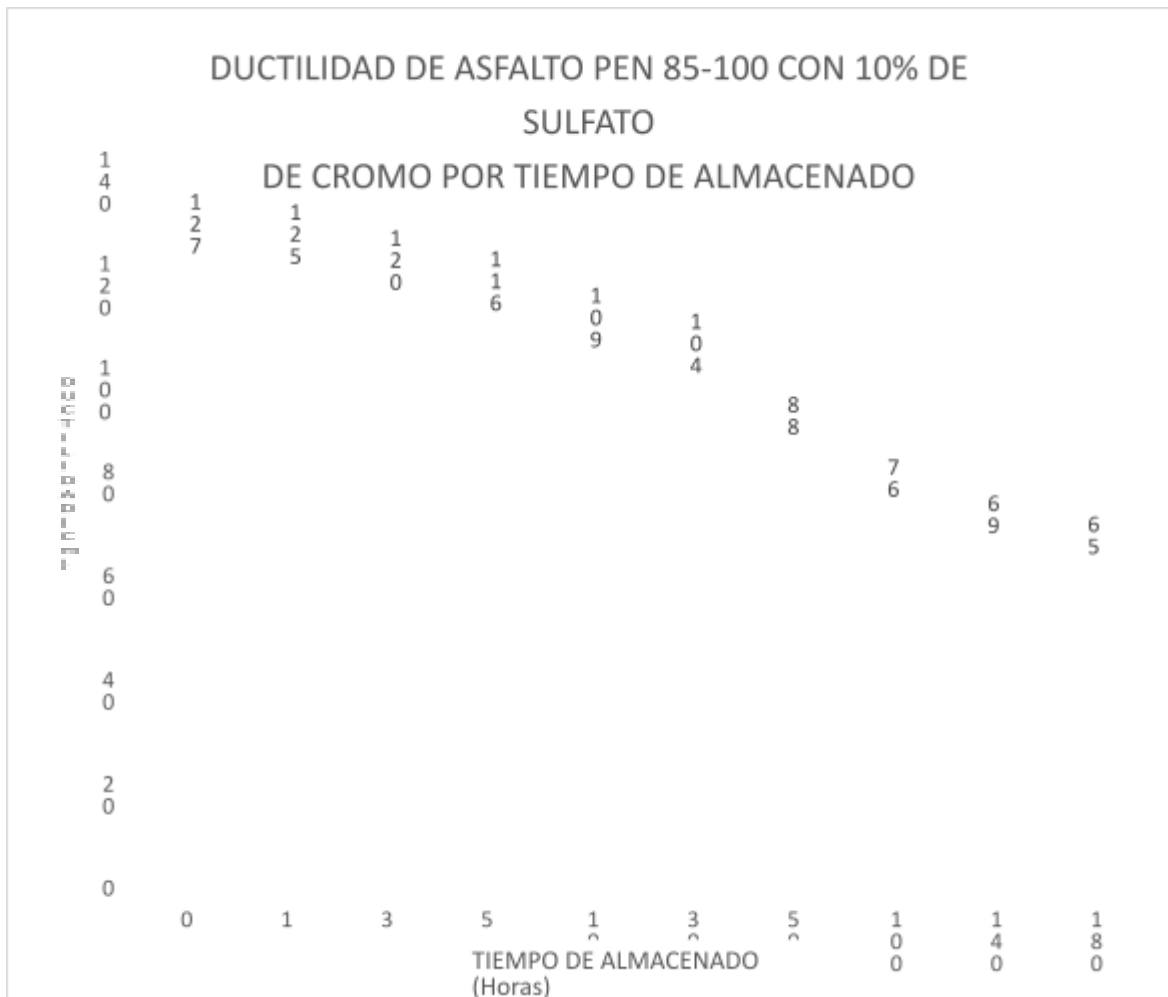
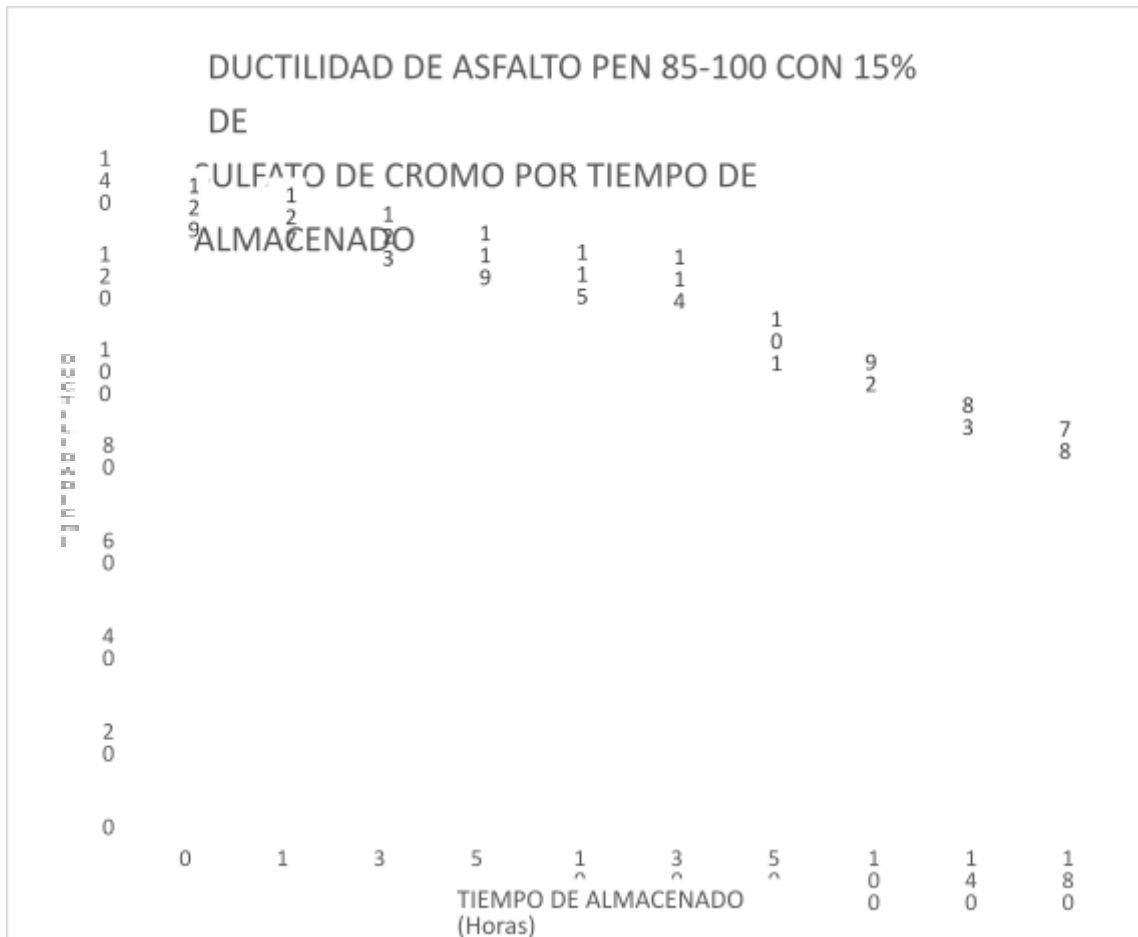


Figura 28: Resultados de Ductilidad del cemento asfáltico 85-100 +10% de sulfato de cromo

Fuente: Coldfix Consulting Laboratorio de suelos, concreto y pavimentos

**4.3.2. PAGE 5 Ensayo de ductilidad del Cemento asfáltico PEN 85-100 con 15% de adición de sulfato de cromo**

El ensayo de ductilidad se realizó empleando el ductilómetro para el material cemento asfáltico PEN 85-100 dosificado a 15% de sulfato de cromo, la degradación del cemento asfáltico determinado por la ductilidad realizado tiene una tendencia decreciente con los ensayos que se llevó acabo en distintos tiempos de almacenado llegando a 129 cm. En un tiempo de 0 horas de almacenado, asimismo, se obtuvo 78 cm. En un tiempo de 180horas. Los tiempos de almacenamiento son 1, 3, 5, 10, 20, 30, 50, 100, 140 y 180 horas, siendo 75°C la temperatura de almacenado para realizar el



*Figura 29: Resultados de Ductilidad del cemento asfáltico 85-100+15% de sulfato de cromo*

*Fuente: Coldfix Consulting Laboratorio de suelos, concreto y pavimentos*



#### 4.3.2.6 Ductilidad con diferentes dosificaciones de sulfato de cromo

En la figura 30, se observa que la degradación en la ductilidad del asfalto PEN 85-100 con la dosificación de sulfato de cromo de 5%, 10% y 15%, donde se puede mostrar que la ductilidad aumenta con la adición del sulfato de cromo teniendo el 15% los valores más altos en todos los tiempos de mezclado; así mismo, la ductilidad presenta una tendencia decreciente con el tiempo de almacenado. Lo que significa que a mayor tiempo de almacenado aumenta la ductilidad.

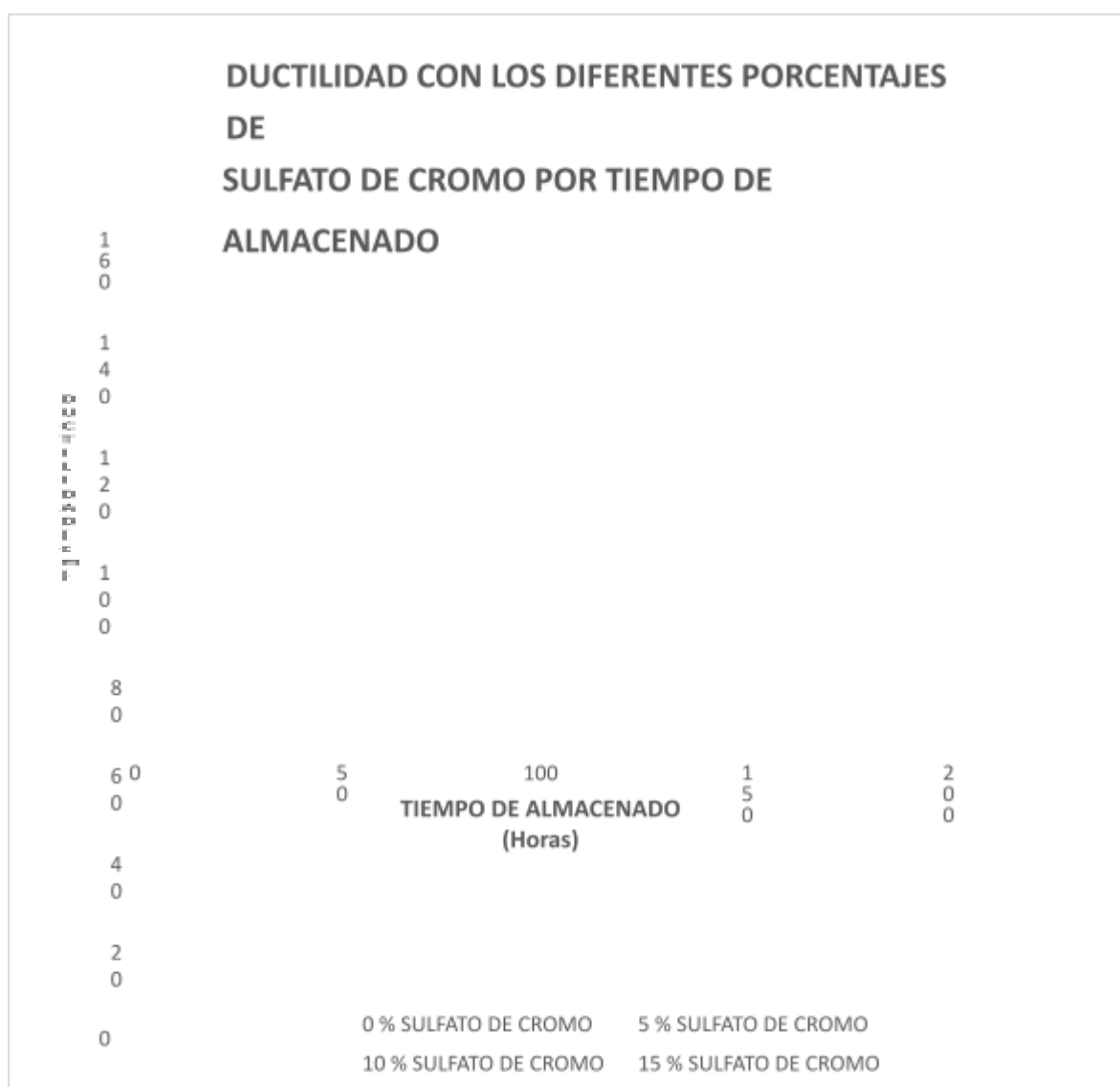
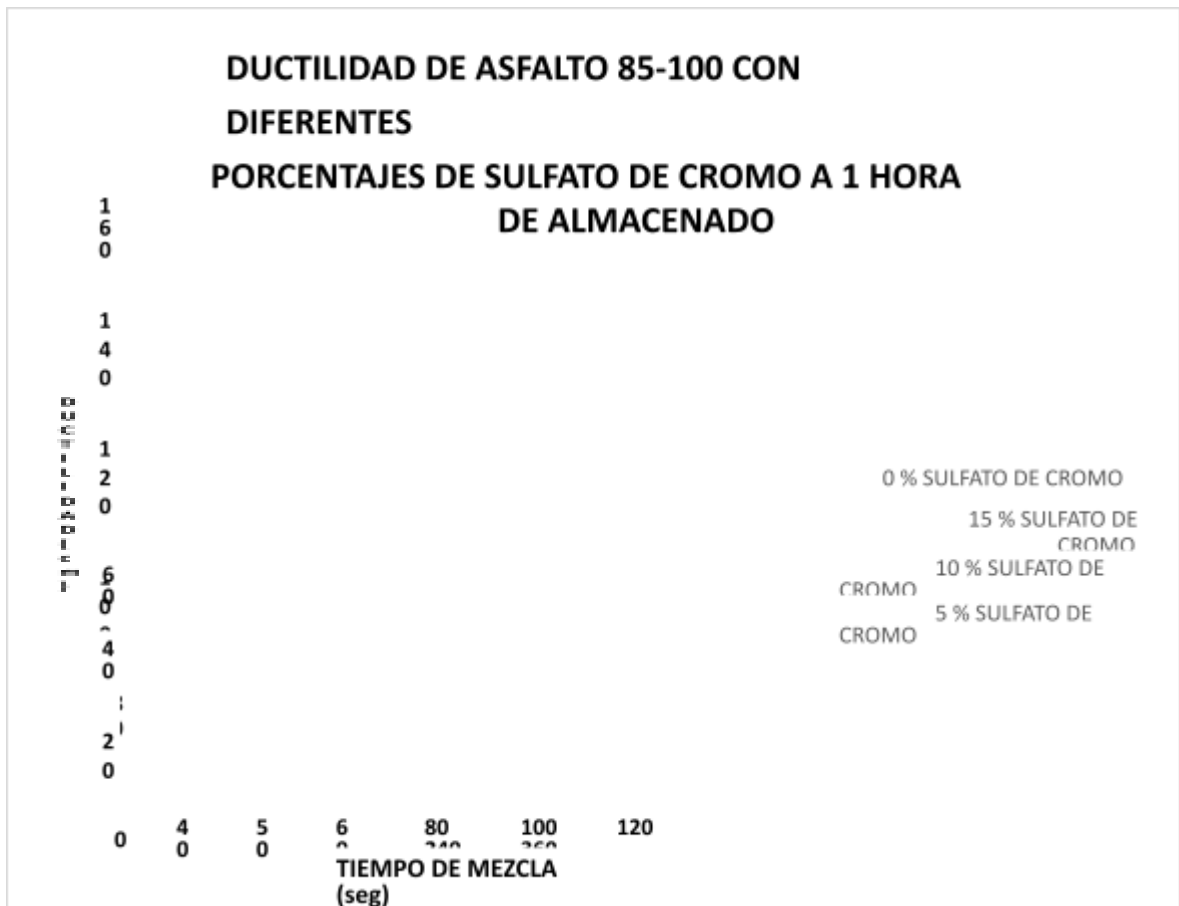


Figura 30: Ductilidad del asfalto PEN 85-100 con distintas dosificaciones de sulfato de cromo

Fuente: Coldfix Cconsulting Laboratorio de suelos, concreto y pavimentos

**4.3.2.7 Cemento asfáltico PEN 85-100 con adición de sulfato de cromo a 1 hora de almacenado**

En la figura 31, se muestra la degradación y tendencia de cada ensayo de ductilidad con materiales de cemento asfáltico PEN 85-100 con adición de sulfato de cromo a 5%, 10% y 15%, a 75°C de temperatura de almacenado por un tiempo de 1 hora, asimismo, teniendo los tiempos de mezcla distintos como 40, 50, 60, 80, 100, 120, 240 y 360 segundos, observando el incremento de la ductilidad del cemento asfáltico con la adición del sulfato de cromo también se muestra la variación de la ductilidad por tiempos de mezclado obteniendo el valor más alto de 134 cm a los 40 segundos con 15% de adición de sulfato de cromo; sin embargo, tiene una pendiente negativa con el aumento del tiempo de mezclado.

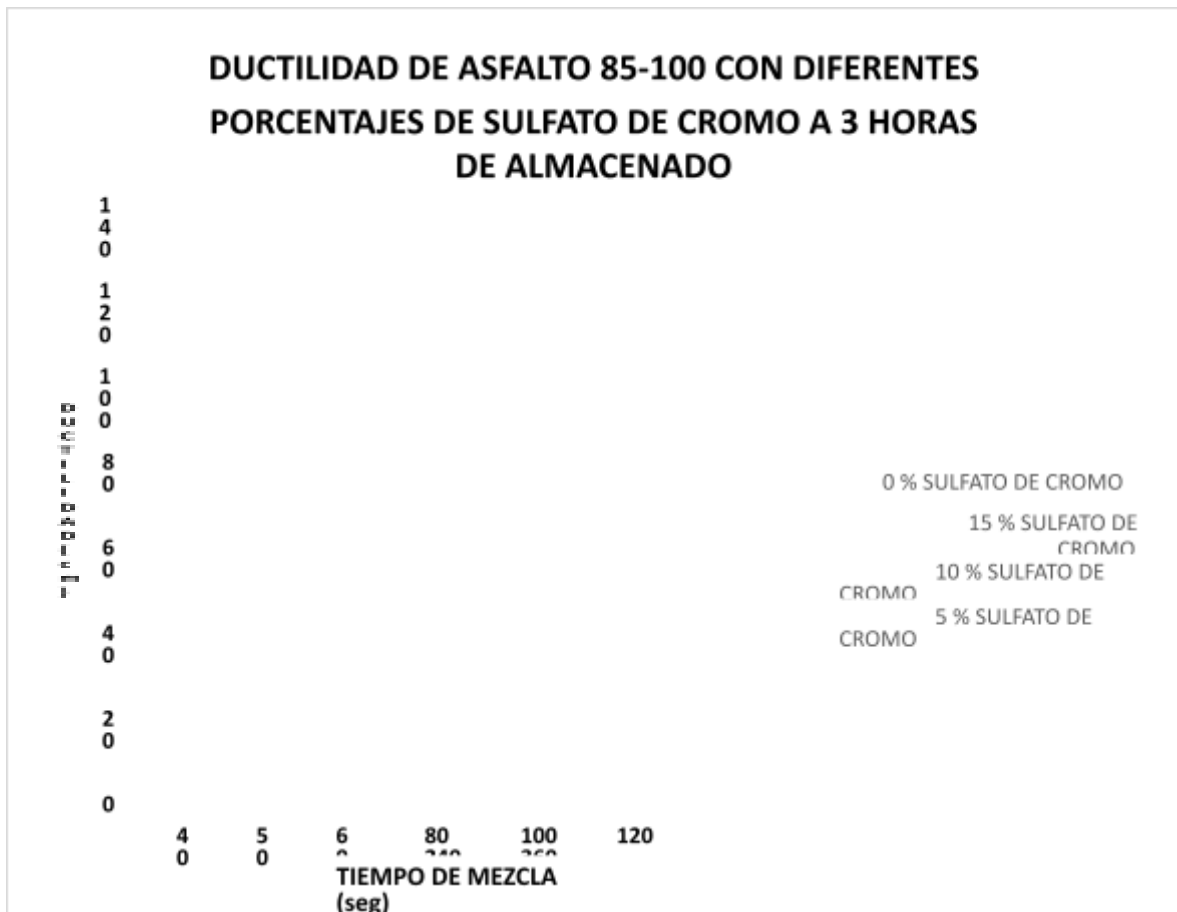


*Figura 31: Ductilidad del cemento asfáltico 85-100 con adición de sulfato de cromo a 1 hora de almacenamiento*

*Fuente: Coldfix Consulting Laboratorio de suelos, concreto y pavimentos*

**4.3.2.8 Cemento asfáltico PEN 85-100 con adición de sulfato de cromo a 3 horas de almacenamiento**

En la figura 32, se muestra la degradación y la tendencia de cada ensayo de ductilidad con materiales de cemento asfáltico PEN 85-100 con adición de sulfato de cromo a 5%, 10% y 15% a 75°C de temperatura, almacenado por un tiempo de 3 horas, asimismo, teniendo los tiempos de mezcla distintos como 40, 50, 60, 80, 100, 120, 240 y 360 segundos, observando el incremento de la ductilidad del cemento asfáltico con la adición del sulfato de cromo también se muestra la variación de la ductilidad por tiempos de mezclado obteniendo el valor más alto de 132 cm a los 40 segundos con 15% de adición de sulfato de cromo; sin embargo, tiene una pendiente negativa con el aumento del tiempo de mezclado.

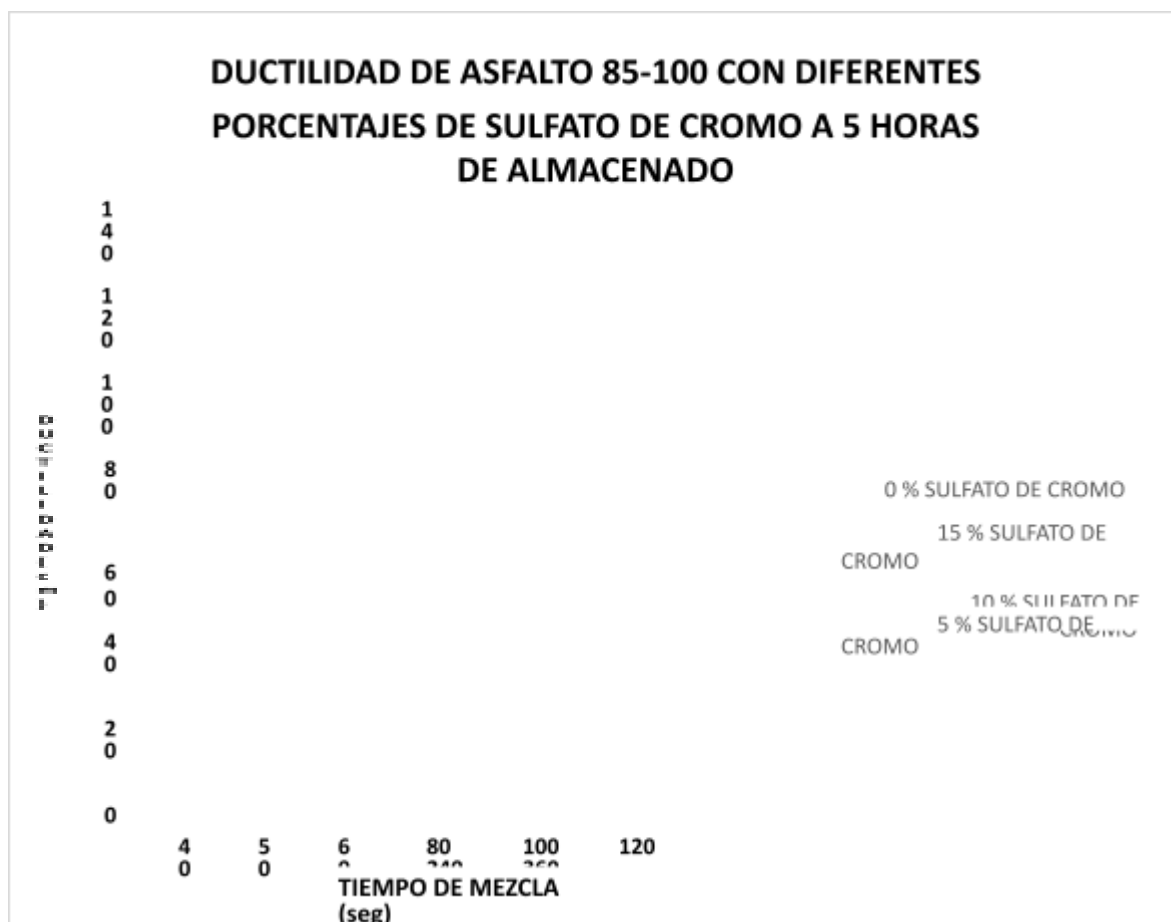


*Figura 32: Ductilidad del cemento asfáltico 85-100 con adición de sulfato de cromo a 3 horas de almacenamiento*

*Fuente: Coldfix Consulting Laboratorio de suelos, concreto y pavimentos*

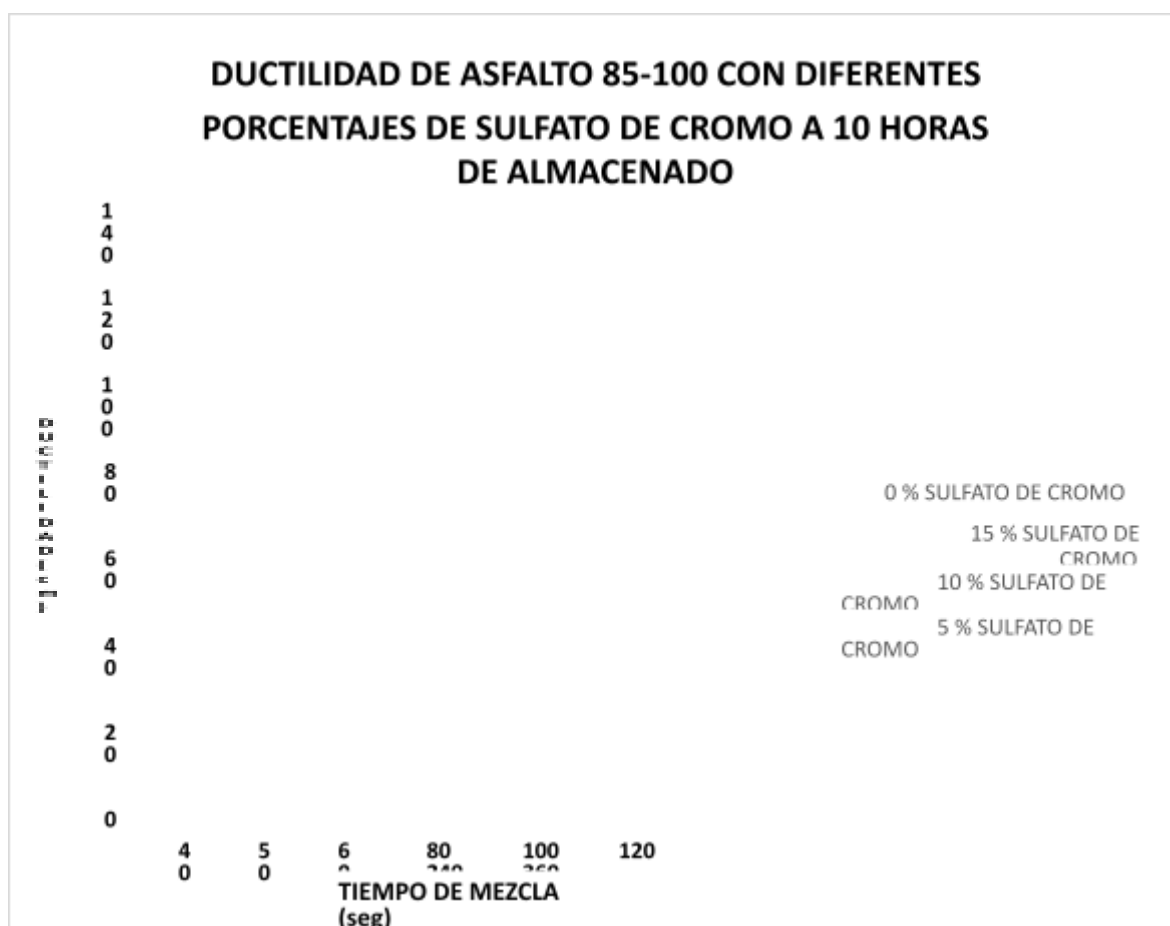
#### 4.3.2.9 Cemento asfáltico PEN 85-100 con adición de sulfato de cromo a 5 horas de almacenado

En la figura 33, se muestra la degradación y la tendencia de cada ensayo de ductilidad con materiales de cemento asfáltico PEN 85-100 con adición de sulfato de cromo a 5%, 10% y 15% a 75°C de temperatura, almacenado por un tiempo de 5 horas, asimismo, teniendo los tiempos de mezcla distintos como 40, 50, 60, 80, 100, 120, 240 y 360 segundos, observando el incremento de la ductilidad del cemento asfáltico con la adición del sulfato de cromo también se muestra la variación de la ductilidad por tiempos de mezclado obteniendo el valor más alto de 128 cm a los 40 segundos con 15% de adición de sulfato de cromo; sin embargo, tiene una pendiente negativa con el aumento del tiempo de mezclado.



#### 4.3.2.10 Cemento asfáltico PEN 85-100 con adición de sulfato de cromo a 10 horas de almacenado

En la figura 34, se muestra la degradación y la tendencia de cada ensayo de ductilidad con materiales de cemento asfáltico PEN 85-100 con adición de sulfato de cromo a 5%, 10% y 15% a 75°C de temperatura, almacenado por un tiempo de 10 horas, asimismo, teniendo los tiempos de mezcla distintos como 40, 50, 60, 80, 100, 120, 240 y 360 segundos, observando el incremento de la ductilidad del cemento asfáltico con la adición del sulfato de cromo también se muestra la variación de la ductilidad por tiempos de mezclado obteniendo el valor más alto de 124 cm a los 40 segundos con 15% de adición de sulfato de cromo; sin embargo, tiene una pendiente negativa con el aumento del tiempo de mezclado.



#### 4.3.2.11 Cemento asfáltico PEN 85-100 con adición de sulfato de cromo a 30 horas de almacenado

En la figura 35, se muestra la degradación y la tendencia de cada ensayo de ductilidad con materiales de cemento asfáltico PEN 85-100 con adición de sulfato de cromo a 5%, 10% y 15% a 75°C de temperatura, almacenado por un tiempo de 30 horas, asimismo, teniendo los tiempos de mezcla distintos como 40, 50, 60, 80, 100, 120, 240 y 360 segundos, observando el incremento de la ductilidad del cemento asfáltico con la adición del sulfato de cromo también se muestra la variación de la ductilidad por tiempos de mezclado obteniendo el valor más alto de 120 cm a los 40 segundos con 15% de adición de sulfato de cromo; sin embargo, tiene una pendiente negativa con el aumento del tiempo de mezclado.

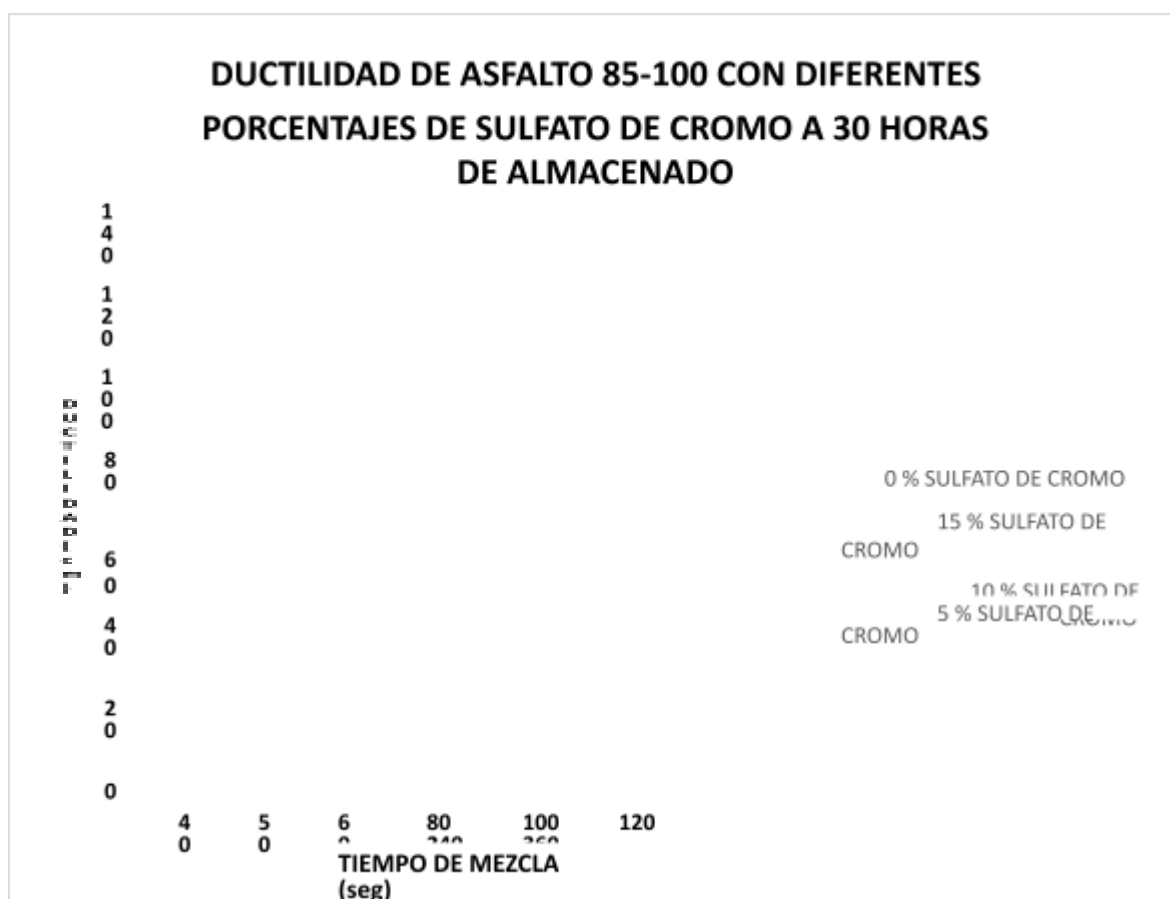


Figura 35: Ductilidad del cemento asfáltico 85-100 con adición de sulfato de cromo a 30 horas de almacenamiento

Fuente: Coldfix Consulting Laboratorio de suelos, concreto y pavimentos

#### 4.3.2.12 Cemento asfáltico PEN 85-100 con adición de sulfato de cromo a 50 horas de almacenado

En la figura 36, se muestra la degradación y la tendencia de cada ensayo de ductilidad con materiales de cemento asfáltico PEN 85-100 con adición de sulfato de cromo a 5%, 10% y 15% a 75°C de temperatura, almacenado por un tiempo de 50 horas, asimismo, teniendo los tiempos de mezcla distintos como 40, 50, 60, 80, 100, 120, 240 y 360 segundos, observando el incremento de la ductilidad del cemento asfáltico con la adición del sulfato de cromo también se muestra la variación de la ductilidad por tiempos de mezclado obteniendo el valor más alto de 112 cm a los 40 segundos con 15% de adición de sulfato de cromo; sin embargo, tiene una pendiente negativa con el aumento del tiempo de mezclado.

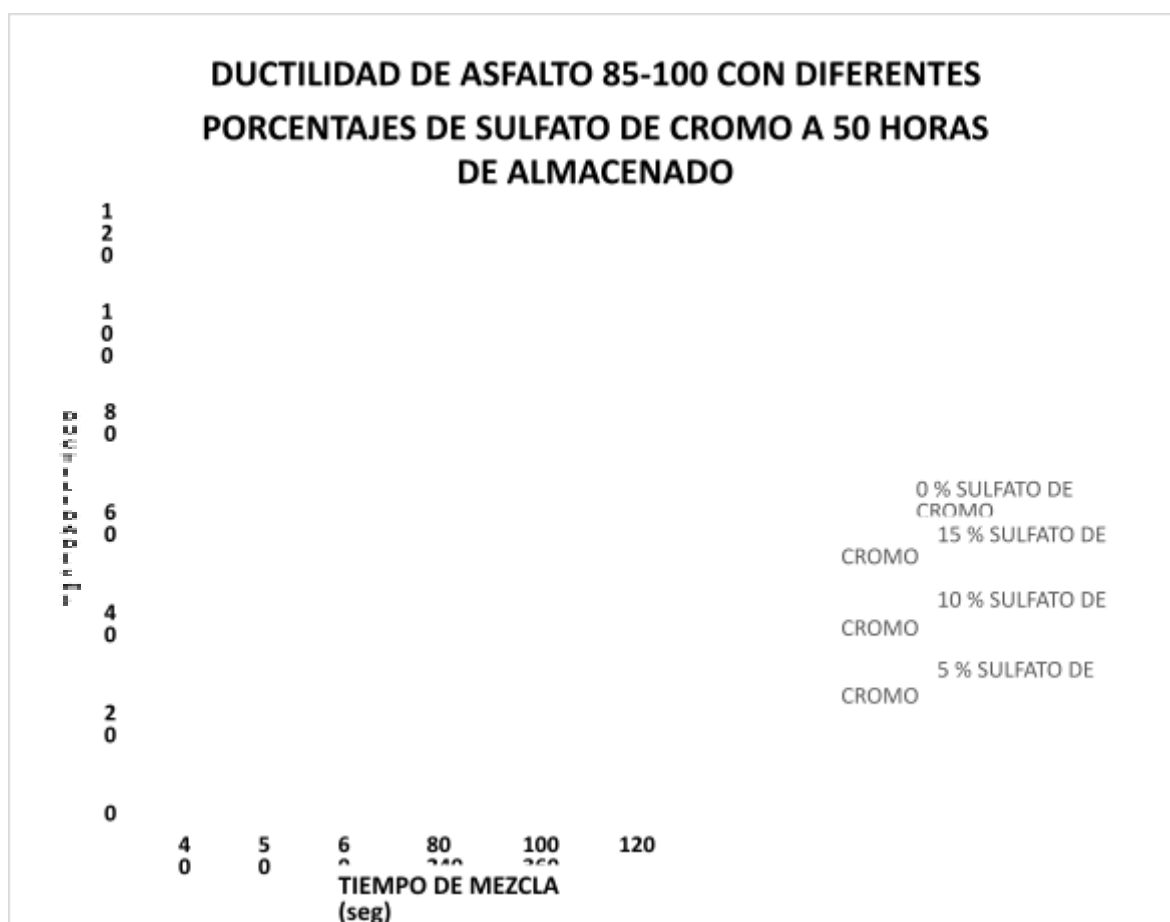


Figura 36: Ductilidad del cemento asfáltico 85-100 con adición de sulfato de cromo a 50 horas de almacenamiento

Fuente: Coldfix Consulting Laboratorio de suelos, concreto y pavimentos

#### 4.3.2.13 Cemento asfáltico PEN 85-100 con adición de sulfato de cromo a 100 horas de almacenado

En la figura 37, se muestra la degradación y la tendencia de cada ensayo de ductilidad con materiales de cemento asfáltico PEN 85-100 con adición de sulfato de cromo a 5%, 10% y 15% a 75°C de temperatura, almacenado por un tiempo de 100 horas, asimismo, teniendo los tiempos de mezcla distintos como 40, 50, 60, 80, 100, 120, 240 y 360 segundos, observando el incremento de la ductilidad del cemento asfáltico con la adición del sulfato de cromo también se muestra la variación de la ductilidad por tiempos de mezclado obteniendo el valor más alto de 112 cm a los 40 segundos con 15% de adición de sulfato de cromo; sin embargo, tiene una pendiente negativa con el aumento del tiempo de mezclado.

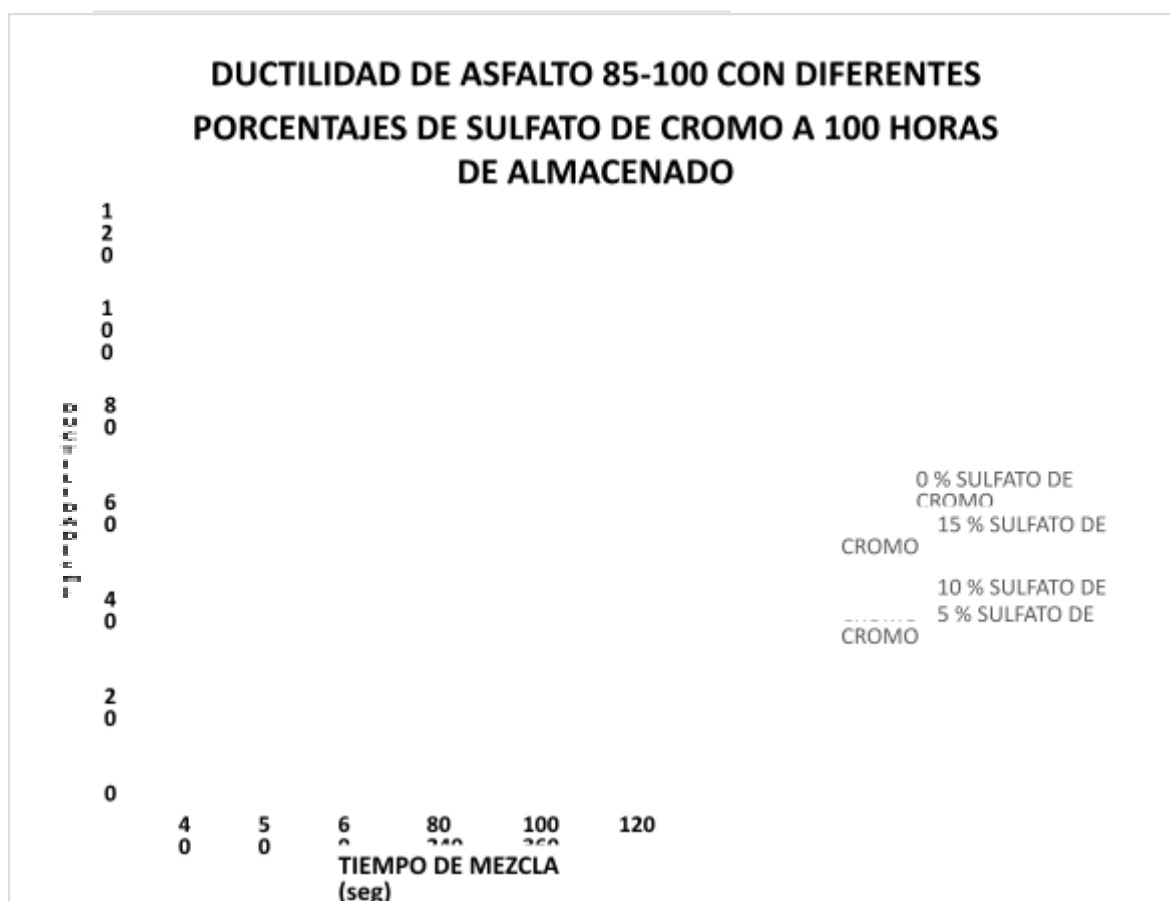


Figura 37: Ductilidad del cemento asfáltico 85-100 con adición de sulfato de cromo a 100 horas de almacenamiento

Fuente: Coldfix Consulting Laboratorio de suelos, concreto y pavimentos



#### 4.3.2.14 Cemento asfáltico PEN 85-100 con adición de sulfato de cromo a 140 horas de almacenado

En la figura 38, se muestra degradación y la tendencia de cada ensayo de ductilidad con materiales de cemento asfáltico PEN 85-100 con adición de sulfato de cromo a 5%, 10% y 15% a 75°C de temperatura, almacenado por un tiempo de 140 horas, asimismo, teniendo los tiempos de mezcla distintos como 40, 50, 60, 80, 100, 120, 240 y 360 segundos, observando el incremento de la ductilidad del cemento asfáltico con la adición del sulfato de cromo también se muestra la variación de la ductilidad por tiempos de mezclado obteniendo el valor más alto de 106 cm a los 40 segundos con 15% de adición de sulfato de cromo; sin embargo, tiene una pendiente negativa con el aumento del tiempo de mezclado.

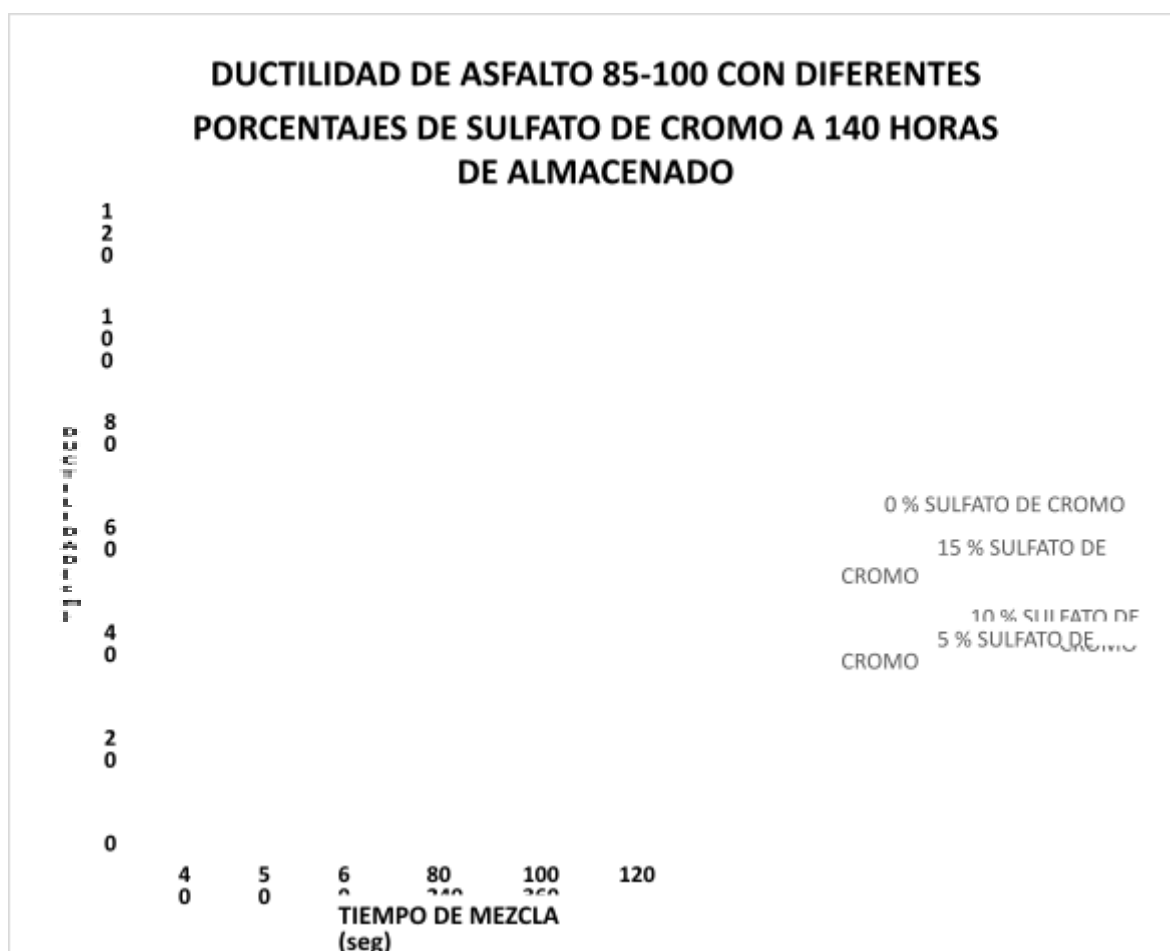


Figura 38: Ductilidad del cemento asfáltico 85-100 con adición de sulfato de cromo a 140 horas de almacenamiento

Fuente: Coldfix Consulting Laboratorio de suelos, concreto y pavimentos

#### 4.3.2.15 Cemento asfáltico PEN 85-100 con adición de sulfato de cromo a 180 horas de almacenado

En la figura 39, se muestra la degradación y la tendencia de cada ensayo de ductilidad con materiales de cemento asfáltico PEN 85-100 con adición de sulfato de cromo a 5%, 10% y 15% a 75°C de temperatura, almacenado por un tiempo de 180 horas, asimismo, teniendo los tiempos de mezcla distintos como 40, 50, 60, 80, 100, 120, 240 y 360 segundos, observando el incremento de la ductilidad del cemento asfáltico con la adición del sulfato de cromo también se muestra la variación de la ductilidad por tiempos de mezclado obteniendo el valor más alto de 101 cm a los 40 segundos con 15% de adición de sulfato de cromo; sin embargo, tiene una pendiente negativa con el aumento del tiempo de mezclado.

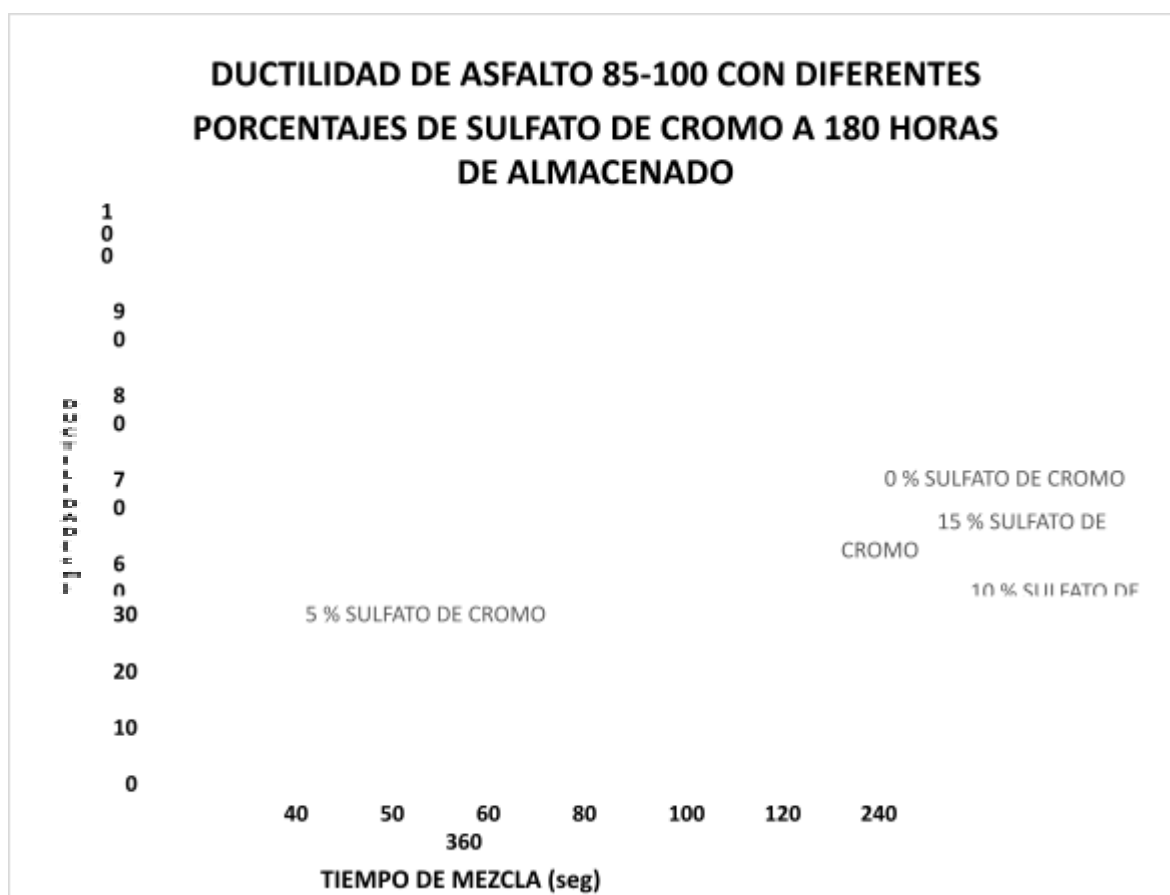


Figura 39: Ductilidad del cemento asfáltico 85-100 con adición de sulfato de cromo a 180 hora de almacenamiento

Fuente: Coldfix Consulting Laboratorio de suelos, concreto y pavimentos

### **4.3.3 Ensayo Marshall**

Este ensayo nos permite obtener dos propiedades principales: la estabilidad en kilogramos que nos permitirá medir la carga máxima a la que puede soportar el pavimento asfáltico; también nos permitirá determinar la fluencia en milímetros que nos proporcionará la información de la deformación que sufre el pavimento a causa de la carga aplicada; asimismo, estas propiedades nos permitirán determinar el tipo de material a utilizar para la mezcla asfáltica en caliente del pavimento asfáltico cumpliendo las disposiciones de la normativa.

#### **4.3.3.1 Procedimiento del ensayo Marshall**

Para realizar este ensayo, nos guiaremos de los procedimientos del Manual de Ensayo de Materiales del Ministerio de Transportes y Comunicaciones MTC-504, donde se detalla los procedimientos del ensayo Marshall.

En primer lugar, se realiza el ensayo de granulometría de los agregados como piedra de  $\frac{1}{2}$ , arena natural, arena chancada, filler para realizar un diseño de mezclas por tanteo.

Después de elaborar nuestro diseño de mezcla, tamizamos los agregados pétreos y el material fino o filler para luego realizar los pesajes del diseño de mezclas de una briqueta cumpliendo los pesajes, que debe pesar una muestra de 1250gr. Después calentamos los agregados a una temperatura de 135°C después mezclar con el ligante asfáltico con dosificación de 5%, 10% y 15% también almacenada a 135°C. Luego realizamos el compactado de la mezcla asfáltica en un molde. Después de enfriar la muestra, contamos con el desencofrado de la muestra con la ayuda de una prensa hidráulica, luego con el ensayo de roturar la muestra que consiste en llevar la briqueta a baño María por un tiempo de 30 minutos y terminamos con el ensayo Marshall donde determinaremos la estabilidad y el flujo de la muestra con adición de sulfato de cromo.

#### **4.3.3.2 Porcentaje de combinación para mezcla de agregado por MAC-2**

La siguiente tabla 8 muestra la combinación de los agregados utilizados para el diseño de mezclas asfálticas en caliente MAC-2, presentando los

porcentajes asignados a los materiales utilizados como 37% la grava de 1/2", 32% de la arena natural, 35% de la arena triturada y 2% el material fino o filler como es el cemento.

Tabla 8: Porcentaje de combinación para mezcla de agregado por MAC 2 por tanteo

Malla		Porcentajes pasantes (%)					Especificaciones	
Tamaño	mm.	PIEDRAS		ARENAS				
Agregados						filler	MEZCLA	MAC - 2
		pedra 3/4"	pedra 1/2"	Arena Procesada	Arena Chancada		MTC	
Proporciones		3/4"	1/2"	NATURAL	CHANCADA	filler	100 %	
		0%	37%	32%	35%	2%		
1"	25.4	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00		
3/4"	19.05	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100 - 100
1/2"	12.7	100.00	69.11	100.00	100.00	100.00	88.57	80 - 100
3/8"	9.525	100.00	44.26	100.00	100.00	100.00	79.37	70 - 88
Nº 4	4.76	100.00	9.00	89.01	87.69	100.00	59.17	51 - 68
Nº 8	2.36	100.00	5.23	72.49	69.98	100.00	47.27	

Nº 10	2	100.0 0	1.46	68.54	66.28	100.00	43.51	38 - 52
Nº 16	1.18	100.0 0	1.03	44.74	45.34	100.00	29.58	
Nº 30	0.6	100.0 0	0.77	39.64	37.85	100.00	25.63	
Nº 40	0.42	100.0 0	0.59	35.40	31.97	100.00	22.46	17 - 28
Nº 50	0.3	100.0 0	0.51	26.45	20.35	100.00	16.13	
Nº 80	0.18	100.0 0	0.36	21.87	14.31	100.00	12.82	8 - 17
Nº 100	0.15	100.0 0	0.26	16.57	11.32	100.00	10.21	
Nº 200	0.074	100.0 0	0.16	10.20	7.62	100.00	7.06	4 - 8
pasa		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	

*Fuente: Coldfix Consulting Laboratorio de suelos, concreto y pavimentos*

El tamaño máximo nominal de un agregado de ½” se presenta en los porcentajes de mezcla provenientes de la combinación de agregados para cada tamiz en análisis. Logrando observar los límites mínimos y máximos especificados por la gradación MAC 2, encontrando puntos críticos en los tamices de clasificación más fina, aunque cumpliendo por los rangos establecidos por cada tamiz. Tabla 9.

Tabla 9: Puntos críticos en los tamices de clasificación más fina

Malla		Porcentajes		Especificaciones		
Tamiz	mm.	pasantes (%)		Observaciones		
Agregados		MEZCLA	MAC - 2	Tamaño máximo	1/2"	
Proporciones		100%	MTC	Curva Ideal	diferencia	
1"	25.4					
3/4"	19.05	100.0	100 - 100	100	100	
1/2"	12.7	100.0	80 - 100	90	100	
3/8"	9.525	80.7	70 - 88	79	80.66	
N° 4	4.76	60.8	51 - 68	58	60.759	
N° 8	2.36	42.2			42.2455	
N° 10	2	38.2	38 - 52	45	38.233	
N° 16	1.18	27.3			38.233	
N° 30	0.6	22.1			38.233	
N° 40	0.42	18.2	17 - 28	22.5	18.203	
N° 50	0.3	12.5			12.484	
N° 80	0.18	8.7	8 - 17	12.5	8.7375	
N° 100	0.15	8.4			8.4	
N° 200	0.074	3.8	4 - 8	6	3.7645	
pasa		5.3			5.29	

Fuente: Coldfix Consulting Laboratorio de suelos, concreto y pavimentos

La mezcla obtenida en la tabla 9 anterior se presenta en la figura 40 la curva granulométrica resultante, que permite visualizar los rangos máximos y mínimos de la MAC-2, donde las líneas negras representan los límites y la línea roja representa la combinación ideal de los materiales con los porcentajes adecuados, y la línea azul representa la combinación de nuestro diseño de mezclas.

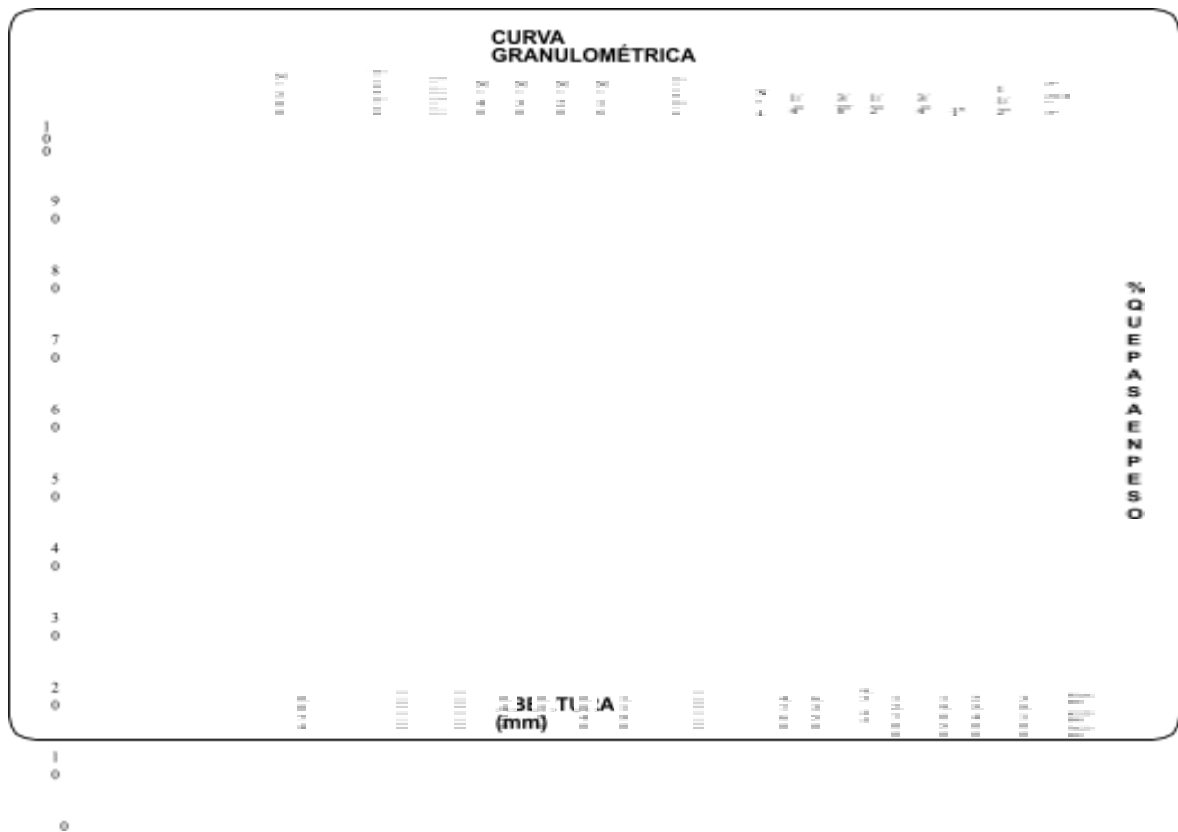


Figura 40: Curva granulométrica de las combinaciones de los materiales

Fuente: Coldfix Consulting Laboratorio de suelos, concreto y pavimentos

La tabla 10 muestra los pesos de las muestras con dosificaciones que varían de 0.5 % desde 4% hasta 6% del diseño de mezcla, toda briqueta debe pesar 1250 gr. De peso por normatividad. Para esta investigación, se utilizó el 5.5% de peso para el ensayo Marshall.

Tabla 10: Pesos por malla – ensayo Marshall para elaboración de briquetas

Mat	% Asfalto	4.00	4.50	5.00	5.50	6.00	6.50
	Malla						
f i l l e r	1/2"	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	3/8"	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	# 4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	# 10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	< #10	18.0	17.9	17.8	17.7	17.6	17.5
	SUB TOTAL	18.0	17.9	17.8	17.7	17.6	17.5
Are na	1/2"	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

---

<u>anc ada</u>	
----------------	--



	<b>3/8"</b>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	<b># 4</b>	44.3	44.1	43.9	43.6	43.4	43.2
	<b># 10</b>	77.1	76.7	76.3	75.9	75.5	75.1
	<b>&lt; #10</b>	238.6	237.4	236.1	234.9	233.6	232.4
	<b>SUB TOTAL</b>	360.0	358.1	356.3	354.4	352.5	350.6
<b>A ren a Pr oce sad a</b>	<b>3/4"</b>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	<b>1/2"</b>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	<b>3/8"</b>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	<b># 4</b>	41.5	41.3	41.1	40.9	40.7	40.5
	<b># 10</b>	77.4	77.0	76.6	76.2	75.8	75.4
	<b>&lt; #10</b>	259.1	257.7	256.4	255.0	253.7	252.3
	<b>SUB TOTAL</b>	378.0	376.0	374.1	372.1	370.1	368.2
<b>pedra 1/2" CRUSHIN G</b>	<b>3/4"</b>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	<b>1/2"</b>	137.2	136.4	135.7	135.0	134.3	133.6
	<b>3/8"</b>	110.3	109.8	109.2	108.6	108.0	107.5
	<b># 4</b>	156.6	155.7	154.9	154.1	153.3	152.5
	<b># 10</b>	16.7	16.6	16.5	16.4	16.4	16.3
	<b>&lt; #10</b>	23.2	23.1	23.0	22.9	22.8	22.6
	<b>SUB TOTAL</b>	444.0	441.7	439.4	437.1	434.8	432.4
<b>pedra 3/4" CRUSHIN G</b>	<b>3/4"</b>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	<b>1/2"</b>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	<b>3/8"</b>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	<b># 4</b>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	<b># 10</b>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	<b>&lt; #10</b>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	<b>SUB TOTAL</b>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		1200.0	1193.8	1187.5	1181.3	1175.0	1168.8
<b>PEN 85 - 100</b>		50.0	56.3	62.5	68.8	75.0	81.3
<b>QUIMIBOND</b>		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<b>TOTAL MUESTRA</b>		<b>1250.0</b>	<b>1250.0</b>	<b>1250.0</b>	<b>1250.0</b>	<b>1250.0</b>	<b>1250.0</b>

*Fuente: Coldfix Consulting Laboratorio de suelos, concreto y pavimentos*

Los ensayos realizados de la estabilidad se muestran en la figura 41, se realizó tres ensayos por cada dosificación de ligante, teniendo una pendiente positiva hasta el 5.5% de ligante y el 6% de dosificación presenta una pendiente negativa, los ensayos presentan valores que están por encima del valor mínimo que requiere la normativa, tomando como óptimo el 5.5% para el trabajo de dosificación.

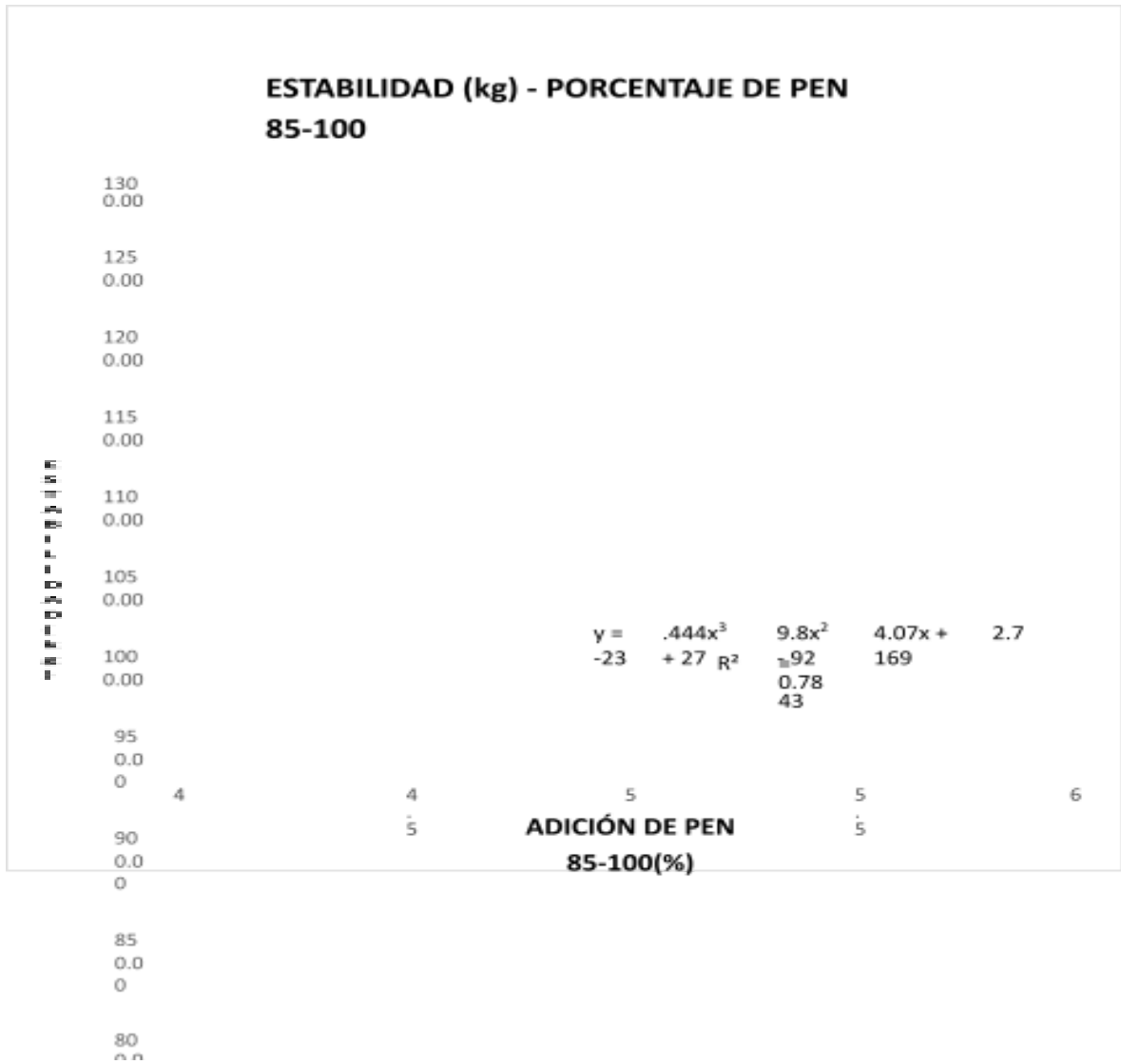


Figura 41: Estabilidad (kg) del PEN 85-100 a distintos porcentajes de sulfato de cromo

Fuente: Coldfix Consulting Laboratorio de suelos, concreto y pavimentos

En la siguiente figura 42, se presenta el comportamiento de las deformaciones realizadas en distintos porcentajes de contenido de la mezcla asfáltica en caliente, la muestra de 4%, hasta 5.5% de ligante está dentro de los límites requeridos y el 6% se encuentra por encima del nivel superior de normativa; asimismo, el 5.5% de la muestra se encuentra dentro de los parámetros.

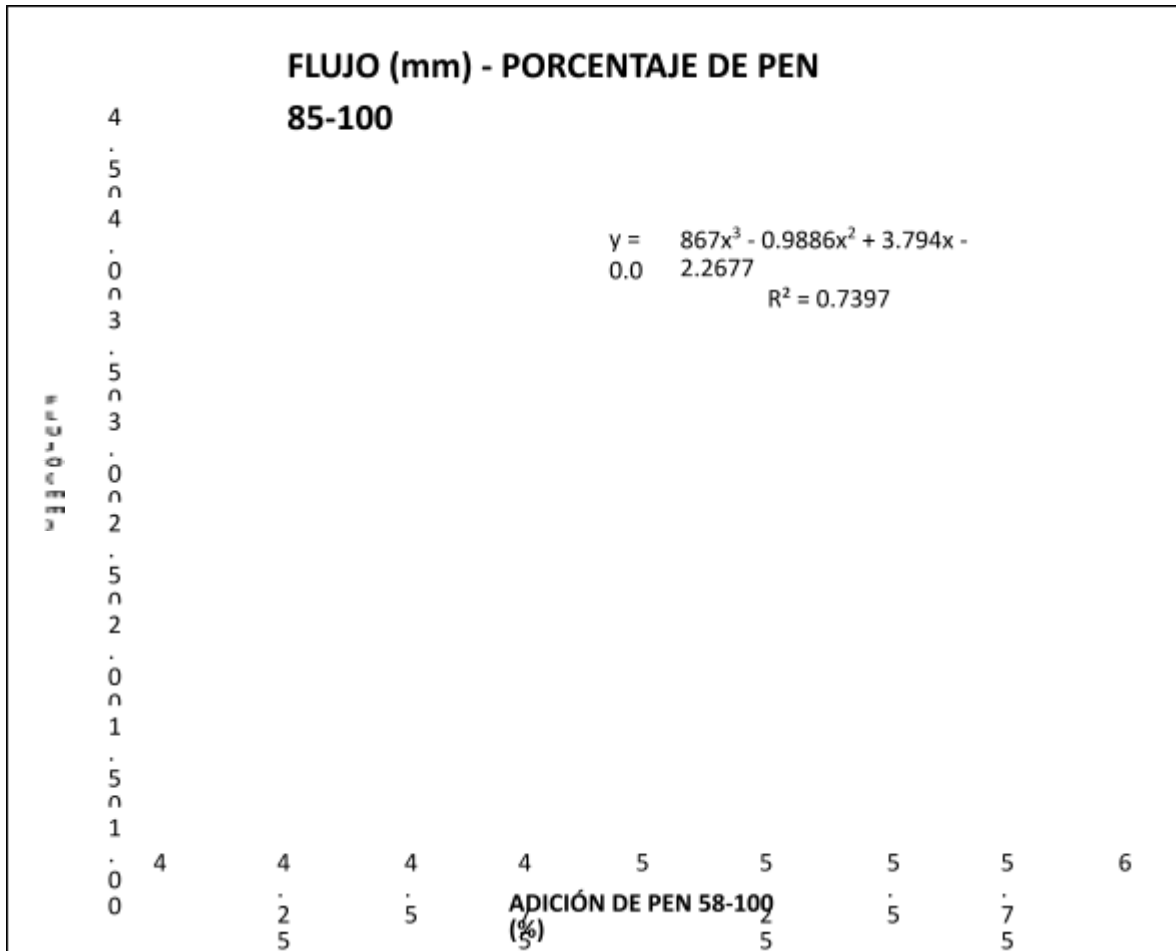


Figura 42: Flujo (mm) del PEN 85-100 a distintos porcentajes de cemento asfáltico

Fuente: Coldfix Consulting Laboratorio de suelos, concreto y pavimentos

#### 4.3.3.3 Estabilidad del Asfalto dosificado con sulfato de cromo y Almacenado por una Hora

En la figura 43, se muestra la degradación del cemento asfáltico en el ensayo de la estabilidad de las briquetas del ensayo Marshall para un tiempo de mezcla de 40, 50, 60, 80, 100, 120, 240 y 360 segundos, el cemento asfáltico

PEN 85-100 dosificado con 5%, 10% y 15% con sulfato de cromo fue almacenado a una temperatura de 75°C por tiempo de 1 hora, la estabilidad del cemento asfáltico dosificado presenta mayor estabilidad cuando se le adiciona sulfato de cromo; asimismo, la estabilidad tiende a bajar con el tiempo de mezclado, el tiempo de 120 segundos de mezclado tiene el mayor

valor con respecto a los otros tiempos de mezclado 1324 kg. Dosificado a 15% y al 0% tiene 1273 kg.

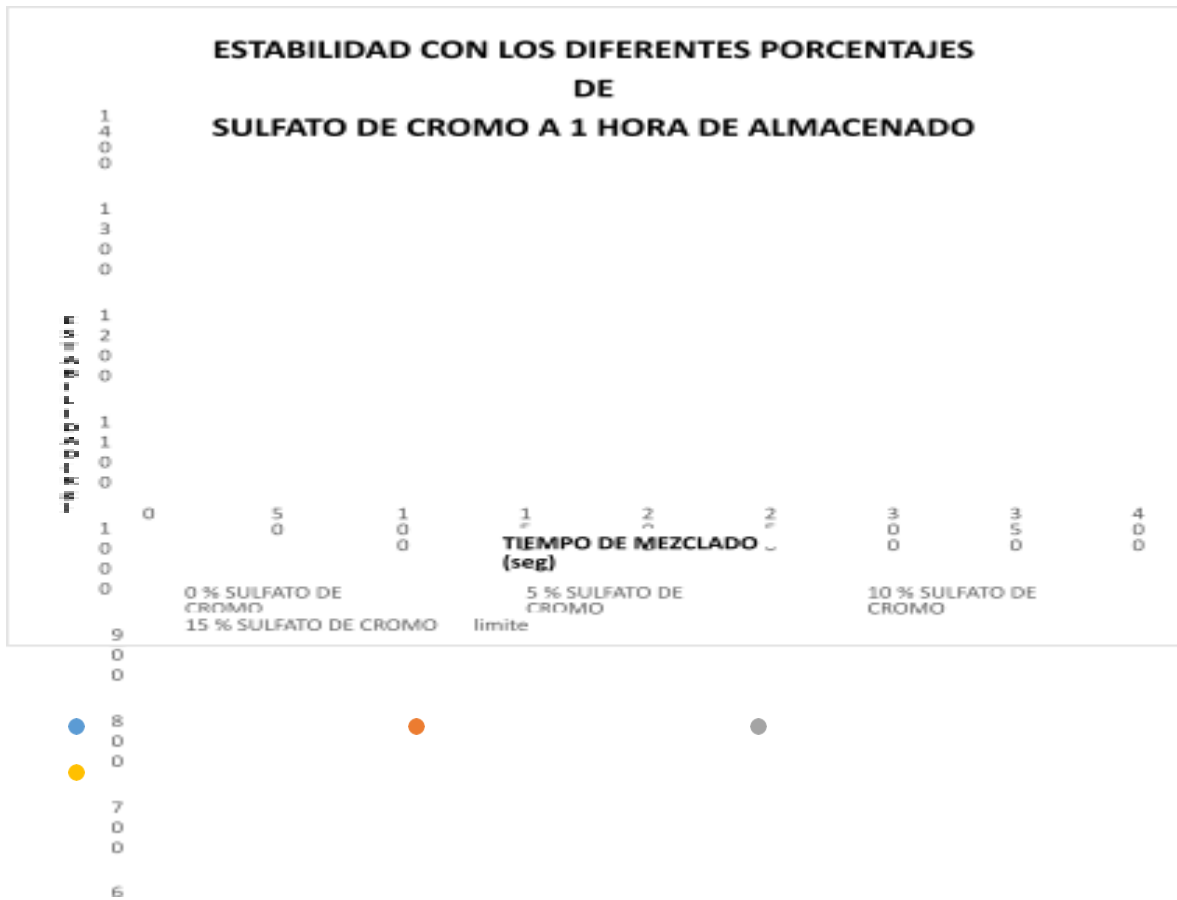


Figura 43: Estabilidad del cemento asfáltico 85-100 dosificado con sulfato de cromo almacenado a una Hora

Fuente: Coldfix Consulting Laboratorio de suelos, concreto y pavimentos

#### 4.3.3.4 Estabilidad del Asfalto dosificado con sulfato de cromo y Almacenado por 3 Horas

En la figura 44, se muestra el ensayo de la estabilidad de las briquetas del ensayo Marshall para un tiempo de mezcla de 40, 50, 60, 80, 100, 120, 240 y 360 segundos, el cemento asfáltico PEN 85-100 dosificado con 5%, 10% y 15% con sulfato de cromo fue almacenado a una temperatura de 75°C por tiempo de 3 horas, la estabilidad del cemento asfáltico dosificado presenta mayor estabilidad cuando se le adiciona sulfato de cromo; asimismo, la estabilidad tiende a bajar con el tiempo de mezclado, el tiempo de 120

segundos de mezclado tiene el mayor valor con respecto a los otros tiempos de mezclado con 1280 kg. Dosificado a 15% y al 0% tiene 1125 kg.

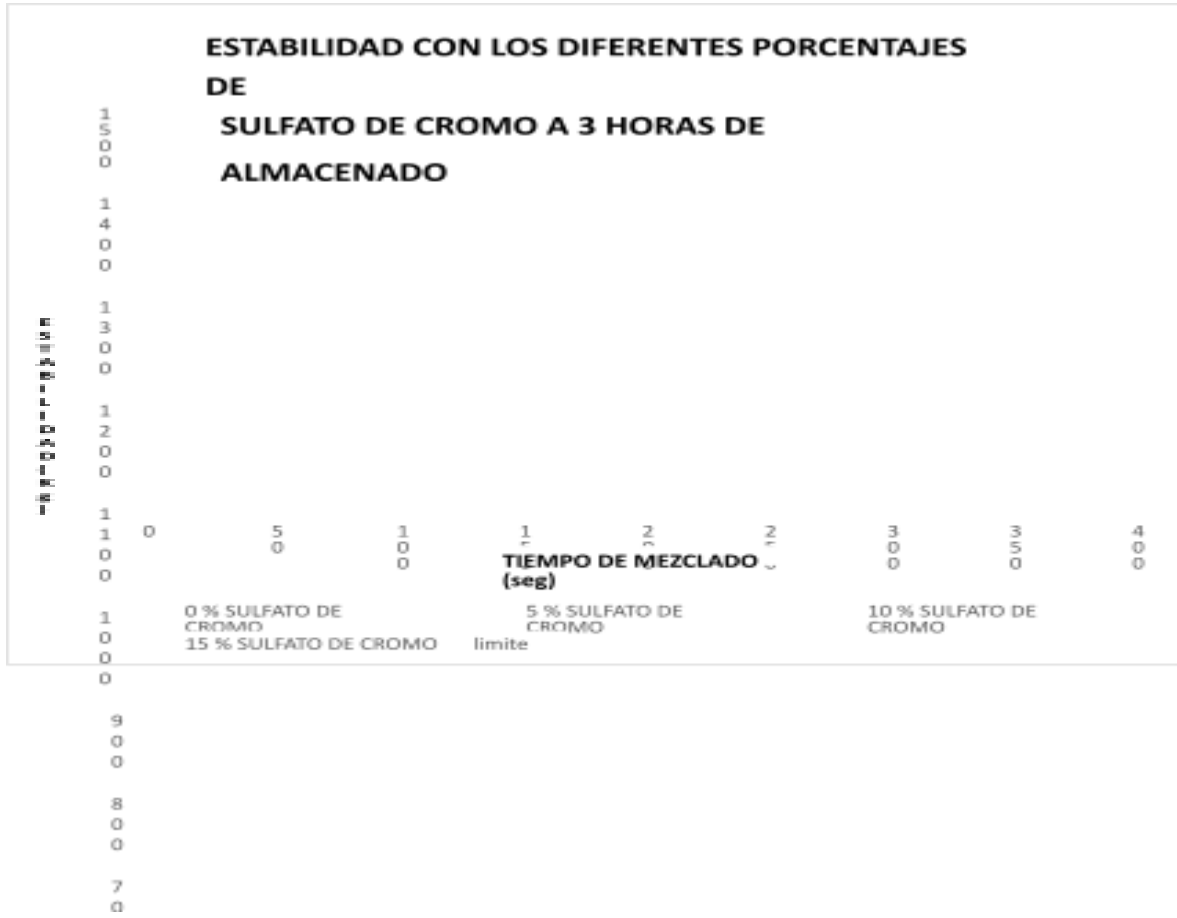


Figura 44: Estabilidad del cemento asfáltico 85-100 dosificado con sulfato de cromo y almacenado a tres Horas

Fuente: Coldfix Consulting Laboratorio de suelos, concreto y pavimentos

#### 4.3.3.5 Estabilidad del Asfalto dosificado con sulfato de cromo y Almacenado por 5 Horas

En la figura 45, se muestra el ensayo de la estabilidad de las briquetas del ensayo Marshall para un tiempo de mezcla de 40, 50, 60, 80, 100, 120, 240 y 360 segundos, el cemento asfáltico PEN 85-100 dosificado con 5%, 10% y 15% con sulfato de cromo fue almacenado a una temperatura de 75°C por



segundos de mezclado tiene el mayor valor con respecto a los otros tiempos

de mezclado con 1280 kg. Dosificado a 15% y al 0% tiene 1125 kg. tiempo de 5 horas, la estabilidad del cemento asfáltico dosificado presenta

segundos de mezclado tiene el mayor valor con respecto a los otros tiempos de mezclado con 1324 kg. Dosificado a 15% y al 0% tiene 1271 kg.

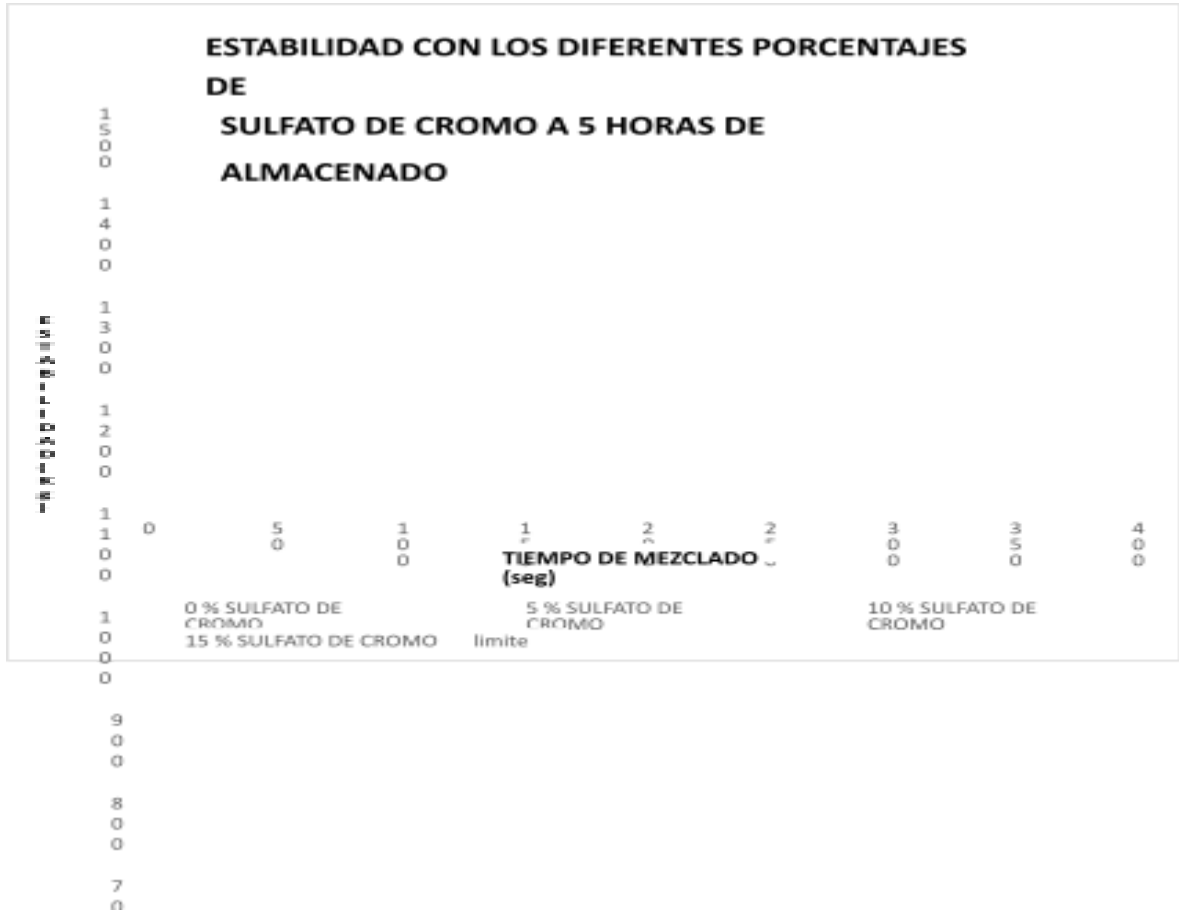


Figura 45: Estabilidad del cemento asfáltico 85-100 dosificado con sulfato de cromo y almacenado a cinco Horas

Fuente: Coldfix Consulting Laboratorio de suelos, concreto y pavimentos

#### 4.3.3.6 Estabilidad del Asfalto dosificado con sulfato de cromo y Almacenado por 10 Horas

En la figura 46, se muestra el ensayo de la estabilidad de las briquetas del ensayo Marshall para un tiempo de mezcla de 40, 50, 60, 80, 100, 120, 240 y 360 segundos, el cemento asfáltico PEN 85-100 dosificado con 5%, 10% y 15% con sulfato de cromo fue almacenado a una temperatura de 75°C por



segundos de mezclado tiene el mayor valor con respecto a los otros tiempos

de mezclado con 1324 kg. Dosificado a 15% y al 0% tiene 1271 kg. tiempo de 10 horas, la estabilidad del cemento asfáltico dosificado presenta



segundos de mezclado tiene el mayor valor con respecto a los otros tiempos  
 de mezclado con 1253 kg. Dosificado a 15% y al 0% tiene 1146 kg.

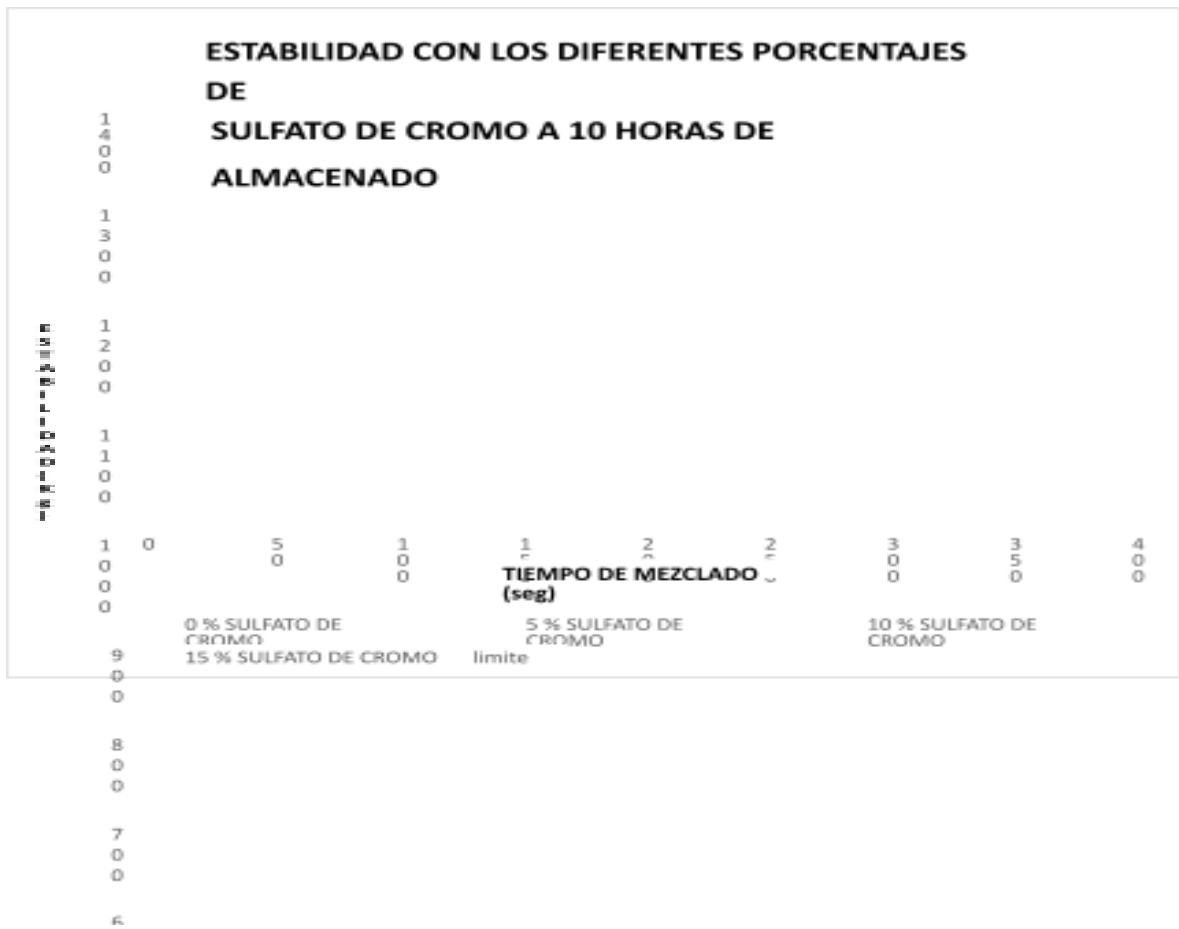
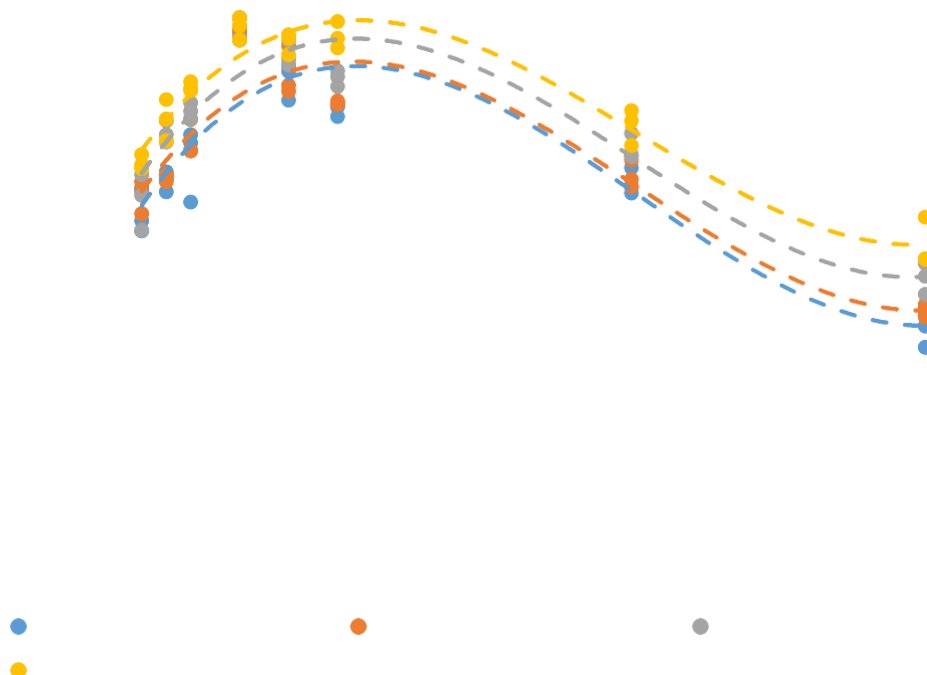


Figura 46: Estabilidad del cemento asfáltico 85-100 dosificado con sulfato de cromo y almacenado a diez Horas

Fuente: Coldfix Consulting Laboratorio de suelos, concreto y pavimentos

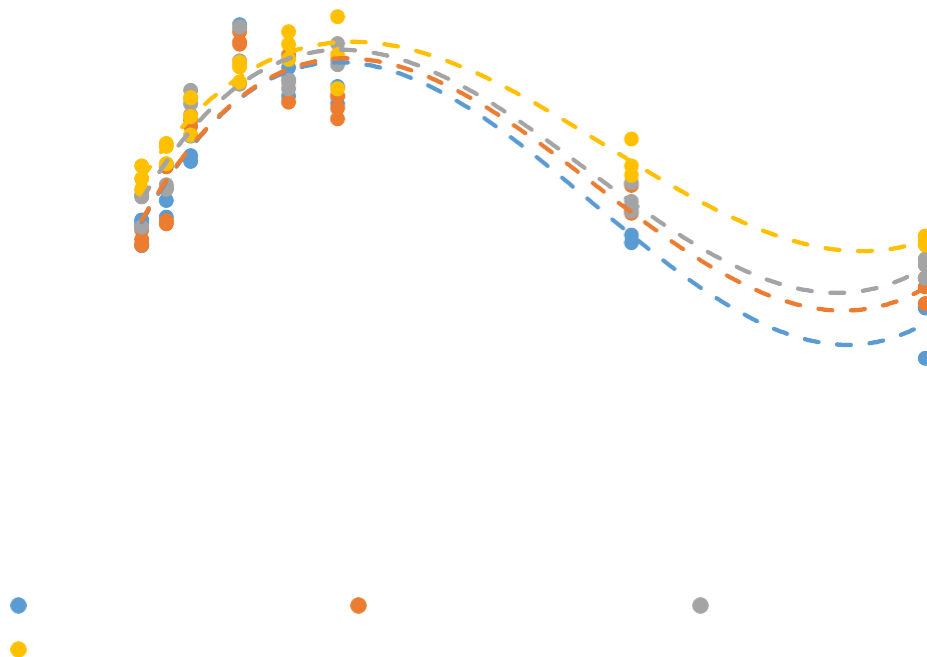


segundos de mezclado tiene el mayor valor con respecto a los otros tiempos de mezclado con 1146 kg. Dosificado a 15% y al 0% tiene 1090 kg.



Figura 47: Estabilidad del cemento asfáltico 85-100 dosificado con sulfato de cromo y almacenado a treinta Horas

Fuente: Coldfix Consulting Laboratorio de suelos, concreto y pavimentos



segundos de mezclado tiene el mayor valor con respecto a los otros tiempos de mezclado con 1048 kg. Dosificado a 15% y al 0% tiene 971 kg.

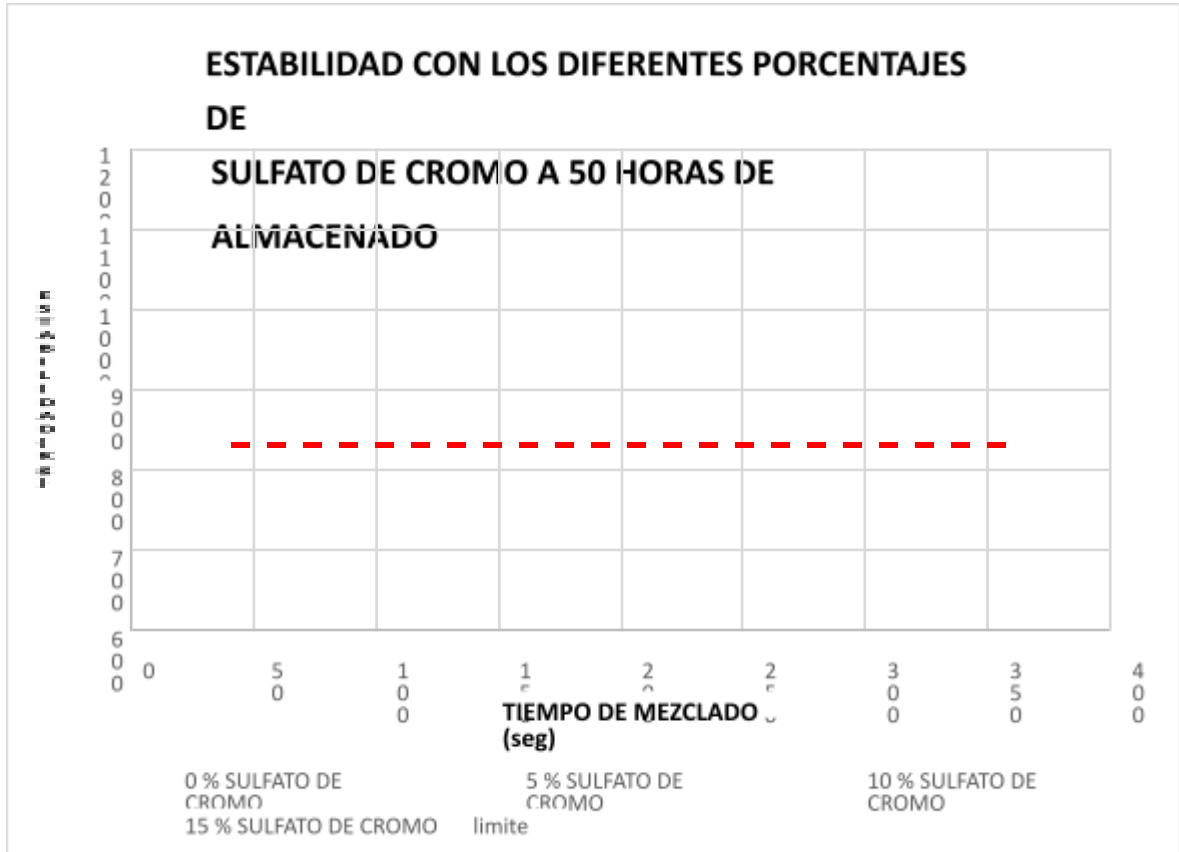


Figura 48: Estabilidad del cemento asfáltico 85-100 dosificado con sulfato de cromo y almacenado a cincuenta Horas

Fuente: Coldfix Consulting Laboratorio de suelos, concreto y pavimentos

#### 4.3.3.9 Estabilidad del Asfalto dosificado con sulfato de cromo y Almacenado por 100 Horas

En la figura 49, se muestra el ensayo de la estabilidad de las briquetas del ensayo Marshall para un tiempo de mezcla de 40, 50, 60, 80, 100, 120, 240 y 360 segundos, el cemento asfáltico PEN 85-100 dosificado con 5%, 10% y 15% con sulfato de cromo fue almacenado a una temperatura de 75°C por tiempo de 100 horas, la estabilidad del cemento asfáltico dosificado presenta mayor estabilidad cuando se le adiciona sulfato de cromo; asimismo, la



segundos de mezclado tiene el mayor valor con respecto a los otros tiempos

de mezclado con 1048 kg. Dosificado a 15% y al 0% tiene 971 kg. estabilidad tiende a bajar con el tiempo de mezclado , el tiempo de 120

segundos de mezclado tiene el mayor valor con respecto a los otros tiempos de mezclado con 970 kg. Dosificado a 15% y al 0% tiene 891 kg.



Figura 49: Estabilidad del cemento asfáltico 85-100 dosificado con sulfato de cromo y almacenado a cien Horas

Fuente: Coldfix Consulting Laboratorio de suelos, concreto y pavimentos

#### 4.3.3.10 Estabilidad del Asfalto dosificado con sulfato de cromo y Almacenado por 140 Horas

En la figura 50, se muestra el ensayo de la estabilidad de las briquetas del ensayo Marshall para un tiempo de mezcla de 40, 50, 60, 80, 100, 120, 240 y 360 segundos, el cemento asfáltico PEN 85-100 dosificado con 5%, 10% y 15% con sulfato de cromo fue almacenado a una temperatura de 75°C por tiempo de 140 horas, la estabilidad del cemento asfáltico dosificado presenta mayor estabilidad cuando se le adiciona sulfato de cromo; asimismo, la



segundos de mezclado tiene el mayor valor con respecto a los otros tiempos

de mezclado con 970 kg. Dosificado a 15% y al 0% tiene 891 kg. estabilidad tiende a bajar con el tiempo de mezclado , el tiempo de 120

segundos de mezclado tiene el mayor valor con respecto a los otros tiempos de mezclado con 1004 kg. Dosificado a 15% y al 0% tiene 965 kg.

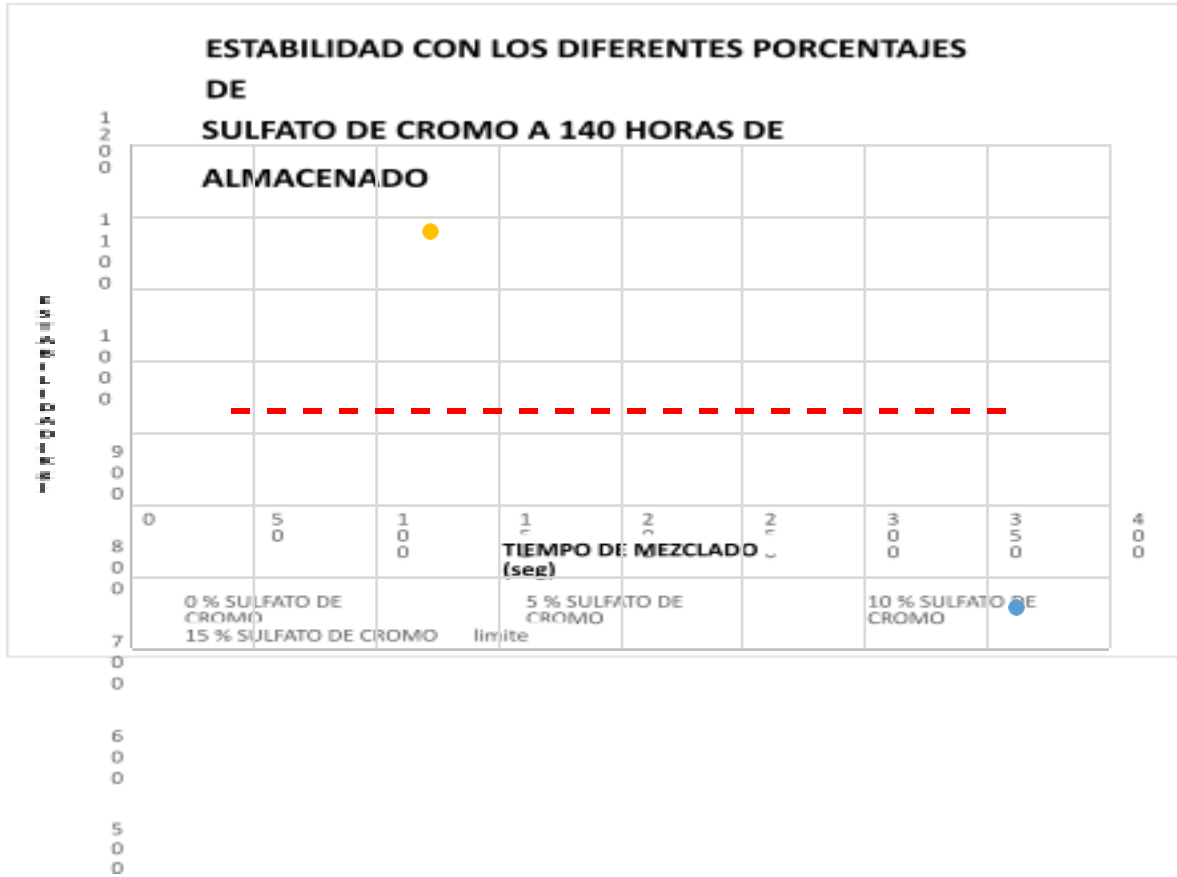


Figura 50: Estabilidad del cemento asfáltico 85-100 dosificado con sulfato de cromo y almacenado a ciento cuarenta Horas

Fuente: Coldfix Consulting Laboratorio de suelos, concreto y pavimentos

#### 4.3.3.11 Estabilidad del Asfalto dosificado con sulfato de cromo y Almacenado por 100 Horas

En la figura 51, se muestra el ensayo de la estabilidad de las briquetas del ensayo Marshall para un tiempo de mezcla de 40, 50, 60, 80, 100, 120, 240 y 360 segundos, el cemento asfáltico PEN 85-100 dosificado con 5%, 10% y 15% con sulfato de cromo fue almacenado a una temperatura de 75°C por tiempo de 180 horas, la estabilidad del cemento asfáltico dosificado presenta mayor estabilidad cuando se le adiciona sulfato de cromo; asimismo, la estabilidad tiende a bajar con el tiempo de mezclado, el tiempo de 120

segundos, el cemento asfáltico PEN 85-100 dosificado con 5%, 10% y 15% con sulfato de cromo fue almacenado a una temperatura de 75°C por tiempo de 180 horas, la estabilidad del cemento asfáltico dosificado presenta mayor estabilidad cuando se le adiciona sulfato de cromo; asimismo, la estabilidad tiende a bajar con el tiempo de mezclado, el tiempo de 120

segundos de mezclado tiene el mayor valor con respecto a los otros tiempos de mezclado con 922 kg. Dosificado a 15% y al 0% tiene 841 kg.

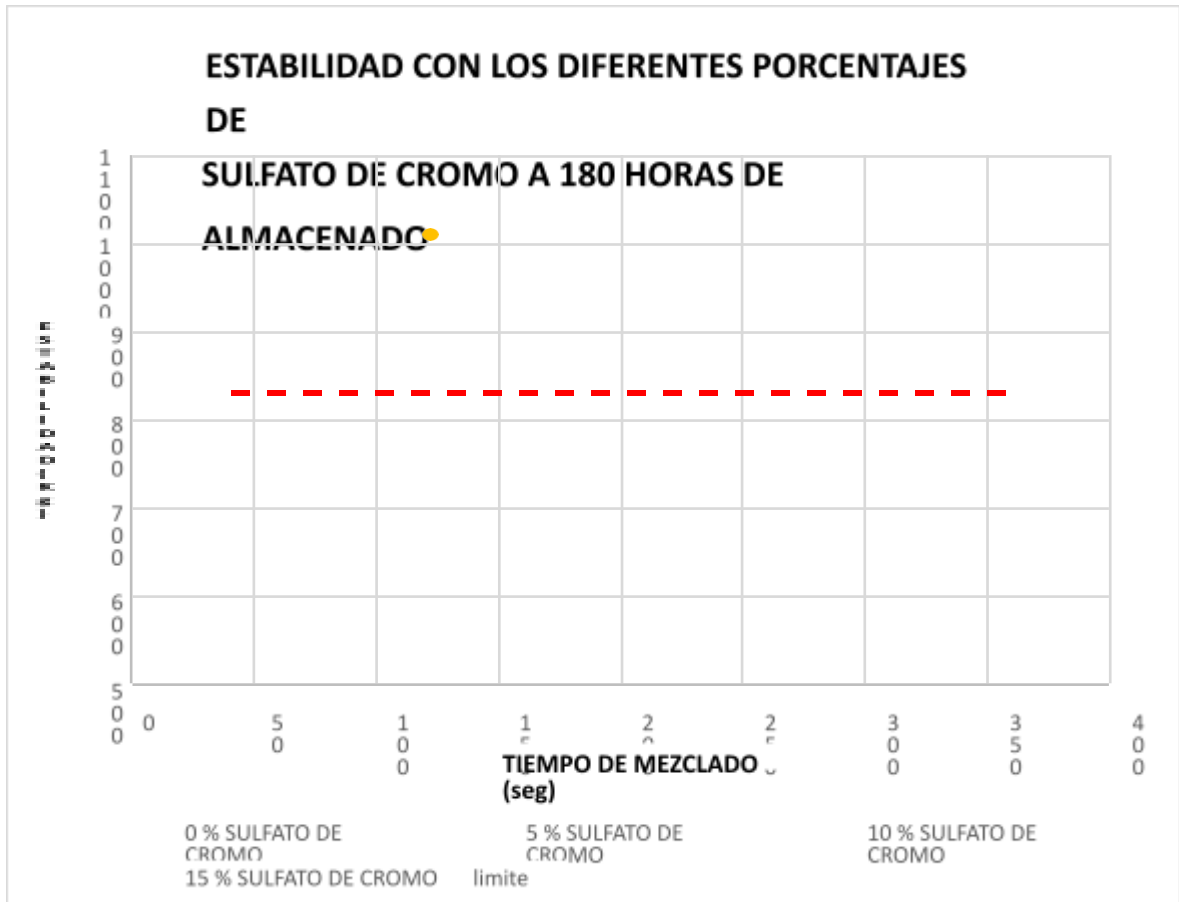


Figura 51: Estabilidad del cemento asfáltico 85-100 dosificado con sulfato de cromo y almacenado a ciento ochenta Horas

Fuente: Coldfix Consulting Laboratorio de suelos, concreto y pavimentos

#### 4.3.3.12 Flujo del Asfalto dosificado con sulfato de cromo Almacenado por una Hora

En la figura 52, se muestra el ensayo de la fluencia de las briquetas del ensayo Marshall se realizó para los tiempos de mezclado de 40, 50, 60, 80, 100, 120, 240 y 360 segundos, el cemento asfáltico PEN 85-100 dosificado con 5%, 10% y 15% con sulfato de cromo fue almacenado a una temperatura de 75°C por un periodo de tiempo de 1 hora, el ensayo del cemento asfáltico dosificado presenta mayor flujo cuando se le adiciona sulfato de cromo; asimismo, la fluencia tiende a bajar con el tiempo de mezclado, el tiempo





segundos de mezclado tiene el mayor valor con respecto a los otros tiempos

de mezclado con 922 kg. Dosificado a 15% y al 0% tiene 841 kg.  
de

120 segundos de mezclado tiene el mayor valor con respecto a los otros tiempos de mezclado con 2.75mm. Dosificado a 15% y al 0% tiene 2.54 mm.

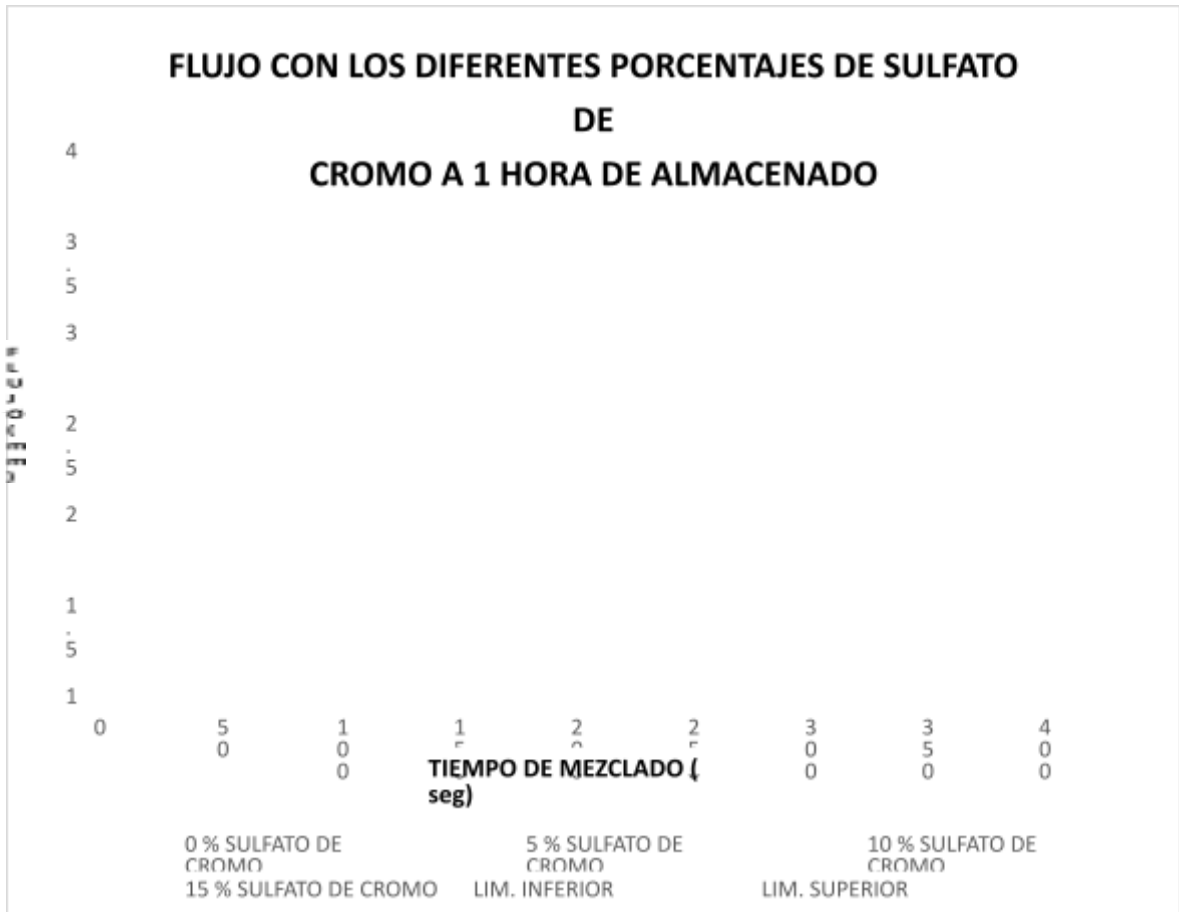


Figura 52: Flujo del cemento asfáltico 85-100 dosificado con sulfato de cromo y almacenado a una hora

Fuente: Coldfix Consulting Laboratorio de suelos, concreto y pavimentos

#### 4.3.3.13 Flujo del Asfalto dosificado con sulfato de cromo Almacenado

por Horas

En la figura 53, se muestra el ensayo de la fluencia de las briquetas del ensayo Marshall, se realizó para los tiempos de mezclado de 40, 50, 60, 80, 100, 120, 240 y 360 segundos, el cemento asfáltico PEN 85-100 dosificado con 5%, 10% y 15% con sulfato de cromo fue almacenado a una temperatura de 75°C por un periodo de tiempo de 3 horas, el ensayo del cemento asfáltico dosificado presenta mayor flujo cuando se le adiciona sulfato de cromo;



120 segundos de mezclado tiene el mayor valor con respecto a los otros tiempos de mezclado con 2.75mm. Dosificado a 15% y al 0% tiene 2.54 mm. asimismo, la fluencia tiende a bajar con el tiempo de mezclado , el tiempo de

120 segundos de mezclado tiene el mayor valor con respecto a los otros tiempos de mezclado con 3.16mm. Dosificado a 15% y al 0% tiene 2.9 mm.

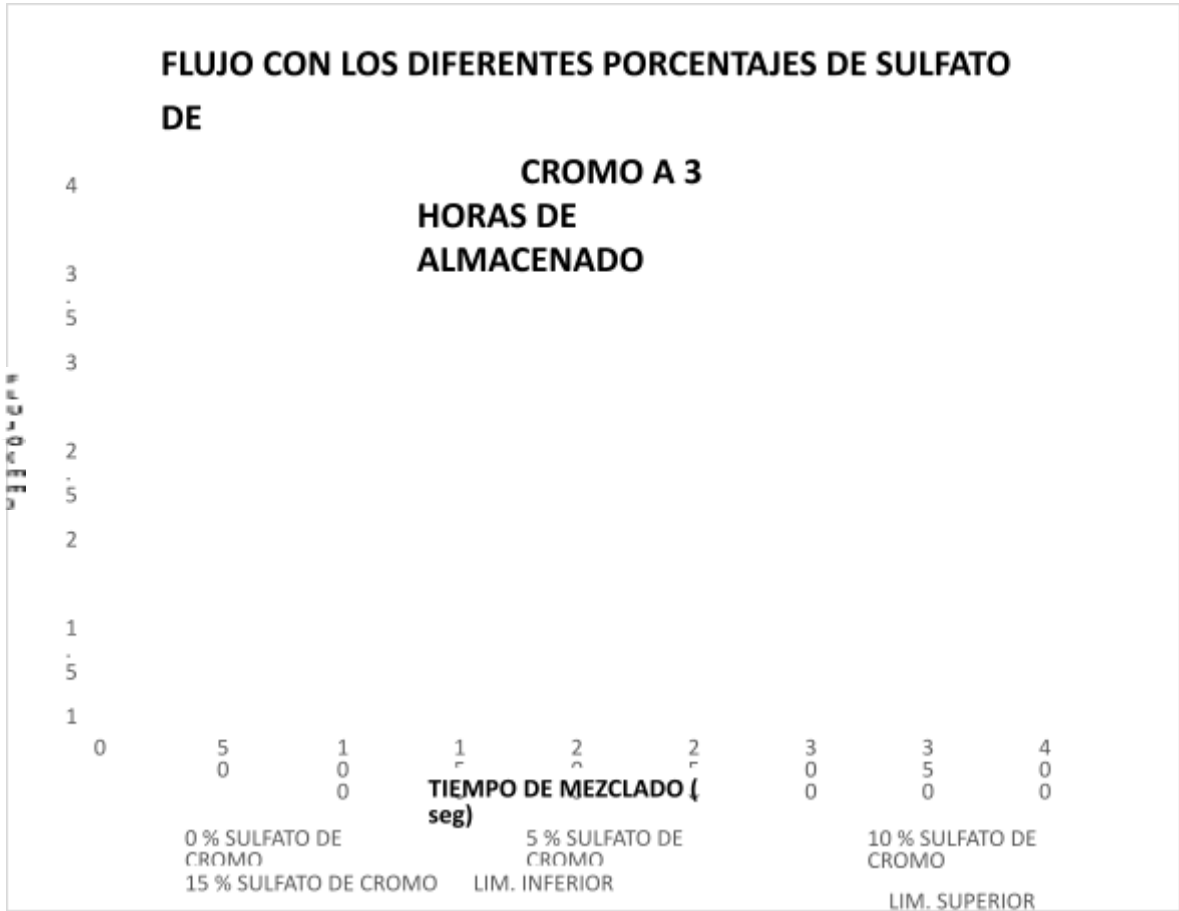


Figura 53: Flujo del cemento asfáltico 85-100 dosificado con sulfato de cromo y almacenado a tres horas

Fuente: Coldfix Consulting Laboratorio de suelos, concreto y pavimentos

#### 4.3.3.14 Flujo del Asfalto dosificado con sulfato de cromo Almacenado

##### por 5 Horas

En la figura 54, se muestra el ensayo de la fluencia de las briquetas del ensayo Marshall, se realizó para los tiempos de mezclado de 40, 50, 60, 80, 100, 120, 240 y 360 segundos, el cemento asfáltico PEN 85-100 dosificado con 5%, 10% y 15% con sulfato de cromo fue almacenado a una temperatura de 75°C por un periodo de tiempo de 5 horas, el ensayo del cemento asfáltico dosificado presenta mayor flujo cuando se le adiciona sulfato de cromo; asimismo, la fluencia tiende a bajar con el tiempo de mezclado, el tiempo



120 segundos de mezclado tiene el mayor valor con respecto a los otros tiempos de mezclado con 3.16mm. Dosificado a 15% y al 0% tiene 2.9 mm.  
de

120 segundos de mezclado tiene el mayor valor con respecto a los otros tiempos de mezclado con 2.38mm. Dosificado a 15% y al 0% tiene 2.21 mm.

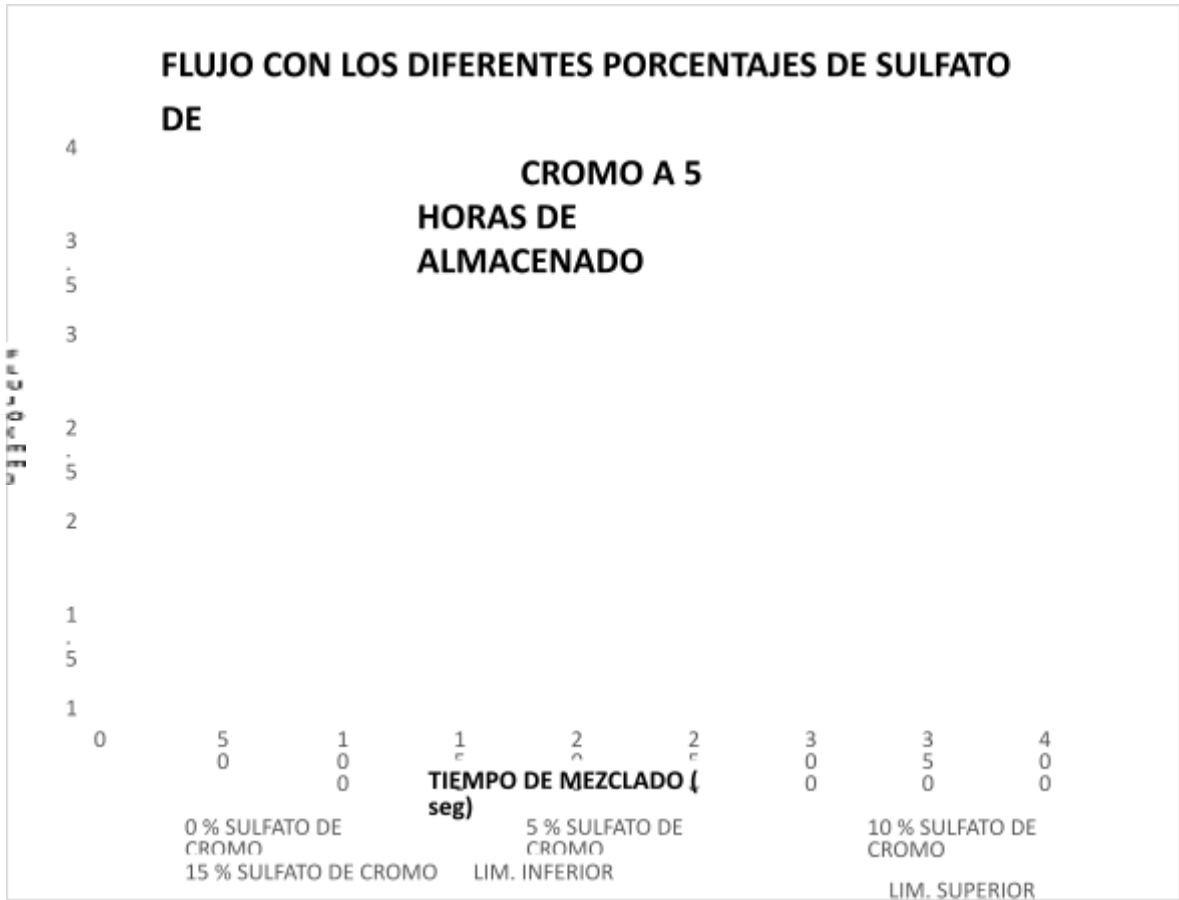


Figura 54: Flujo del cemento asfáltico 85-100 dosificado con sulfato de cromo y almacenado a cinco horas

Fuente: Coldfix Consulting Laboratorio de suelos, concreto y pavimentos

#### 4.3.3.15 Flujo del Asfalto dosificado con sulfato de cromo Almacenado por 10 Horas

En la figura 55, se muestra el ensayo de la fluencia de las briquetas del ensayo Marshall, se realizó para los tiempos de mezclado de 40, 50, 60, 80, 100, 120, 240 y 360 segundos, el cemento asfáltico PEN 85-100 dosificado con 5%, 10% y 15% con sulfato de cromo fue almacenado a una temperatura de 75°C por un periodo de tiempo de 10 horas, el ensayo del cemento asfáltico dosificado presenta mayor flujo cuando se le adiciona sulfato de cromo; asimismo, la fluencia tiende a bajar con el tiempo de mezclado, el tiempo



120 segundos de mezclado tiene el mayor valor con respecto a los otros tiempos de mezclado con 2.38mm. Dosificado a 15% y al 0% tiene 2.21 mm.  
de

120 segundos de mezclado tiene el mayor valor con respecto a los otros tiempos de mezclado con 2.16mm. Dosificado a 15% y al 0% tiene 1.93 mm.



Figura 55: Flujo del cemento asfáltico 85-100 dosificado con sulfato de cromo y almacenado a diez horas

Fuente: Coldfix Consulting Laboratorio de suelos, concreto y pavimentos

#### 4.3.3.16 Flujo del Asfalto dosificado con sulfato de cromo Almacenado por 30 Horas

En la figura 56, se muestra el ensayo de la fluencia de las briquetas del ensayo Marshall, se realizó para los tiempos de mezclado de 40, 50, 60, 80, 100, 120, 150, 180, 240 y 300 segundos, el cemento asfáltico PEN 85-100 dosificado con 5%, 10% y 15% con sulfato de cromo fue almacenado a una temperatura de 75°C por un periodo de tiempo de 30 horas, el ensayo del cemento asfáltico dosificado presenta mayor flujo cuando se le adiciona sulfato de cromo; asimismo, la fluencia tiende a bajar con el tiempo de mezclado, el tiempo





120 segundos de mezclado tiene el mayor valor con respecto a los otros tiempos de mezclado con 2.16mm. Dosificado a 15% y al 0% tiene 1.93 mm.  
de

120 segundos de mezclado tiene el mayor valor con respecto a los otros tiempos de mezclado con 1.88mm. Dosificado a 15% y al 0% tiene 1.78 mm.

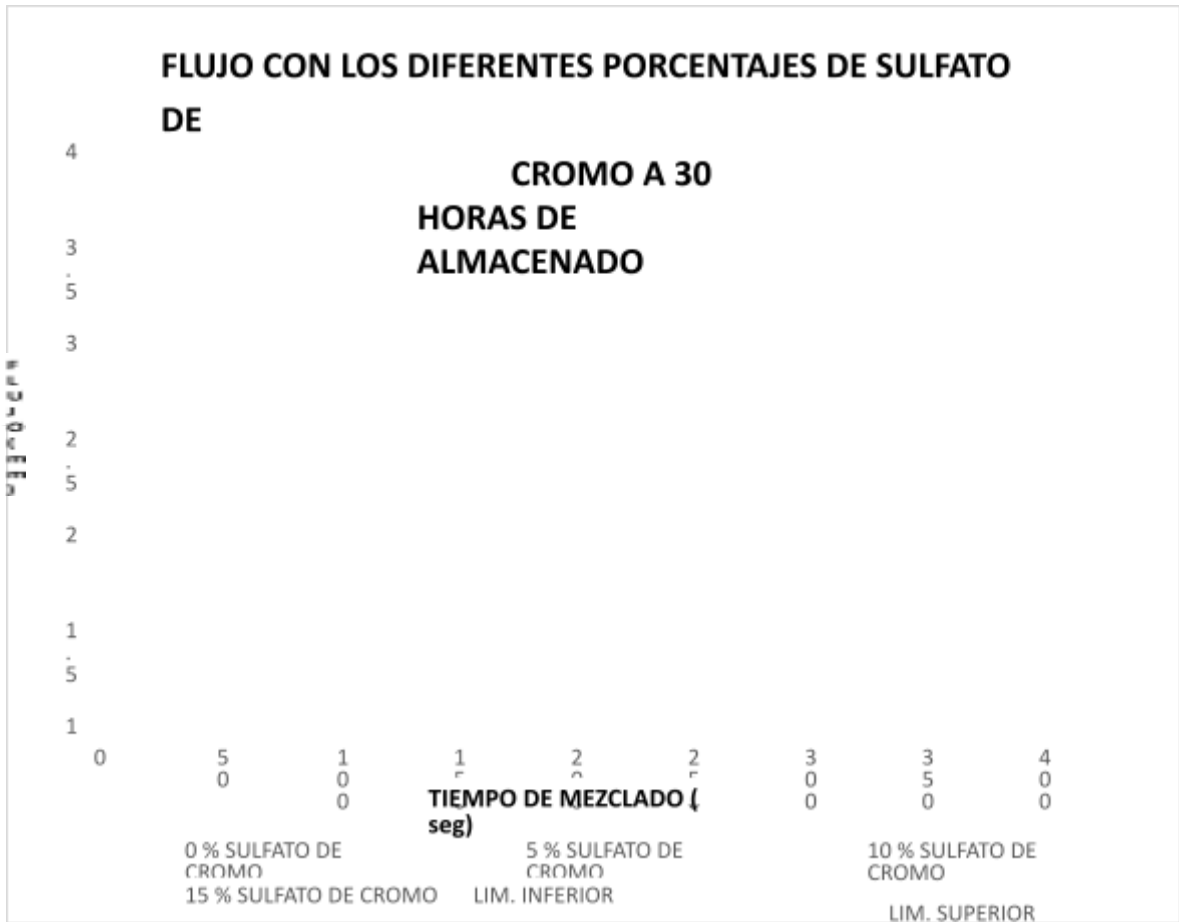


Figura 56: Flujo del cemento asfáltico 85-100 dosificado con sulfato de cromo y almacenado a treinta horas

Fuente: Coldfix Consulting Laboratorio de suelos, concreto y pavimentos

#### 4.3.3.17 Flujo del Asfalto dosificado con sulfato de cromo Almacenado por 50 Horas

En la figura 57, se muestra el ensayo de la fluencia de las briquetas del ensayo Marshall, se realizó para los tiempos de mezclado de 40, 50, 60, 80, 100, 120, 240 y 360 segundos, el cemento asfáltico PEN 85-100 dosificado con 5%, 10% y 5% con sulfato de cromo fue almacenado a una temperatura de 75°C por un periodo de tiempo de 50 horas, el ensayo del cemento asfáltico dosificado presenta mayor flujo cuando se le adiciona sulfato de cromo; asimismo, la fluencia tiende a bajar con el tiempo de mezclado, el tiempo



120 segundos de mezclado tiene el mayor valor con respecto a los otros tiempos de mezclado con 1.88mm. Dosificado a 15% y al 0% tiene 1.78 mm.  
de

120 segundos de mezclado tiene el mayor valor con respecto a los otros tiempos de mezclado con 2.82mm. Dosificado a 15% y al 0% tiene 1.47 mm.

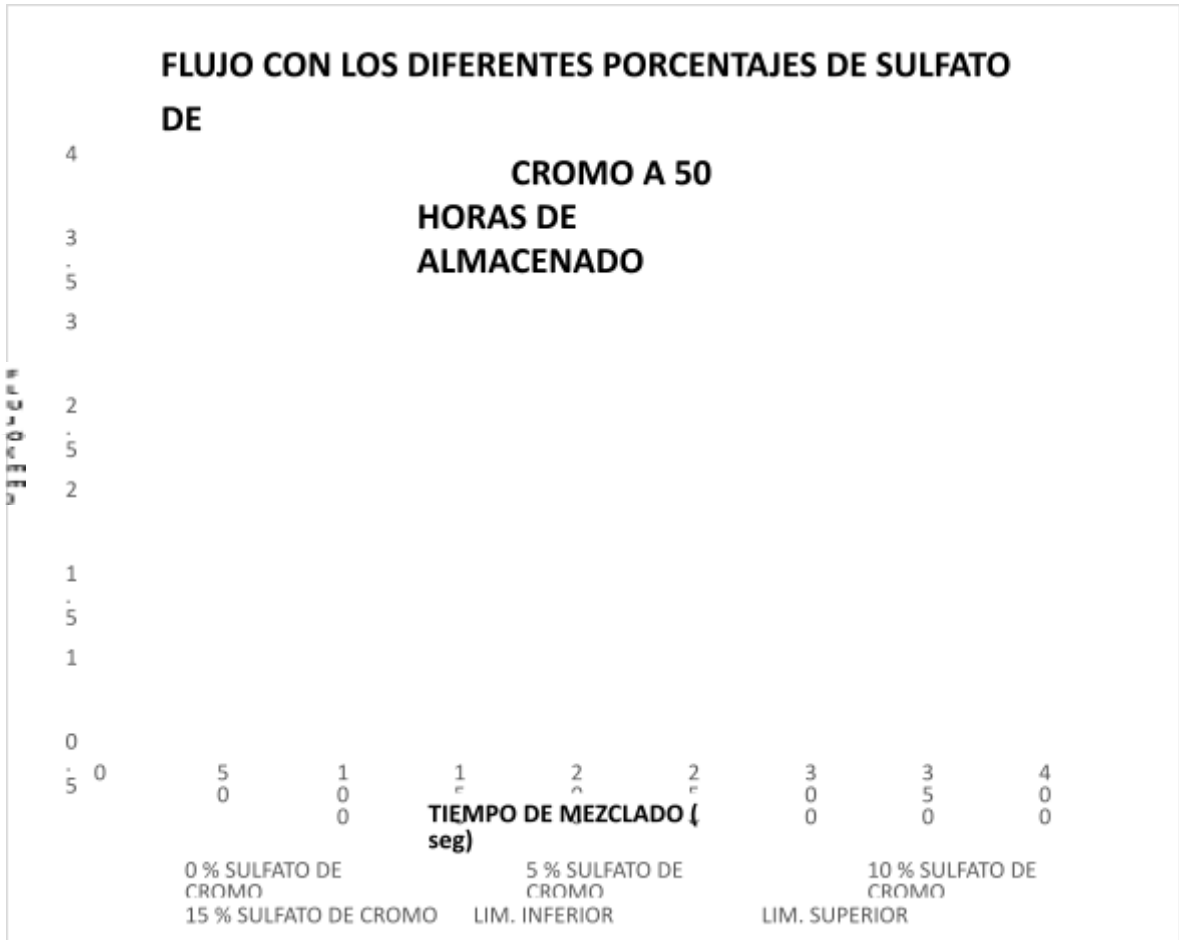


Figura 57: Flujo del cemento asfáltico 85-100 dosificado con sulfato de cromo y almacenado a cincuenta horas

Fuente: Coldfix Consulting Laboratorio de suelos, concreto y pavimentos

#### 4.3.3.18 Flujo del Asfalto dosificado con sulfato de cromo Almacenado por 100 Horas

En la figura 58, se muestra el ensayo de la fluencia de las briquetas del ensayo Marshall, se realizó para los tiempos de mezclado de 40, 50, 60, 80, 120, 240 y 300 segundos, el cemento asfáltico PEN 85-100 dosificado con 5%, 10% y 15% con sulfato de cromo fue almacenado a una temperatura de 75°C por un periodo de tiempo de 100 horas, el ensayo del cemento asfáltico dosificado presenta mayor flujo cuando se le adiciona sulfato de cromo; asimismo, la fluencia tiende a bajar con el tiempo de mezclado, el

120 segundos de mezclado tiene el mayor valor con respecto a los otros tiempos de mezclado con 2.82mm. Dosificado a 15% y al 0% tiene 1.47 mm.  
tiempo de

120 segundos de mezclado tiene el mayor valor con respecto a los otros tiempos de mezclado con 2.05mm. Dosificado a 15% y al 0% tiene 1.81mm.

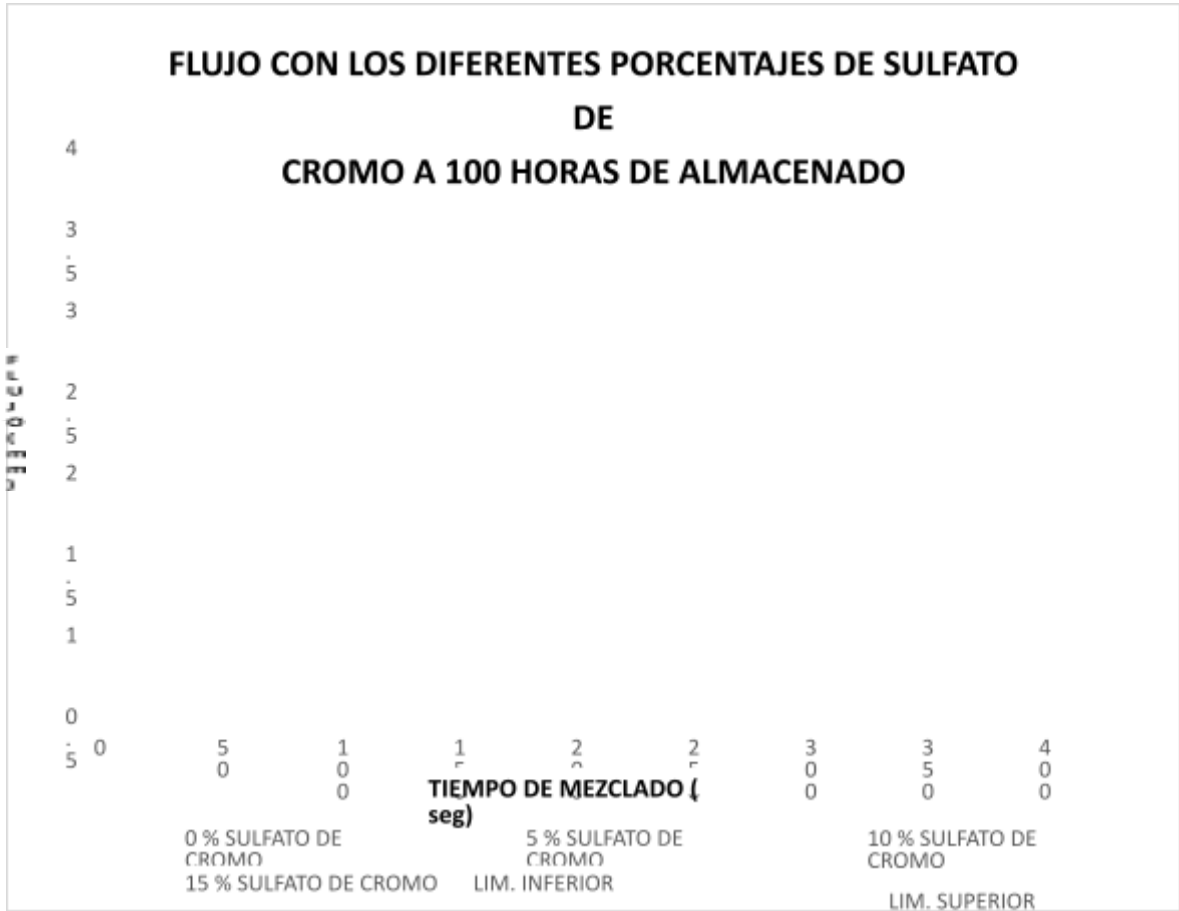


Figura 58: Flujo del cemento asfáltico 85-100 dosificado con sulfato de cromo y almacenado a cien horas

Fuente: Coldfix Consulting Laboratorio de suelos, concreto y pavimentos

#### 4.3.3.19 Flujo del Asfalto dosificado con sulfato de cromo Almacenado por 140 Horas

En la figura 59, se muestra el ensayo de la fluencia de las briquetas del ensayo Marshall, se realizó para los tiempos de mezclado de 40, 50, 60, 80, 100, 120, 240 y 360 segundos, el cemento asfáltico PEN 85-100 dosificado con 5%, 10% y 15% con sulfato de cromo fue almacenado a una temperatura de 75°C por un periodo de tiempo de 140 horas, el ensayo del cemento asfáltico dosificado presenta mayor flujo cuando se le adiciona sulfato de cromo; asimismo, la fluencia tiende a bajar con el tiempo de mezclado, el



120 segundos de mezclado tiene el mayor valor con respecto a los otros tiempos de mezclado con 2.05mm. Dosificado a 15% y al 0% tiene 1.81mm.  
tiempo de

120 segundos de mezclado tiene el mayor valor con respecto a los otros tiempos de mezclado con 1.85mm. Dosificado a 15% y al 0% tiene 1.58 mm.



Figura 59: Flujo del cemento asfáltico 85-100 dosificado con sulfato de cromo y almacenado a ciento cuarenta horas

Fuente: Coldfix Consulting Laboratorio de suelos, concreto y pavimentos

#### 4.3.3.20 Flujo del Asfalto dosificado con sulfato de cromo Almacenado por 180 Horas

En la figura 60, se muestra el ensayo de la fluencia de las briquetas del ensayo Marshall, se realizó para los tiempos de mezclado de 40, 50, 60, 80, 100, 120, 240 y 360 segundos, el cemento asfáltico PEN 85-100 dosificado con 5%, 10% y 15% con sulfato de cromo fue almacenado a una temperatura de 75°C por un periodo de tiempo de 180 horas, el ensayo del cemento asfáltico dosificado presenta mayor flujo cuando se le adiciona sulfato de cromo; asimismo, la fluencia tiende a bajar con el tiempo de mezclado, el





120 segundos de mezclado tiene el mayor valor con respecto a los otros tiempos de mezclado con 1.85mm. Dosificado a 15% y al 0% tiene 1.58 mm.  
tiempo de

120 segundos de mezclado tiene el mayor valor con respecto a los otros tiempos de mezclado con 1.49mm. Dosificado a 15% y al 0% tiene 1.09 mm.



Figura 60: Flujo del cemento asfáltico 85-100 dosificado con sulfato de cromo y almacenado a ciento ochenta horas

Fuente: Coldfix Consulting Laboratorio de suelos, concreto y pavimentos

#### 4.4 Resultados de la información

##### 4.4.1 Resumen de Viscosidad

De acuerdo a la figura 61, se muestra el comportamiento del sulfato de cromo ante la degradación del cemento asfáltico por los diferentes tiempos de mezclado, los ensayos realizados de viscosidad del cemento asfáltico PEN 85-100 con tiempos de almacenado desde 1 hora hasta 180 horas; de igual manera, se realizó el mezclado con tiempos que van desde 40 hasta los 60 segundos. El ensayo se realiza a una temperatura de 135°C; de igual manera, cumpliendo la normativa se tiene como límite superior 3 Pa.s; asimismo, se muestra la viscosidad del asfalto almacenado a 1 hora registrando que el valor disminuye cuando se le adiciona sulfato de cromo



120 segundos de mezclado tiene el mayor valor con respecto a los otros tiempos de mezclado con 1.49mm. Dosificado a 15% y al 0% tiene 1.09 mm.

almacenado,

también el tiempo de mezclado tiene un aumento de la viscosidad según aumenta el tiempo de mezcla de cemento asfáltico. Siendo 100 seg. Y a 1 hora de almacenado

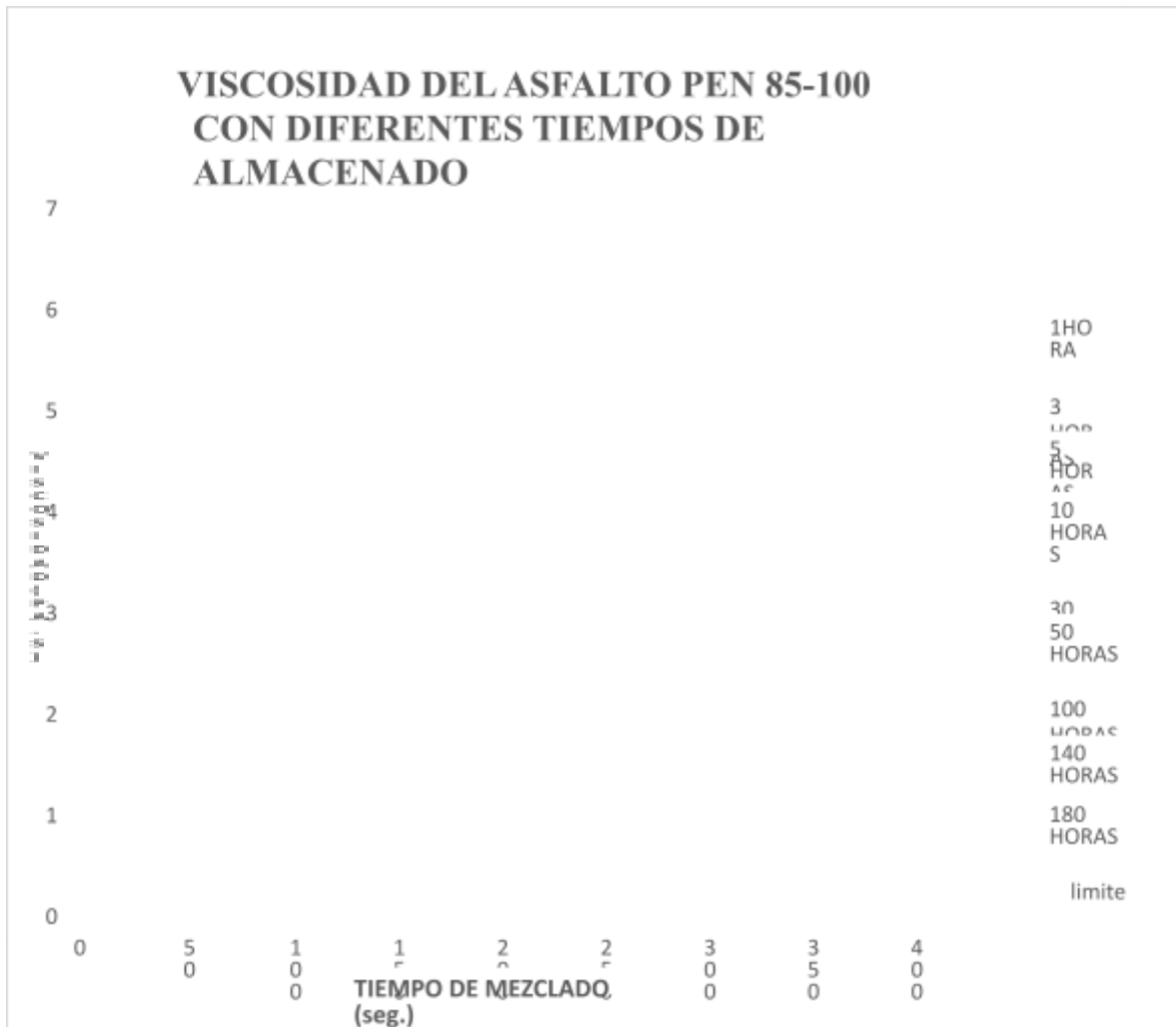


Figura 61: Resumen de la viscosidad por tiempo de almacenamiento y mezcla

Fuente: Coldfix Consulting Laboratorio de suelos, concreto y pavimentos

De acuerdo a la figura 62, se muestra el comportamiento del sulfato de cromo ante la degradación del cemento asfáltico por los diferentes tiempos de mezclado; además, los ensayos realizados de viscosidad del cemento asfáltico PEN 85-100 y con 5% de adición de sulfato de cromo, tiempos de almacenado desde 1 hora hasta 180 horas; de igual manera, se realizó el mezclado con tiempos que van desde 40 hasta los 360 segundos. El ensayo se realiza a una temperatura de 135°C; de igual manera, cumpliendo la normativa se tiene como límite superior 3 Pa.s; asimismo, se muestra la viscosidad del asfalto almacenado a 1 hora registrando el valor menor a los otros

ensayos de mayor tiempo de almacenado, también el tiempo de mezclado tiene un aumento de la viscosidad según aumenta el tiempo de mezcla de cemento asfáltico.

en

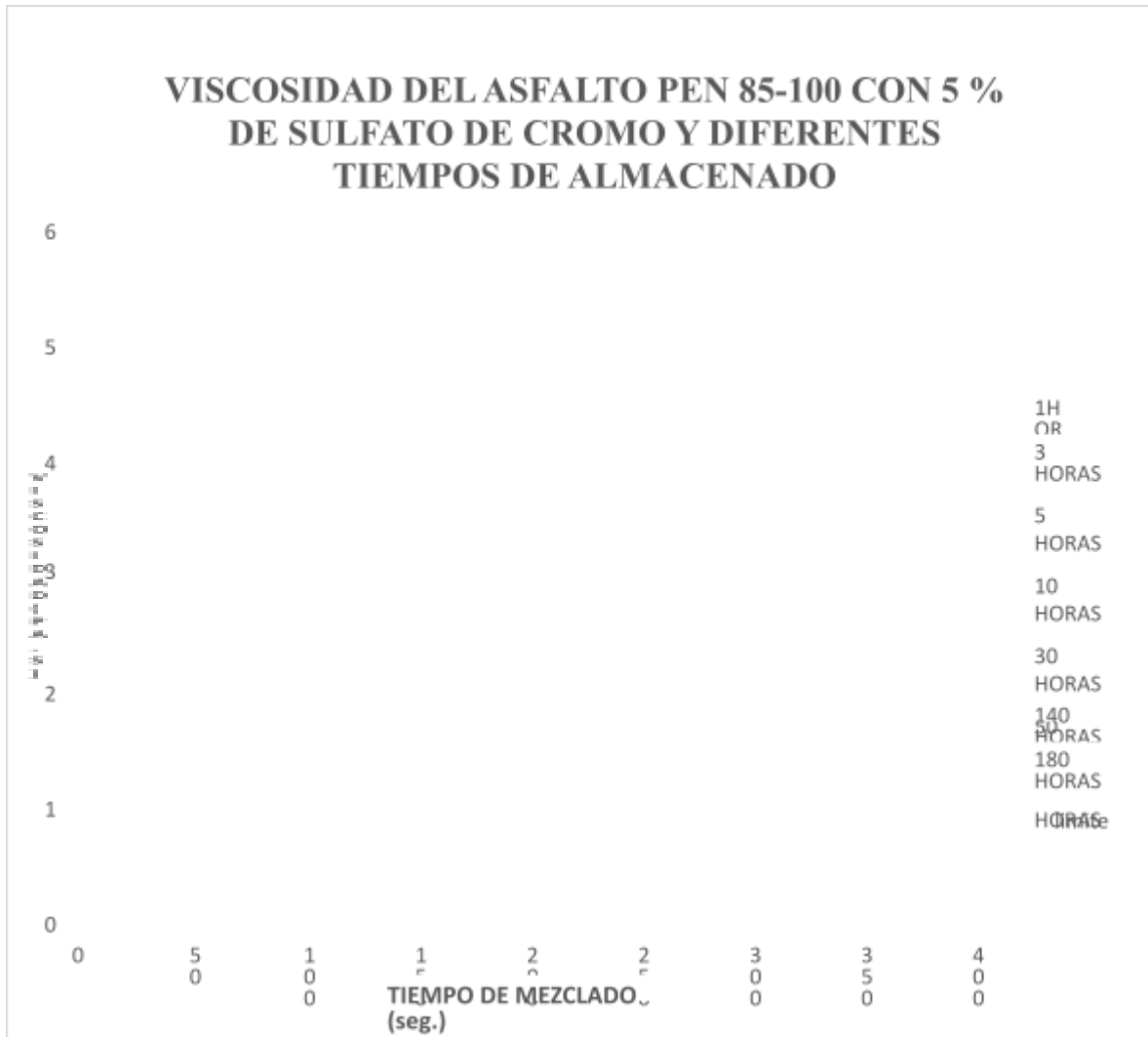


Figura 62: Resumen de la viscosidad por tiempo de almacenamiento y mezcla

Fuente: Coldfix Consulting Laboratorio de suelos, concreto y pavimentos

De acuerdo a la figura 63, se muestra el comportamiento del sulfato de cromo ante la degradación del cemento asfáltico por los diferentes tiempos de mezclado; además, los ensayos realizados de viscosidad del cemento asfáltico PEN 85-100 y con 10% de adición de sulfato de cromo y con tiempos de almacenado desde 1 hora hasta 180 horas; de igual manera, se realizó el mezclado con tiempos que van desde 40 hasta los 360 segundos. El ensayo se realiza a una temperatura de 135°C; de igual manera,

cumpliendo la normativa se tiene como limite superior 3 Pa.s; asimismo, se muestra la viscosidad del asfalto almacenado a 1 hora registrando el valor menor a los otros

un  
:O.  
un  
la



Figura 63: Resumen de la viscosidad por tiempo de almacenamiento y mezcla

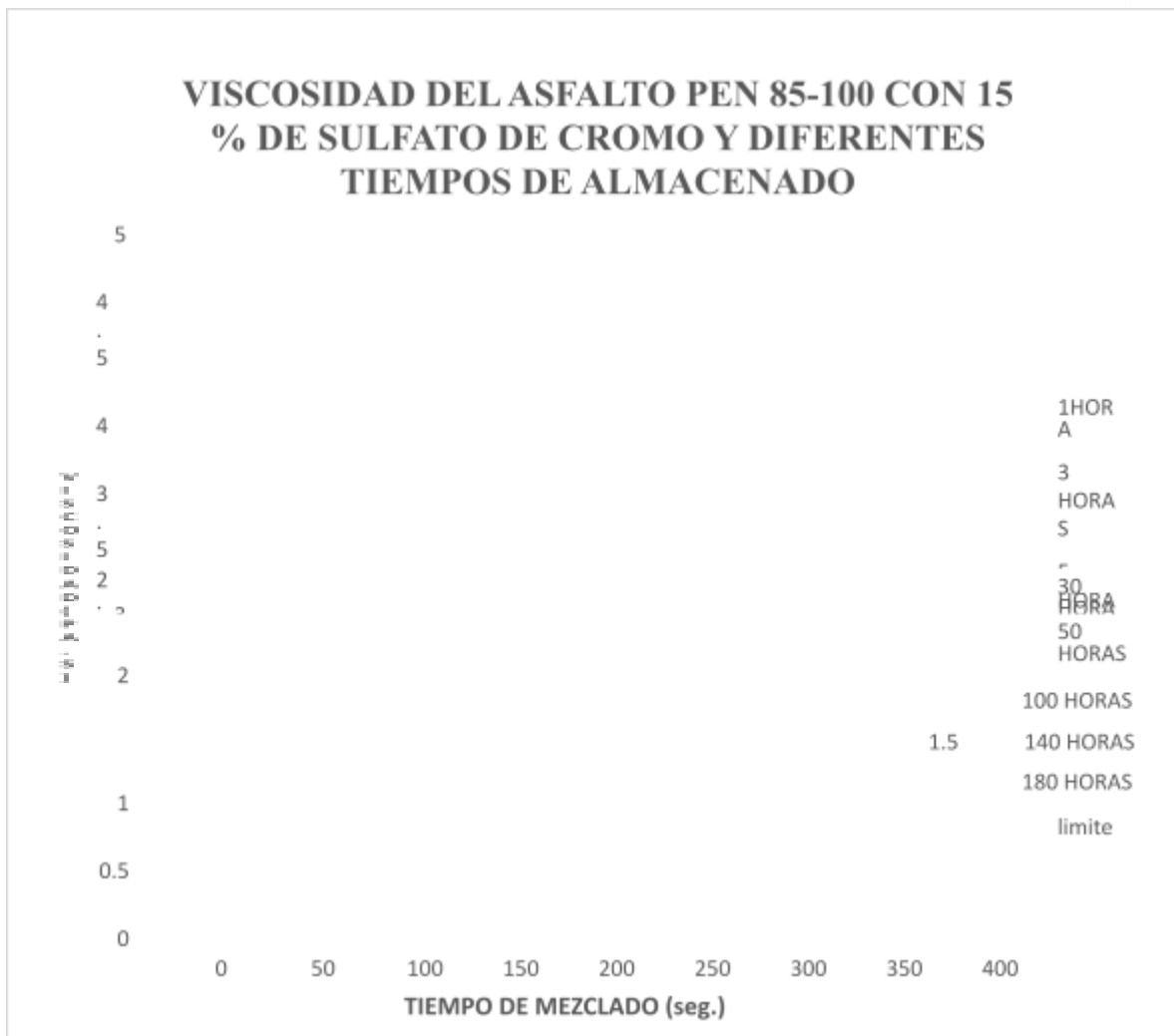
Fuente: Coldfix Consulting Laboratorio de suelos, concreto y pavimentos

De acuerdo a la figura 64, se muestra el comportamiento del sulfato de cromo ante la degradación del cemento asfáltico por los diferentes tiempos de mezclado; además, los ensayos realizados de viscosidad del cemento asfáltico PEN 85-100 y con 15% de

cumpliendo la normativa se tiene como limite superior 3 Pa.s; asimismo, se muestra la viscosidad del asfalto almacenado a 1 hora registrando el valor menor a los otros adición de sulfato de cromo y con tiempos de almacenado desde 1 hora hasta 180

horas; de igual manera, se realizó el mezclado con tiempos que van desde 40 hasta los 360 segundos. El ensayo se realiza a una temperatura de 135°C; de igual manera,

tra  
OS  
un  
:O.  
un



*Figura 64: Resumen de la viscosidad por tiempo de almacenamiento y mezcla*

*Fuente: Coldfix Consulting Laboratorio de suelos, concreto y pavimentos*

#### **4.4.2 Resumen de Ductilidad**

En la figura 65, se muestra el comportamiento del sulfato de cromo ante la degradación del cemento asfáltico por los diferentes tiempos de mezclado; además,



horas; de igual manera, se realizó el mezclado con tiempos que van desde 40 hasta los 360 segundos. El ensayo se realiza a una temperatura de 135°C; de igual manera, el ensayo de

ductilidad del cemento asfáltico PEN 85-100 y con tiempos de almacenado desde 1 hora hasta 180 horas; de igual manera, se realizó el mezclado con tiempos que van desde 40 hasta los 360 segundos. El ensayo se realiza a una temperatura de 75°C; asimismo, se muestra la ductilidad del asfalto almacenado a 1 hora registrando el valor mayor con respecto a los otros ensayos realizados por tiempo de almacenado, también el tiempo de mezclado tiene una tendencia negativa de la ductilidad según aumenta el tiempo de mezcla de cemento asfáltico. Siendo 114 cm. La ductilidad almacenada a una hora y mezclado en 40seg. Por otro lado, se tiene 31 cm. Siendo la ductilidad almacenada a 180 horas y mezclado a 360 seg. donde el asfalto es trabajable y conservando su ductilidad.

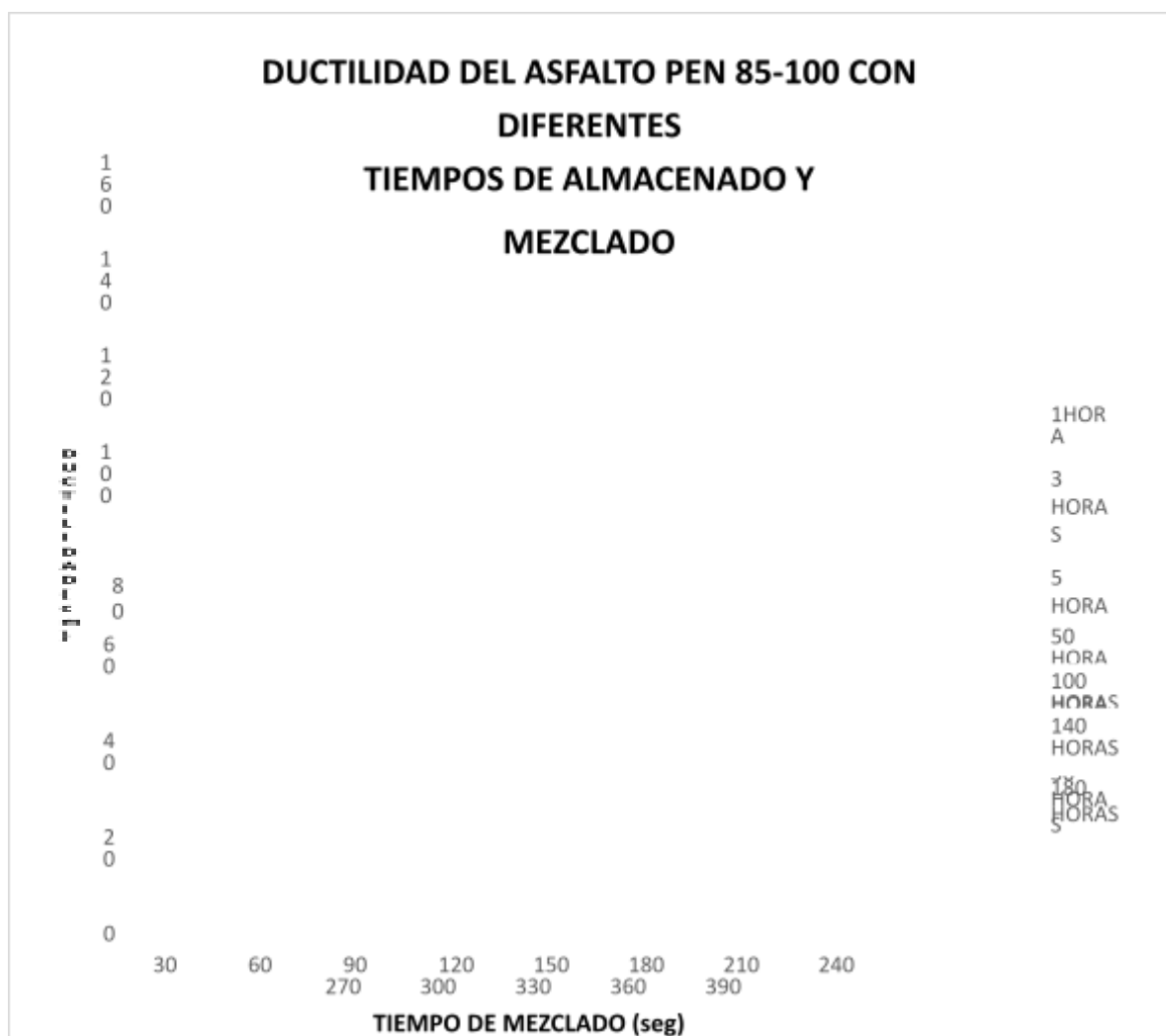


Figura 65: Resumen del ensayo de ductilidad por almacenamiento y mezcla del asfalto

Fuente: Coldfix Consulting Laboratorio de suelos, concreto y pavimentos

En la figura 66, se muestra el comportamiento del sulfato de cromo ante la degradación del cemento asfáltico por los diferentes tiempos de mezclado; además, el ensayo de ductilidad del cemento asfáltico PEN 85-100 con adición de 5% de sulfato de cromo y con tiempos de almacenado desde 1 hora hasta 180 horas; de igual manera, se realizó el mezclado con tiempos que van desde 40 hasta los 360 segundos. El ensayo se realiza a una temperatura de 75°C; asimismo, se muestra la ductilidad del asfalto almacenado a 1 hora registrando el valor mayor con respecto a los otros ensayos realizados por tiempo de almacenado, también el tiempo de mezclado tiene una tendencia negativa de la ductilidad según aumenta el tiempo de mezcla de cemento asfáltico dosificado. Siendo 124 cm. La ductilidad almacenada a una hora y mezclado en 40seg. Por otro lado, se tiene 23cm. Siendo la ductilidad almacenada a 180 horas y mezclado a 360 seg. donde el asfalto es trabajable y

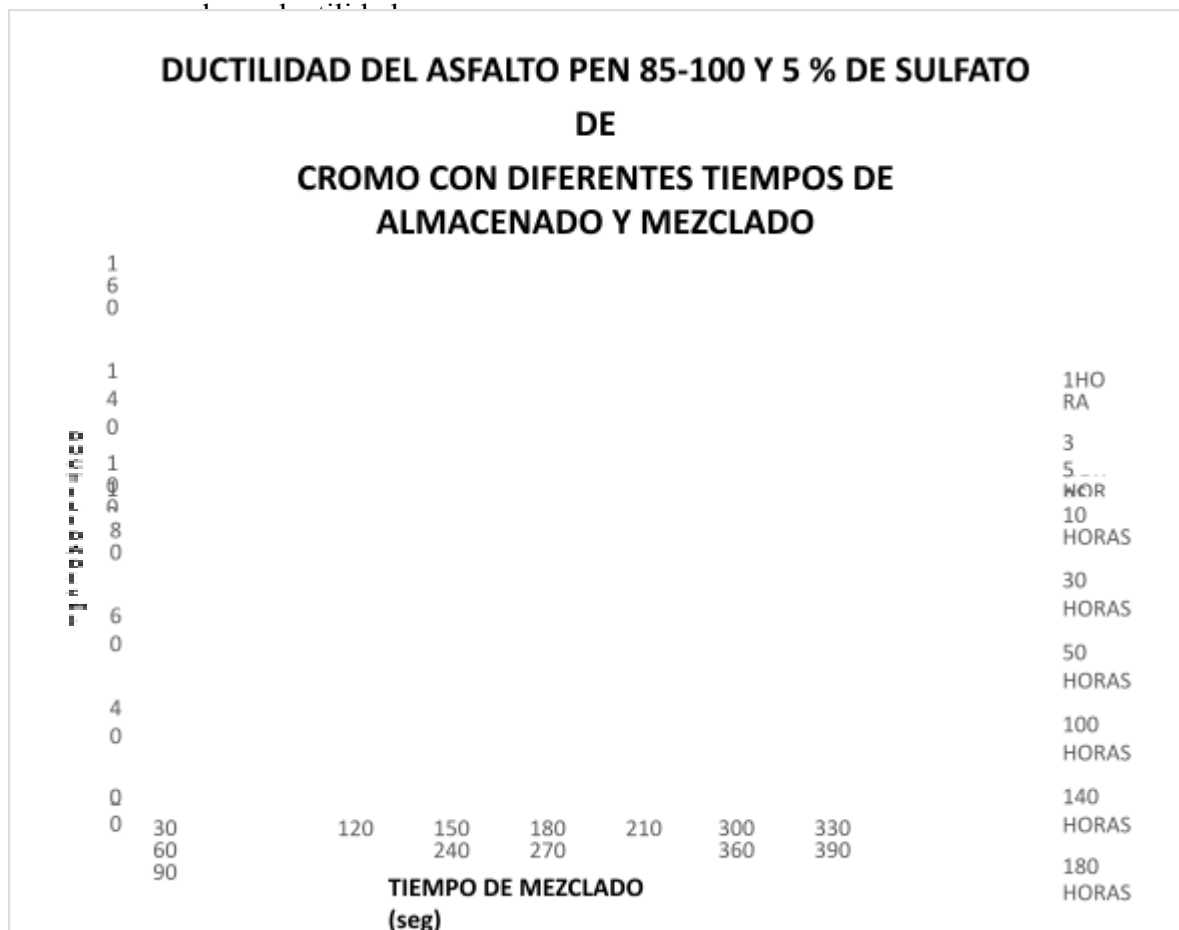


Figura 66: Resumen del ensayo de ductilidad por almacenamiento y mezcla del asfalto con adición del 5% de sulfato de cromo

Fuente: Coldfix Consulting Laboratorio de suelos, concreto y pavimentos

En la figura 67, se muestra el comportamiento del sulfato de cromo ante la degradación del cemento asfáltico por los diferentes tiempos de mezclado; además, el ensayo de ductilidad del cemento asfáltico PEN 85-100 con adición de 10% de sulfato de cromo y con tiempos de almacenado desde 1 hora hasta 180 horas; de igual manera, se realizó el mezclado con tiempos que van desde 40 hasta los 360 segundos. El ensayo se realiza a una temperatura de 75°C; asimismo, se muestra la ductilidad del asfalto almacenado a 1 hora registrando el valor mayor con respecto a los otros ensayos realizados por tiempo de almacenado, también el tiempo de mezclado tiene una tendencia negativa de la ductilidad según aumenta el tiempo de mezcla de cemento asfáltico dosificado. Siendo 112 cm. La ductilidad almacenada a una hora y mezclado en 40seg. Por otro lado, se tiene 13cm. Siendo la ductilidad almacenada a 180 horas y mezclado a 360 seg. donde el asfalto es trabajable y

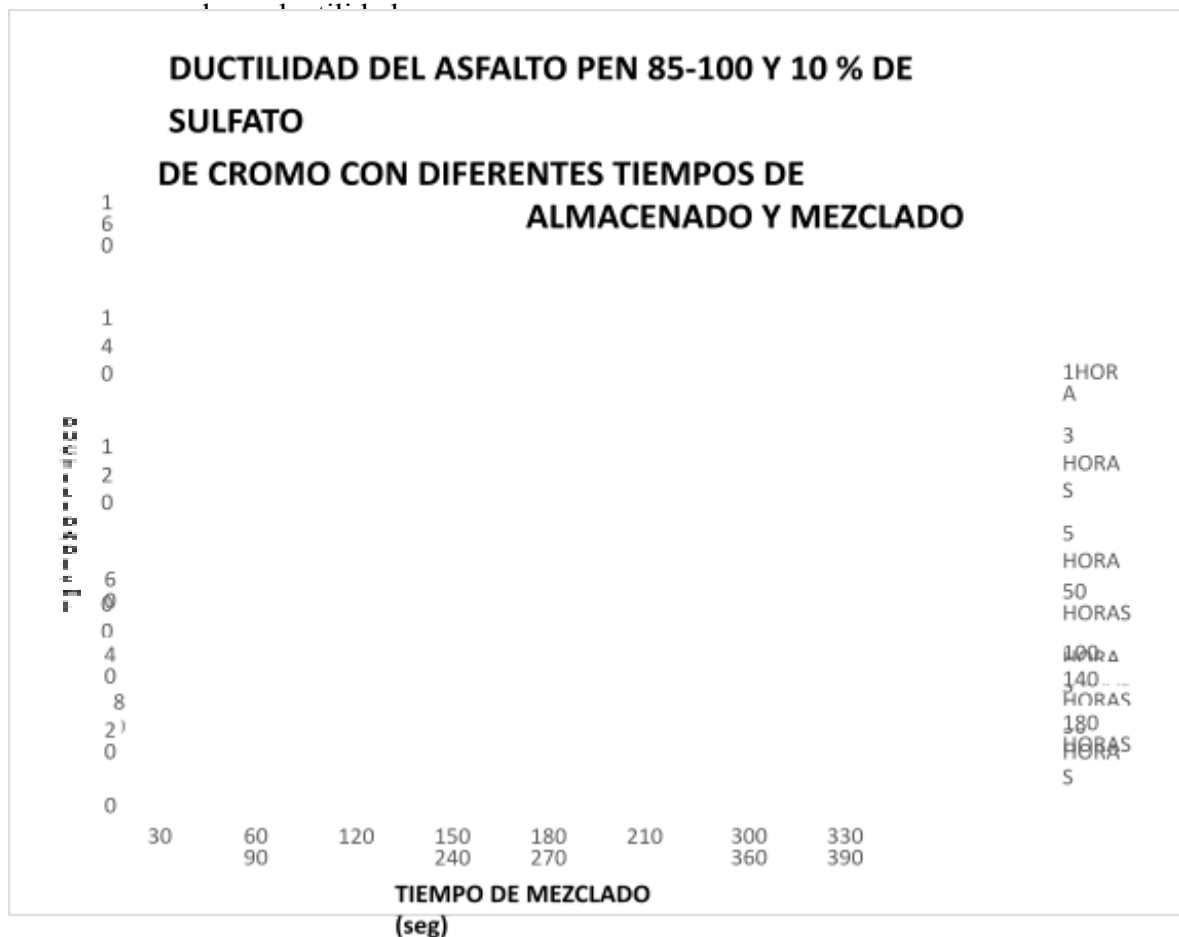


Figura 67: Resumen del ensayo de ductilidad por almacenamiento y mezcla del asfalto con adición del 10% de sulfato de cromo

Fuente: Coldfix Consulting Laboratorio de suelos, concreto y pavimentos

En la figura 68, se muestra el comportamiento del sulfato de cromo ante la degradación del cemento asfáltico por los diferentes tiempos de mezclado; además, el ensayo de ductilidad del cemento asfáltico PEN 85-100 con adición de 15% de sulfato de cromo y con tiempos de almacenado desde 1 hora hasta 180 horas; de igual manera, se realizó el mezclado con tiempos que van desde 40 hasta los 360 segundos. El ensayo se realiza a una temperatura de 75°C; asimismo, se muestra la ductilidad del asfalto almacenado a 1 hora registrando el valor mayor con respecto a los otros ensayos realizados por tiempo de almacenado, también el tiempo de mezclado tiene una tendencia negativa de la ductilidad según aumenta el tiempo de mezcla de cemento asfáltico dosificado. Siendo 116 cm. La ductilidad almacenada a una hora y mezclado en 40seg. Por otro lado, se tiene 6cm. Siendo la ductilidad almacenada a 180 horas y mezclado a 360 seg. donde el asfalto es trabajable y

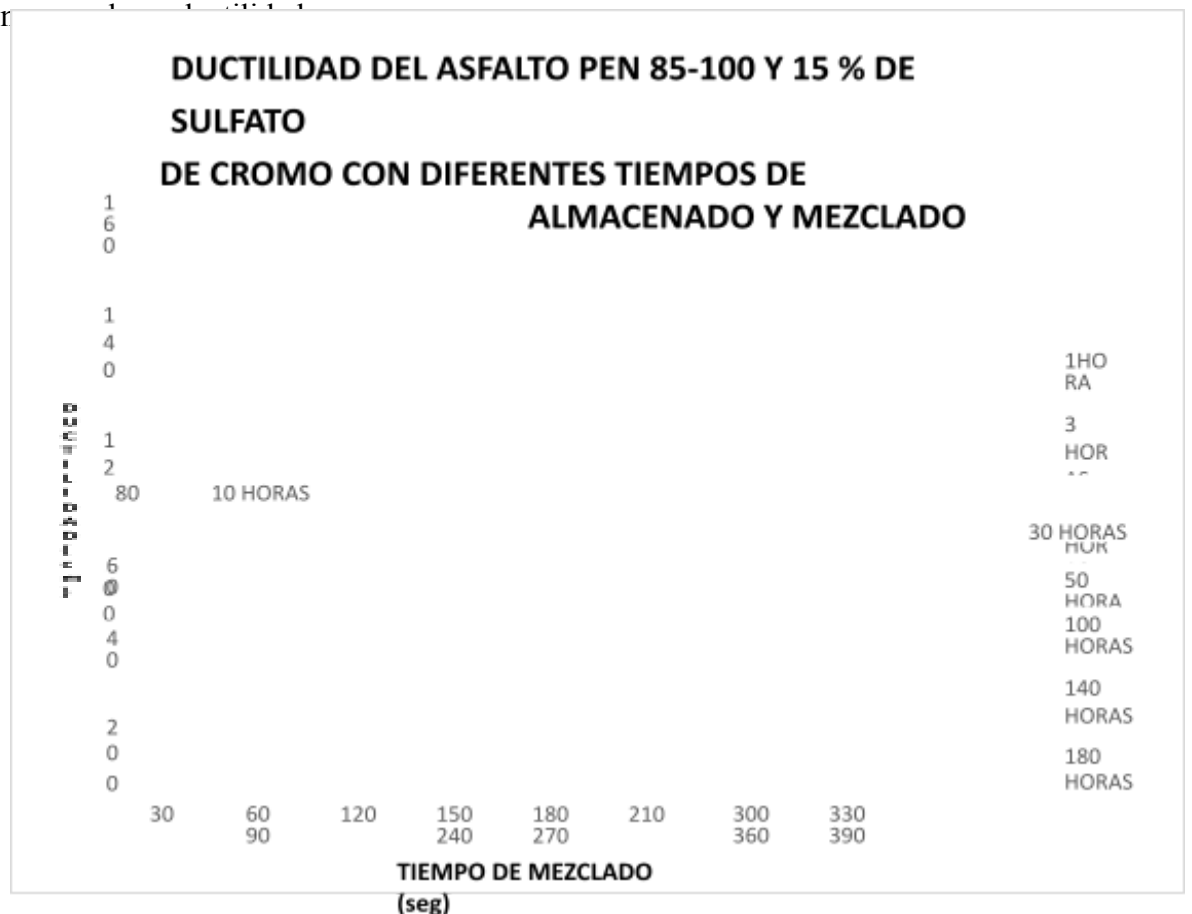


Figura 68: Resumen del ensayo de ductilidad por almacenamiento y mezcla del asfalto con adición del 15% de sulfato de cromo

Fuente: Coldfix Consulting Laboratorio de suelos, concreto y pavimentos

#### 4.4.3 Resumen del ensayo Marshall propiedades mecánicas

En la figura 69, se muestra el comportamiento del sulfato de cromo ante la degradación del cemento asfáltico por los diferentes tiempos de mezclado; además, se puede observar los resultados de la estabilidad almacenado en tiempos de 1, 3, 5, 10, 30, 50, 100, 140 y 180 horas con temperatura de 80°C; asimismo, estas mismas muestras almacenadas han sido mezcladas con diferentes tiempos de 40, 50, 60, 80, 100, 120, 240 y 360 segundos para obtener una comparación de los ensayos, donde se puede observar que, cuanto más tiempo está almacenado el asfalto, este baja la estabilidad, como en el de 1 hora se muestra 1094 kg. De estabilidad mezclado a un tiempo de 40seg. Y por otro lado se tiene 680 kg. De estabilidad a un tiempo de almacenado de 180 horas y mezclado en 40 seg. También se muestra la tendencia que tiene los tiempos de mezclado iniciando con tendencia positiva y finalizando con una tendencia negativa.



Figura 69: Resumen del ensayo de estabilidad por almacenamiento y mezcla del asfalto

PEN 85-100

En la figura 70, se muestra el comportamiento del sulfato de cromo ante la degradación del cemento asfáltico por los diferentes tiempos de mezclado; además, se puede observar los resultados de la estabilidad almacenado en tiempos de 1, 3, 5, 10, 30, 50, 100, 140 y 180 horas con temperatura de 80°C; asimismo, estas mismas muestras almacenadas han sido mezcladas con diferentes tiempos de 40, 50, 60, 80, 100, 120, 140 y 160 segundos para obtener una comparación de los ensayos, donde se puede observar que, cuanto más tiempo está almacenado el asfalto con adición de 5% de sulfato de cromo, este baja la estabilidad como en el de 1 hora se muestra 1168 kg. De estabilidad mezclado a un tiempo de 40seg. por otro lado se tiene 691 kg. De estabilidad a un tiempo de almacenado de 180 horas y mezclado en 40 seg. También se muestra la tendencia que tiene los tiempos de mezclado iniciando con tendencia positiva y finalizando con una tendencia negativa.

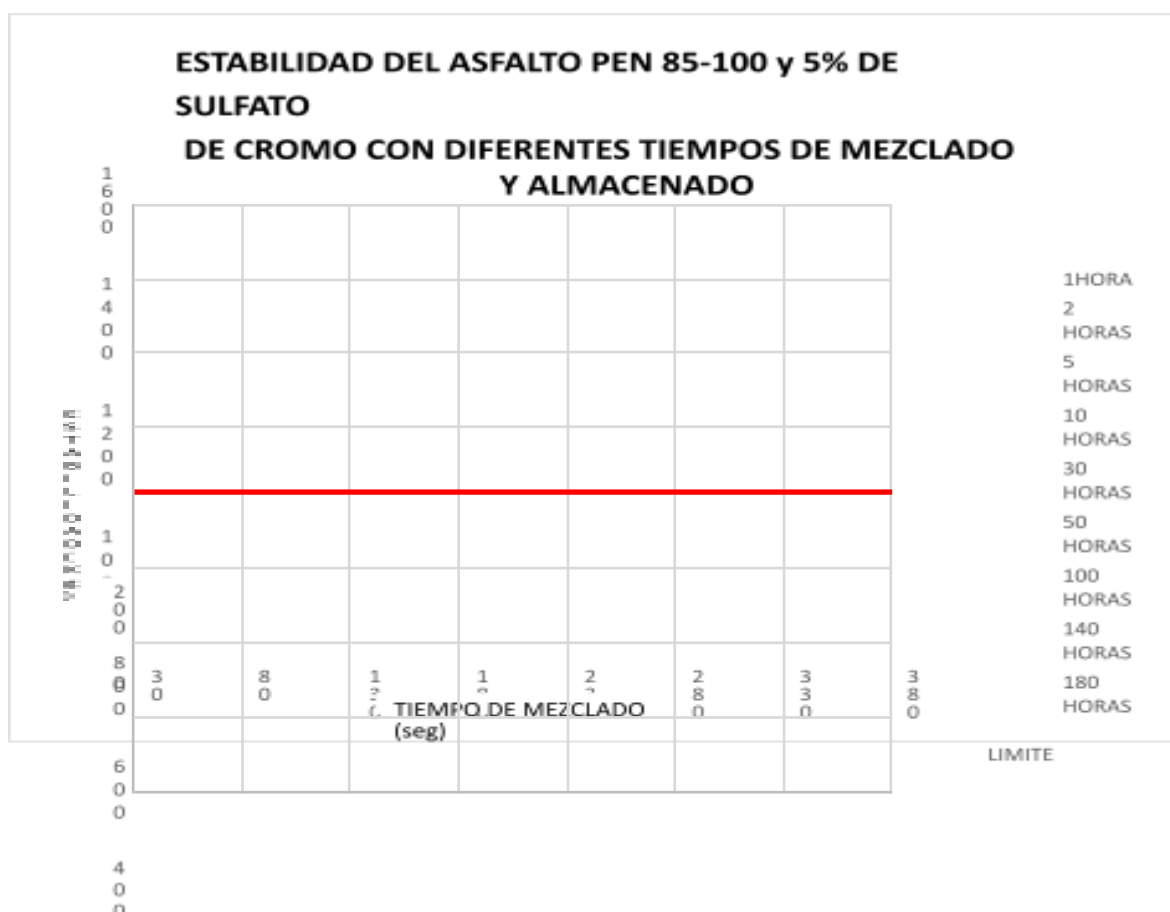


Figura 70: Estabilidad (kg) por tiempo de almacenado y tiempo de mezcla del asfalto PEN 85-100 con adición del 5% de sulfato de cromo

En la figura PAGE 71, se muestra el comportamiento del sulfato de cromo ante la degradación del cemento asfáltico por los diferentes tiempos de mezclado; además, se puede observar los resultados de la estabilidad almacenado en tiempos de 1, 3, 5, 10, 30, 50, 100, 140 y 180 horas con temperatura de 80°C; asimismo, estas mismas muestras almacenadas han sido mezcladas con diferentes tiempos de 40, 50, 60, 80, 100, 120, 240 y 360 segundos para obtener una comparación de los ensayos, donde se puede observar que, cuanto más tiempo está almacenado el asfalto con adición de 10% de sulfato de cromo, este baja la estabilidad como en el de 1 hora se muestra 1125 kg. De estabilidad mezclado a un tiempo de 40seg. Y por otro lado se tiene 724 kg. De estabilidad a un tiempo de almacenado de 180 horas y mezclado en 40 seg. También se muestra la tendencia que tiene los tiempos de mezclado iniciando con tendencia positiva y finalizando con una tendencia negativa.

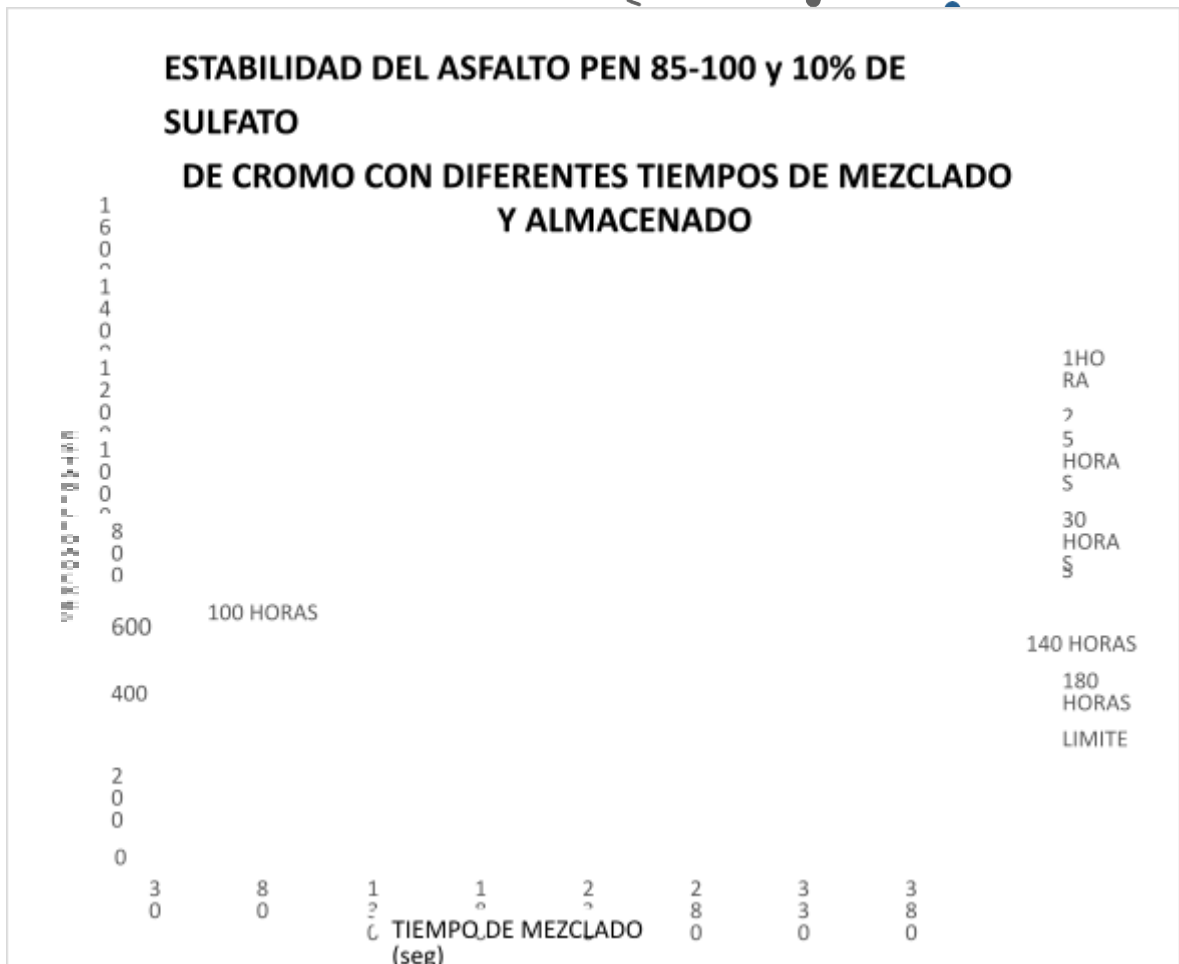


Figura 71: Estabilidad (kg) por tiempo de almacenado y tiempo de mezcla del asfalto PEN 85-100 asfalto PEN 85-100 con adición del 10% de sulfato de cromo



En la figura PAGE 72, se muestra el comportamiento del sulfato de cromo ante la degradación del cemento asfáltico por los diferentes tiempos de mezclado; además, se puede mostrar los resultados de la estabilidad almacenado en tiempos de 1, 3, 5, 10, 30, 50, 100, 140 y 180 horas con temperatura de 80°C; asimismo, estas mismas muestras almacenadas han sido mezcladas con diferentes tiempos de 40, 50, 60, 80, 100, 120, 240 y 360 segundos para obtener una comparación de los ensayos, donde se puede observar que, cuanto más tiempo está almacenado el asfalto con adición de 15% de sulfato de cromo, este baja la estabilidad como en el de 1 hora se muestra 1198 kg. De estabilidad mezclado a un tiempo de 40seg. Y por otro lado se tiene 728 kg. De estabilidad a un tiempo de almacenamiento de 180 horas y mezclado en 40 seg. También se mostrará la tendencia que tiene los tiempos de mezclado iniciando con tendencia positiva y finalizando con una tendencia negativa.

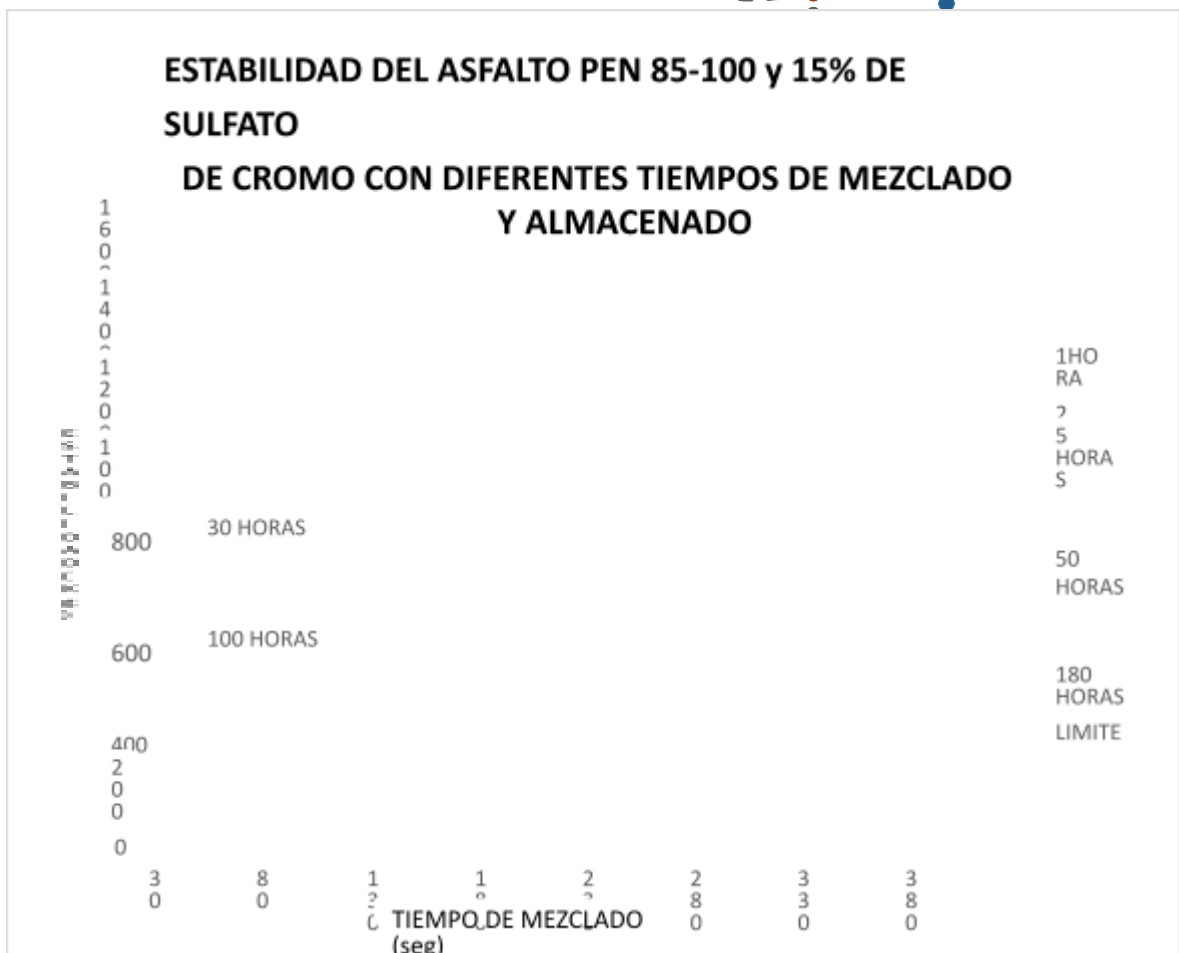


Figura 72: Estabilidad (kg) por tiempo de almacenado y tiempo de mezcla del asfalto PEN 85-100 asfalto PEN 85-100 con adición del 15% de sulfato de cromo

En la figura PAGE 73, se muestra el comportamiento del sulfato de cromo ante la degradación del cemento asfáltico por los diferentes tiempos de mezclado; además, se puede observar los resultados de la estabilidad almacenado en tiempos de 1, 3, 5, 10, 30, 50, 100, 140 y 180 horas con temperatura de 80°C; asimismo, estas mismas muestras almacenadas han sido mezcladas con diferentes tiempos de 40, 50, 60, 80, 100, 120,

240 y 360 segundos para obtener una comparación de los ensayos, donde se puede observar que, cuanto más tiempo está almacenado el cemento asfáltico, este baja el flujo como se puede ver en el ensayo de 1 hora de almacenado se muestra 3.12mm. mezclado a un tiempo de 40seg. Y por otro lado se tiene 2.79mm. de flujo a un tiempo de almacenado de 180 horas y mezclado en 40 seg. También se muestra la tendencia que tiene los tiempos de mezclado con tendencia negativa.

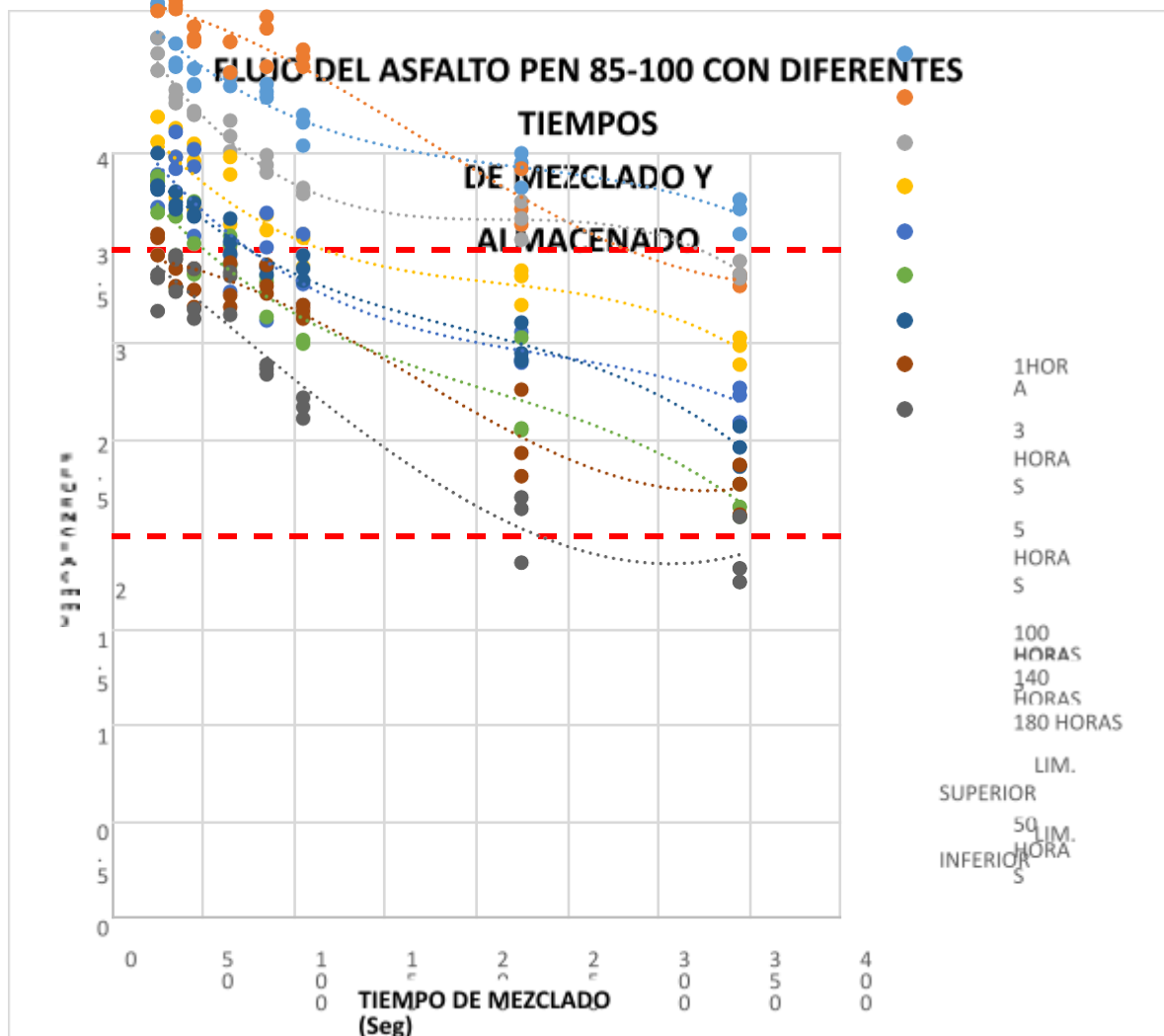


Figura 73: Flujo (mm) por almacenado y mezclado en diferentes tiempos del PEN 85-100

En la figura PAGE 74, se muestra el comportamiento del sulfato de cromo ante la degradación del cemento asfáltico por los diferentes tiempos de mezclado; además, se puede observar los resultados de la estabilidad almacenado en tiempos de 1, 3, 5, 10, 30, 50, 100, 140 y 180 horas con temperatura de 80°C; asimismo, estas mismas muestras almacenadas han sido mezcladas con diferentes tiempos de 40, 50, 60, 80, 100, 120,

240 y 360 segundos para obtener una comparación de los ensayos, donde se puede observar que, cuanto más tiempo está almacenado el cemento asfáltico dosificado con 5% de sulfato de cromo, este baja el flujo como se puede ver en el ensayo de 1 hora de almacenado se muestra 3.25mm. mezclado a un tiempo de 40seg. Y por otro lado se tiene 1.80mm. de flujo a un tiempo de almacenado de 180 horas y mezclado en 40 seg. También se muestra la tendencia que tiene los tiempos de mezclado con tendencia negativa.

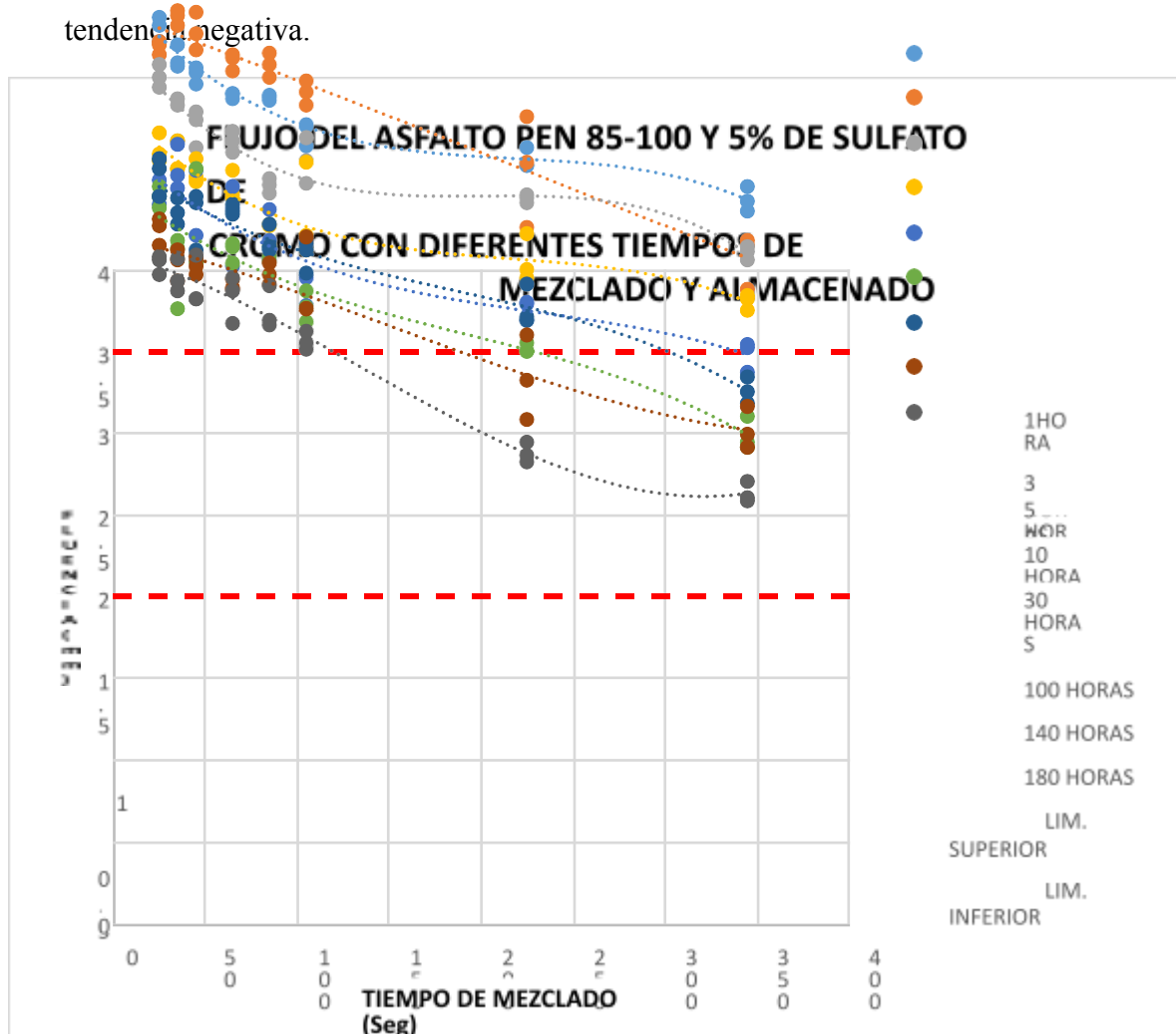


Figura 74: Flujo (mm) por almacenado y mezclado en diferentes tiempos del asfalto PEN85-100 con adición del 5% de sulfato de cromo

En la figura PAGE 75, se muestra el comportamiento del sulfato de cromo ante la degradación del cemento asfáltico por los diferentes tiempos de mezclado; además, se puede mostrar los resultados de la estabilidad almacenado en tiempos de 1, 3, 5, 10, 30, 50, 100, 140 y 180 horas con temperatura de 80°C; asimismo, estas mismas muestras almacenadas han sido mezcladas con diferentes tiempos de 40, 50, 60, 80, 100, 120, 240 y 360 segundos para obtener una comparación de los ensayos, donde se puede observar que, cuanto más tiempo está almacenado el cemento asfáltico dosificado con 10% de sulfato de cromo, este baja el flujo como se puede ver en el ensayo de 1 hora de almacenado se muestra 3.04mm. mezclado a un tiempo de 40seg. Y por otro lado se tiene 1.91mm. de flujo a un tiempo de almacenado de 180 horas y mezclado en 40 seg. También se muestra la tendencia que tiene los tiempos de mezclado con tendencia negativa.

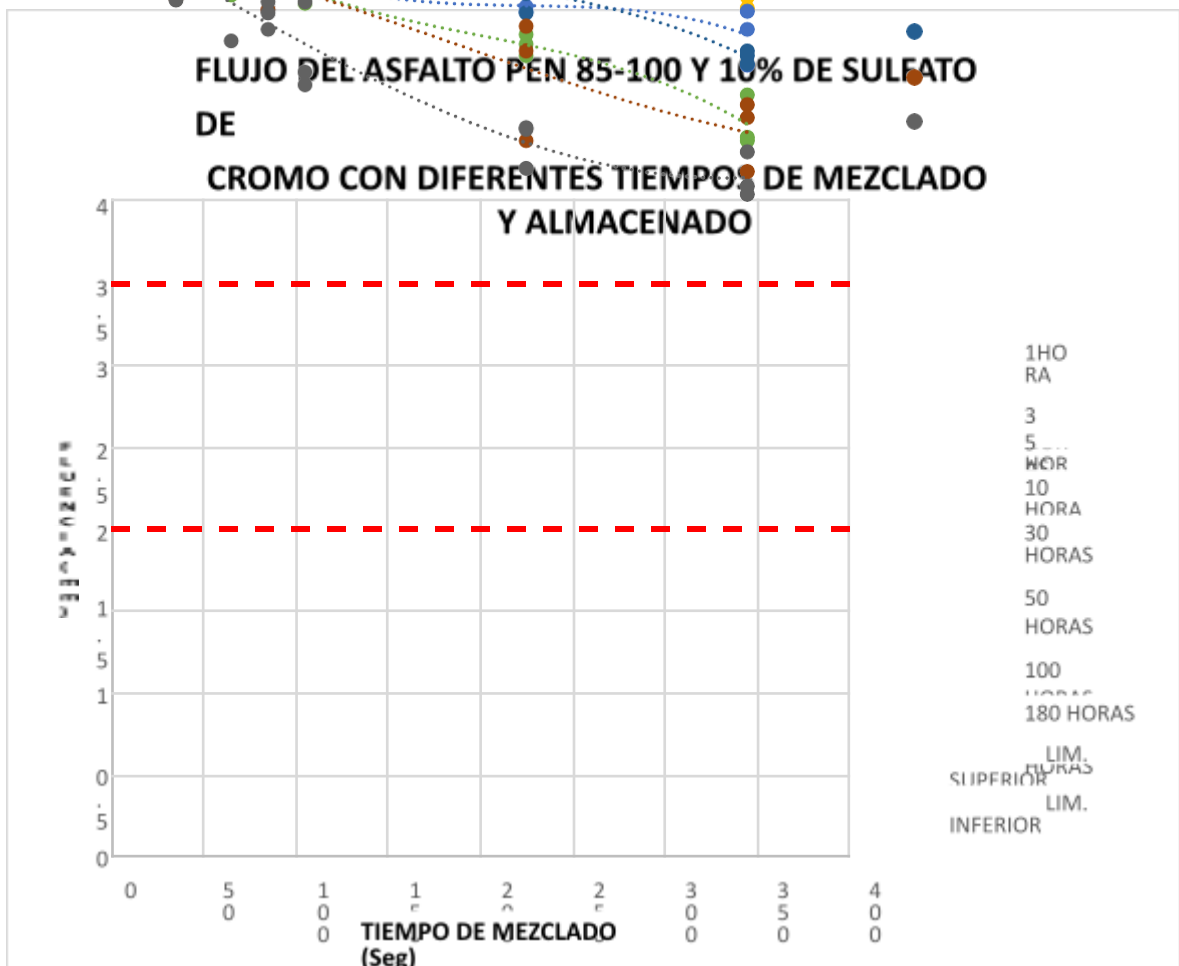


Figura 75: Flujo (mm) por almacenado y mezclado en diferentes tiempos del asfalto PEN85-100 con adición del 10% de sulfato de cromo

En la figura PAGE 76, se muestra el comportamiento del sulfato de cromo ante la degradación del cemento asfáltico por los diferentes tiempos de mezclado; además, se puede observar los resultados de la estabilidad almacenado en tiempos de 1, 3, 5, 10, 30, 50, 100, 140 y 180 horas con temperatura de 80°C; asimismo, estas mismas muestras almacenadas han sido mezcladas con diferentes tiempos de 40, 50, 60, 80, 100, 120, 240 y 360 segundos para obtener una comparación de los ensayos, donde se puede observar que, cuanto más tiempo está almacenado el cemento asfáltico dosificado con 15% de sulfato de cromo, este baja el flujo como se puede ver en el ensayo de 1 hora de almacenado se muestra 3.27 mm. mezclado a un tiempo de 40seg. Y por otro lado se tiene 1.55mm. de flujo a un tiempo de almacenado de 180 horas y mezclado en 40 seg. También se muestra la tendencia que tiene los tiempos de mezclado con tendencia negativa.

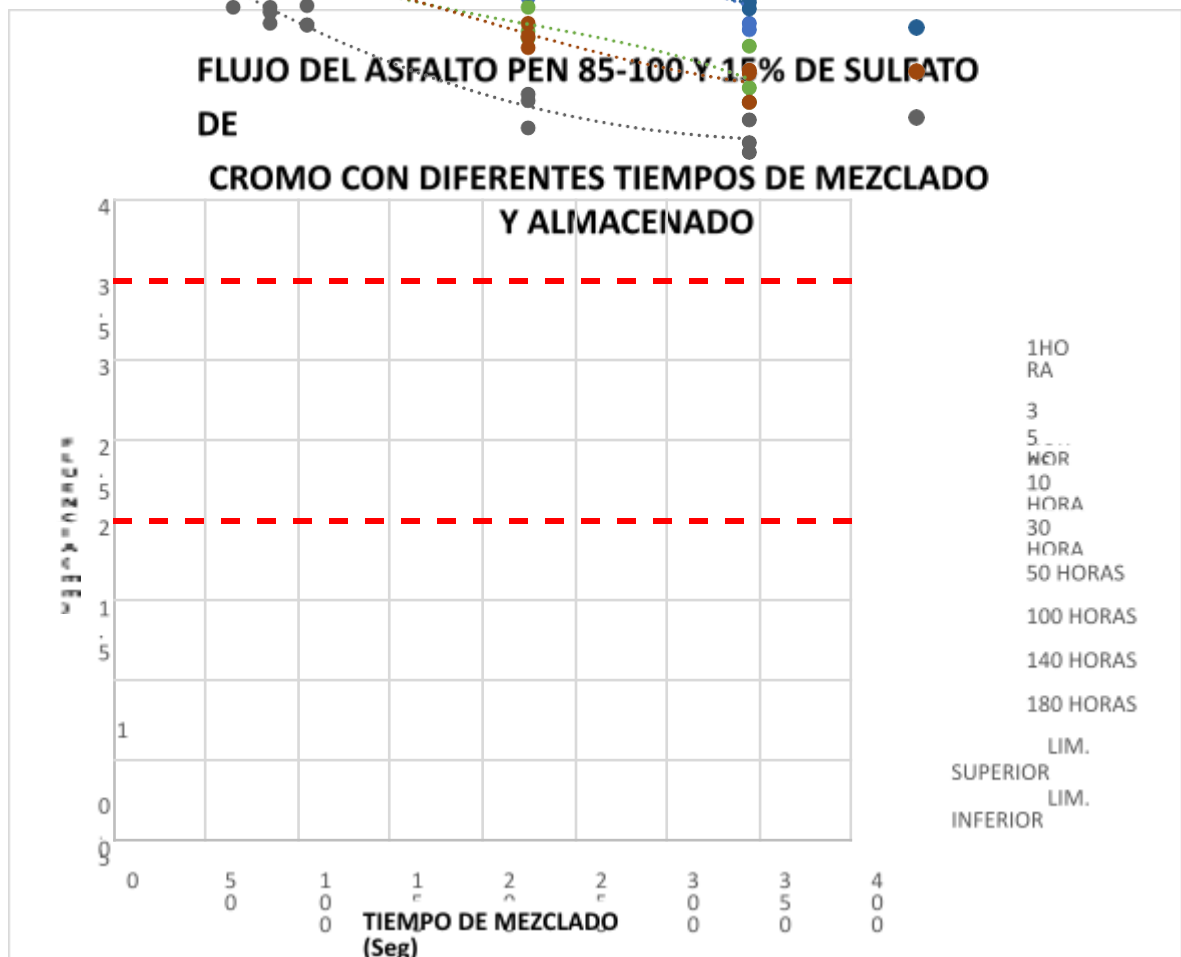


Figura 76: Flujo (mm) por almacenado y mezclado en diferentes tiempos del asfalto PEN85-100 con adición del 15% de sulfato de cromo

## **4.5 Análisis estadístico**

### **4.5.1 Estabilidad (kg)**

#### **4.5.1.1 Descriptivos**

De acuerdo al tiempo de almacenamiento estudiado, se presenta en la siguiente tabla 11 los estadísticos descriptivos sobre las estabilidades correspondientes a cada tiempo de mezclado realizado, todo sobre el porcentaje recomendado de 10% de sulfato de cromo.

Tabla 11: Descriptivos – Estabilidad (kg)

Descriptivos

	Tiempo de mezclado (seg) para 10 h. de almacenamiento		Estadístico	Error estándar		
Estabilidad (kg) a 10% de sulfato de cromo	40,0	Media	1015,000	23,6432		
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	913,272		
			Límite superior	1116,728		
		Media recortada al 5%	.			
		Mediana	1022,000			
		Varianza	1677,000			
		Desviación estándar	40,9512			
		Mínimo	971,0			
		Máximo	1052,0			
		Rango	81,0			
		Rango intercuartil	.			
		Asimetría	-.747	1,225		
		Curtosis	.			
		50,0	50,0	Media	1113,000	9,0738
				95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	1073,959
Límite superior	1152,041					
Media recortada al 5%	.					
Mediana	1110,000					
Varianza	247,000					
Desviación estándar	15,7162					
Mínimo	1099,0					
Máximo	1130,0					
Rango	31,0					
Rango intercuartil	.					
Asimetría	,828			1,225		
Curtosis	.					
60,0	60,0			Media	1144,333	6,6416
				95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	1115,757
		Límite superior	1172,910			
		Media recortada al 5%	.			
		Mediana	1144,000			
		Varianza	132,333			
		Desviación estándar	11,5036			
		Mínimo	1133,0			
		Máximo	1156,0			
		Rango	23,0			
		Rango intercuartil	.			
		Asimetría	,130	1,225		
		Curtosis	.			
		80,0	80,0	Media	1269,667	9,8376
				95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	1227,339
Límite superior	1311,994					
Media recortada al 5%	.					
Mediana	1279,000					
Varianza	290,333					
Desviación estándar	17,0392					
Mínimo	1250,0					
Máximo	1280,0					
Rango	30,0					
Rango intercuartil	.					
Asimetría	-1,725			1,225		
Curtosis	.					

100,0	Media		1225,667	10,9138
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	1178,708	
		Límite superior	1272,625	
	Media recortada al 5%		.	
	Mediana		1219,000	
	Varianza		357,333	
	Desviación estándar		18,9033	
	Mínimo		1211,0	
	Máximo		1247,0	
	Rango		36,0	
	Rango intercuartil		.	
	Asimetría		1,390	1,225
	Curtosis		.	.
	120,0	Media		1192,333
95% de intervalo de confianza para la media		Límite inferior	1163,542	
		Límite superior	1221,125	
Media recortada al 5%			.	
Mediana			1194,000	
Varianza			134,333	
Desviación estándar			11,5902	
Mínimo			1180,0	
Máximo			1203,0	
Rango			23,0	
Rango intercuartil			.	
Asimetría			-,634	1,225
Curtosis			.	.
240,0		Media		1090,333
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	1043,573	
		Límite superior	1137,094	
	Media recortada al 5%		.	
	Mediana		1081,000	
	Varianza		354,333	
	Desviación estándar		18,8237	
	Mínimo		1078,0	
	Máximo		1112,0	
	Rango		34,0	
	Rango intercuartil		.	
	Asimetría		1,683	1,225
	Curtosis		.	.
	360,0	Media		901,667
95% de intervalo de confianza para la media		Límite inferior	845,549	
		Límite superior	957,785	
Media recortada al 5%			.	
Mediana			904,000	
Varianza			510,333	
Desviación estándar			22,5906	
Mínimo			878,0	
Máximo			923,0	
Rango			45,0	
Rango intercuartil			.	
Asimetría			-,460	1,225
Curtosis			.	.

*Fuente: Elaboración en SPSS Statistics*



#### 4.5.1.2 Prueba de normalidad

La distribución paramétrica de los datos se presenta en la siguiente tabla 12, mediante la prueba de normalidad sobre las estabilidades correspondientes a cada tiempo de mezclado realizado. Presentando un nivel de significancia que cumple con los requerimientos establecidos para la correlación Pearson.

Tabla 12. Prueba de normalidad – Estabilidad (kg)

*Pruebas de normalidad*

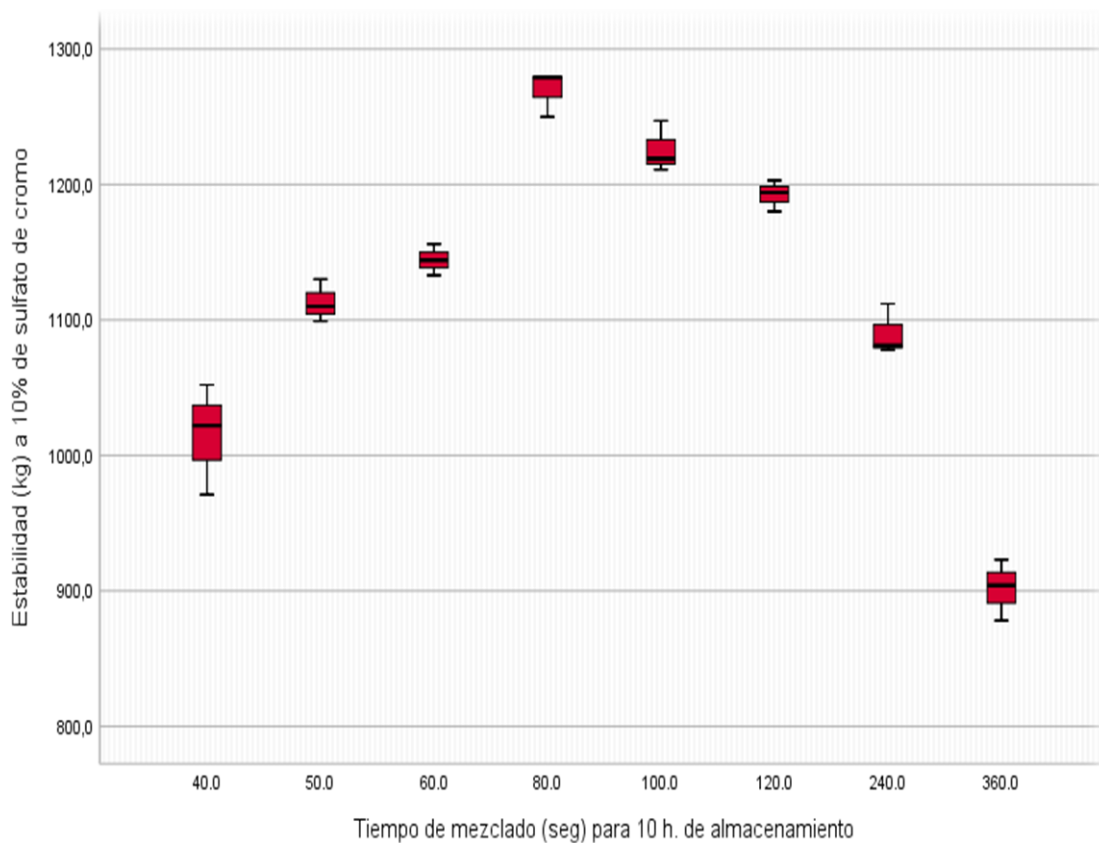
	Tiempo de mezclado (seg) para 10 h. de almacenamiento	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Estabilidad (kg) a 10% de sulfato de cromo	40,0	,235	3	.	,978	3	,716
	50,0	,242	3	.	,973	3	,683
	60,0	,178	3	.	,999	3	,952
	80,0	,375	3	.	,775	3	,056
	100,0	,304	3	.	,907	3	,407
	120,0	,224	3	.	,984	3	,762
	240,0	,357	3	.	,816	3	,152
	360,0	,208	3	.	,992	3	,829

a. Corrección de significación de Lilliefors

*Fuente: Elaboración en SPSS Statistics*

#### 4.5.1.3 Diagrama de bigotes

La distribución de los datos representa una distribución particular por cada tiempo de mezclado analizado, por lo que se presenta en la siguiente figura 77 el diagrama de bigotes resultante a partir de los resultados de estabilidad correspondientes al 10% en adición de sulfato de cromo, cumpliendo con los rangos establecidos por los parámetros estadísticos establecidos. Se genera una distribución en forma de campana ante los distintos tiempos tomados para el estudio.



*Figura 77: Diagrama de bigotes – Estabilidad (kg)*

*Fuente: Elaboración en SPSS Statistics*

#### **4.5.1.4 Correlación**

La correlación por Pearson establecida por la prueba de normalidad realizada se presenta en la siguiente tabla 13, el coeficiente de correlación resultante entre el tiempo de mezclado para almacenamiento y los datos de estabilidad al 10% de sulfato de cromo. Donde se puede llegar a afirmar que existe un coeficiente de correlación media negativa que permite aceptar la hipótesis planteada como investigador bajo un nivel de significancia menor a 0.05.

Tabla 13. Correlaciones – Estabilidad (kg)

Correlaciones

		Tiempo de mezclado (seg) para 10 h. de almacenamiento	Estabilidad (kg) a 10% de sulfato de cromo
Tiempo de mezclado (seg) para 10 h. de almacenamiento	Correlación de Pearson	1	-.599**
	Sig. (bilateral)		,002
	N	24	24
Estabilidad (kg) a 10% de sulfato de cromo	Correlación de Pearson	-.599**	1
	Sig. (bilateral)	,002	
	N	24	24

\*\* La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Fuente: Elaboración en SPSS Statistics

4.5.1.5 Diagrama de dispersión de puntos

Validados por correlación bivariada, los resultados para las estabilidades correspondientes a cada tiempo de mezclado realizado, presenta en la siguiente figura 78 el diagrama de dispersión de puntos con una tendencia promedio negativa, que presenta una ecuación de ajuste correspondiente que permite establecer una confiabilidad bajo un  $R^2=0.874$ .

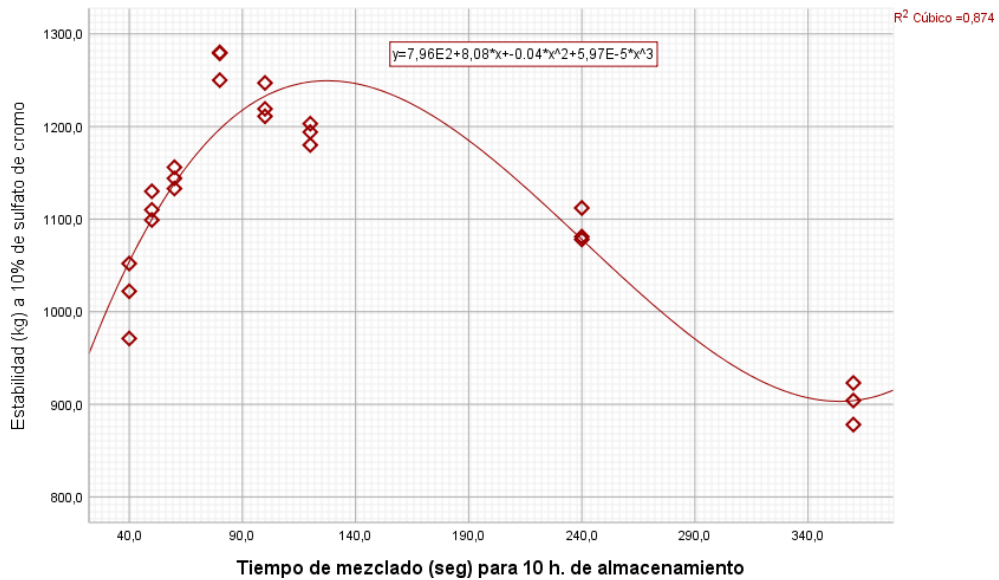


Figura 78. Diagrama de dispersión de puntos – Estabilidad (kg)

Fuente: Elaboración en SPSS Statistics

## 4.5.2 Flujo (mm)

### 4.5.2.1 Descriptivos

Continuando con el análisis estadístico y de acuerdo al tiempo de almacenamiento estudiado, se presenta en la siguiente tabla 14 los estadísticos descriptivos sobre los datos de flujo correspondientes a cada tiempo de mezclado realizado, todo sobre el porcentaje recomendado de 10% de sulfato de cromo.

*Tabla 14. Descriptivos – Flujo (mm)*

Descriptivos						
	Tiempo de mezclado (seg) para 10 h. de almacenamiento		Estadístico	Error estándar		
Flujo (mm) a 10% de sulfato de cromo	40,0	Media	2,5233	,13119		
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	1,9589		
			Límite superior	3,0878		
		Media recortada al 5%	.			
		Mediana	2,5600			
		Varianza	,052			
		Desviación estándar	,22723			
		Mínimo	2,28			
		Máximo	2,73			
		Rango	,45			
		Rango intercuartil	.			
		Asimetría	-,707	1,225		
		Curtosis	.			
			50,0	Media	2,4533	,12914
				95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	1,8977
Límite superior	3,0090					
Media recortada al 5%	.					
Mediana	2,5000					
Varianza	,050					
Desviación estándar	,22368					
Mínimo	2,21					
Máximo	2,65					
Rango	,44					
Rango intercuartil	.					
Asimetría	-,898			1,225		
Curtosis	.					
	60,0			Media	2,3767	,14769
				95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	1,7412
		Límite superior	3,0121			
		Media recortada al 5%	.			
		Mediana	2,4000			
		Varianza	,065			
		Desviación estándar	,25580			
		Mínimo	2,11			
		Máximo	2,62			
		Rango	,51			
		Rango intercuartil	.			
		Asimetría	-,407	1,225		
		Curtosis	.			

80,0	Media		2,3133	,11624
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	1,8132	
		Límite superior	2,8135	
	Media recortada al 5%		.	
	Mediana		2,3400	
	Varianza		,041	
	Desviación estándar		,20133	
	Mínimo		2,10	
	Máximo		2,50	
	Rango		,40	
	Rango intercuartil		.	
	Asimetría		-,586	1,225
	Curtosis		.	
	100,0	Media		1,9767
95% de intervalo de confianza para la media		Límite inferior	1,2721	
		Límite superior	2,6812	
Media recortada al 5%			.	
Mediana			1,8600	
Varianza			,080	
Desviación estándar			,28361	
Mínimo			1,77	
Máximo			2,30	
Rango			,53	
Rango intercuartil			.	
Asimetría			1,538	1,225
Curtosis			.	
120,0		Media		2,3233
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	1,7106	
		Límite superior	2,9360	
	Media recortada al 5%		.	
	Mediana		2,4400	
	Varianza		,061	
	Desviación estándar		,24664	
	Mínimo		2,04	
	Máximo		2,49	
	Rango		,45	
	Rango intercuartil		.	
	Asimetría		-1,652	1,225
	Curtosis		.	
	240,0	Media		1,8767
95% de intervalo de confianza para la media		Límite inferior	1,7113	
		Límite superior	2,0421	
Media recortada al 5%			.	
Mediana			1,8600	
Varianza			,004	
Desviación estándar			,06658	
Mínimo			1,82	
Máximo			1,95	
Rango			,13	
Rango intercuartil			.	
Asimetría			1,056	1,225
Curtosis			.	
360,0		Media		1,7000
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	1,4071	
		Límite superior	1,9929	
	Media recortada al 5%		.	
	Mediana		1,6700	

Varianza	,014	
Desviación estándar	,11790	
Mínimo	1,60	
Máximo	1,83	
Rango	,23	
Rango intercuartil	.	
Asimetría	1,071	1,225
Curtosis	.	.

*Fuente: Elaboración en SPSS Statistics*

#### 4.5.2.2 Prueba de normalidad

La distribución paramétrica de los datos se presenta en la siguiente tabla 15 mediante la prueba de normalidad sobre los datos de flujo correspondientes a cada tiempo de mezclado realizado durante la etapa de ensayos de laboratorio. Presentando un nivel de significancia que cumple con los requerimientos establecidos para la correlación Pearson.

*Tabla 15. Prueba de normalidad – Flujo (mm)*

*Pruebas de normalidad*

	Tiempo de mezclado (seg) para 10 h. de almacenamiento	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Flujo (mm) a 10% de sulfato de cromo	40,0	,231	3	.	,980	3	,732
	50,0	,249	3	.	,967	3	,653
	60,0	,203	3	.	,994	3	,849
	80,0	,219	3	.	,987	3	,780
	100,0	,326	3	.	,873	3	,304
	120,0	,349	3	.	,832	3	,194
	240,0	,265	3	.	,953	3	,583
	360,0	,267	3	.	,951	3	,576

a. Corrección de significación de Lilliefors

*Fuente: Elaboración en SPSS Statistics*

#### 4.5.2.3 Diagrama de bigotes:

La distribución de los datos representa una distribución particular por cada tiempo de mezclado analizado, por lo que se presenta en la siguiente figura 79 el diagrama de bigotes resultante a partir de los resultados de flujo correspondientes al 10% en adición de sulfato de cromo, cumpliendo con los rangos establecidos por los parámetros estadísticos establecidos. Se genera una distribución negativa ante los distintos tiempos tomados para el estudio.

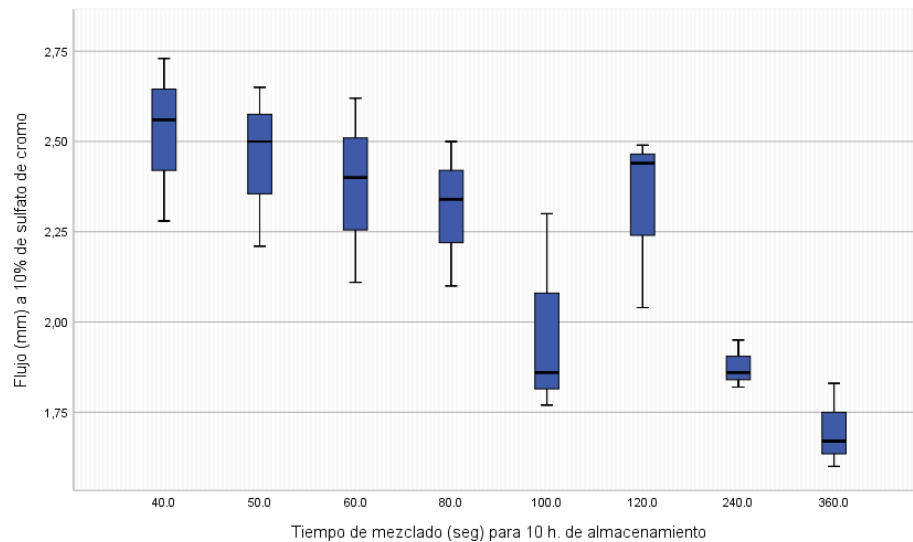


Figura 79. Diagrama de bigotes – Flujo (mm)

Fuente: Elaboración en SPSS Statistics

#### 4.5.2.4 Correlación

La correlación por Pearson establecida por la prueba de normalidad realizada se presenta en la siguiente tabla 16, el coeficiente de correlación resultante entre el tiempo de mezclado para almacenamiento y los datos de flujo al 10% de sulfato de cromo. Donde se puede llegar a afirmar que existe un coeficiente de correlación negativa considerable que permite aceptar la hipótesis planteada como investigador bajo un nivel de significancia menor a 0.05.

Tabla 16. Correlación – Flujo (mm)

Correlaciones		Tiempo de mezclado (seg) para 10 h. de almacenamiento	Flujo (mm) a 10% de sulfato de cromo
Tiempo de mezclado (seg) para 10 h. de almacenamiento	Correlación de Pearson	1	-,765**
	Sig. (bilateral)		,000
	N	24	24
Flujo (mm) a 10% de sulfato de cromo	Correlación de Pearson	-,765**	1
	Sig. (bilateral)	,000	
	N	24	24

\*\* . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Fuente: Elaboración en SPSS Statistics

#### 4.5.2.5 Diagrama de dispersión de puntos

Validados por correlación bivariada, los resultados para los datos de flujo correspondientes a cada tiempo de mezclado realizado, presenta en la siguiente figura 80 el diagrama de dispersión de puntos con una tendencia promedio negativa, que presenta una ecuación de ajuste correspondiente, que permite establecer una confiabilidad bajo un  $R^2=0.619$ .

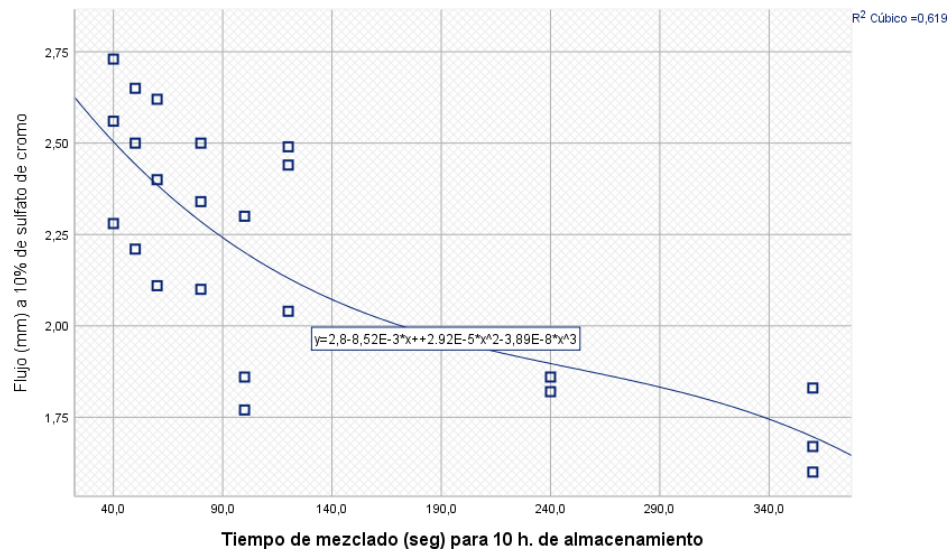


Figura 80. Diagrama de dispersión de puntos – Flujo (mm)

Fuente: Elaboración en SPSS Statistics



## CAPITULO V: DISCUSIONES

### **Discusión 1:**

En la presente investigación, los resultados mostrados por degradación por temperatura dentro de las mezclas asfálticas con tiempos de almacenado de 1 hora hasta 180 horas de almacenado; de igual manera, se realizó el tiempo de mezclado de la mezcla asfáltica en caliente donde se trabajó con un tiempo menor de 40 seg. hasta 360 seg. De mezclado, asimismo la adición del sulfato de cromo con diferentes porcentajes de dosificación de 0%, 5%, 10%, y de 15%, respecto al peso del cemento asfáltico, se concluyó que la degradación por temperatura de una mezcla asfáltica es modificada con el tiempo de almacenado, en los ensayos reológicos como la viscosidad aumenta de una hora de almacenado hasta 180 horas de almacenado con valor inicial de 1.35 Pa.s hasta 2.87 Pa.s además con 40 seg. En el tiempo de mezclado su valor es de 1.62 Pa.s hasta 5.17 Pa.s; a su vez, los valores de la ductilidad obtenido del cemento asfáltico PEN 58-100 con 1 hora y 180 horas de almacenado es de 124cm y 29 cm y en el tiempo de mezclado se obtuvo 112 cm y 31 cm. En su investigación (Ávila Montero, 2013) donde presenta en su ensayo de viscosidad 1.17 Pa.s a una temperatura de 135°C; además, en el ensayo de ductilidad presenta 107.5 cm. De manera que presenta una semejanza con los valores obtenidos, del mismo modo, las propiedades mecánicas como la estabilidad también tiene un comportamiento ascendente y finalizando con una tendencia negativa del mismo modo sucede con el flujo donde tiene una tendencia directamente negativa.

### **Discusión 2:**

En la investigación con el ligante asfáltico PEN 85-100 y la producción de la mezcla asfáltica donde la degradación por temperatura y almacenado de 1, 3, 5, 10, 30, 50, 100, 140 y 180 horas tomando en referencia 1 hora y 180 horas de manera que los ensayos realizados, como la viscosidad se tiene 1.35 Pa.s y 2.87 Pa.s, donde el tiempo de almacenado influye en la degradación por temperatura del cemento asfáltico aumentando la viscosidad; además, la ductilidad tiene 124cm y 29m. respectivamente. Donde el tiempo de almacenado influye en la degradación por temperatura del cemento asfáltico de manera que a mayor tiempo de almacenado

los valores son menores; asimismo, la mezcla asfáltica con asfáltico PEN 85-100 está

influenciado en el degradado por temperatura de mezclado en tiempos de 40, 50, 60, 80, 100, 120, 240 y de 360 segundos, a una hora de almacenado tomando en referencia 40 segundos y 360 segundos de mezclado en todos los ensayos realizados, iniciando con la viscosidad se tiene 1.62 Pa.s y 5.17 Pa.s, respectivamente, la ductilidad tiene 116cm y 21 cm. respectivamente. En el estudio realizado por (Ávila Montero, 2013) presentó en su ensayo de viscosidad 1.17 Pa. s a una temperatura de 135°C; además, en el ensayo de ductilidad presenta 107.5 cm. En la presente investigación, se analizó la degradación por temperatura del cemento asfáltico donde se obtuvo los valores cercanos en los ensayos de 1 hora de almacenamiento; las presentes investigaciones concuerdan con los resultados de Ávila Montero.

### **Discusión 3:**

En la presente investigación, se ha obtenido los resultados de la degradación por temperatura del ligante asfáltico PEN 85-100 con adición del 10% de sulfato de cromo; además, el cemento asfáltico es inducido por temperatura de almacenado de 1, 3, 5, 10, 30, 50, 100, 140 y 180 horas tomando en referencia 1 hora y 180 horas de almacenado; además, en todos los ensayos en tiempo de mezclado de 40 seg. Iniciando con la viscosidad se tiene 1.56 Pa.s y 2.31 Pa.s, respectivamente, la ductilidad tiene 112cm y 73cm. respectivamente; del mismo modo, los ensayos realizados al ligante asfáltico PEN 85-100 con adición del 10% de sulfato de cromo de la producción de la mezcla asfáltica degradado por temperatura de mezclado de tiempos de 40, 50, 60, 80, 100, 120, 240 y de 360 segundos tomando en referencia 40 segundos y 360 segundos de mezclado en todos los ensayos realizados, iniciando con la viscosidad se tiene 1.56 Pa.s y 4.19 Pa.s, respectivamente, la ductilidad tiene 112cm y 31cm. respectivamente. En su estudio (Ibáñez Maldonado, 2015), presenta sus resultados de ductilidad con PEN convencional 135 mm. Y con PEN modificado 92 mm. Los resultados tienen concordancia en los ensayos de degradación por temperatura de 1 hora de almacenado cumpliendo con la normativa vigente.

#### **Discusión 4:**

Los resultados aplicados al ligante asfáltico PEN 85-100 con adición de sulfato de cromo de la producción de la mezcla asfáltica degradado por temperatura y almacenado de 1, 3, 5, 10, 30, 50, 100, 140 y 180 horas de almacenado tomando en referencia 1 hora y 180 horas de almacenado en todos los ensayos a 40 seg de mezclado, iniciando con la estabilidad se tiene 105 5kg. y 680kg con 5 % de adición de sulfato de cromo y se tiene 1183 kg. y 730 kg. Con 15 % de adición respectivamente, y los ensayos realizados de fluencia a 40 seg de mezclado y 1 hora de almacenado es de 3.25 mm y la fluencia a 180 horas de almacenado es de 1.80 mm con 5 % de sulfato de cromo, también se tuvo 3.27 mm y 1.95 de fluencia a 1 hora de almacenado y 180 horas de almacenado respectivamente a 40 seg de mezclado. Se concluye que la fluencia aumenta con la adición del sulfato de cromo. En su investigación (Pinto Moreno & Ramos Méndez, 2010) obtuvieron una estabilidad de

13.63 kn o 1325 kg de una mezcla convencional y 8.14 kn o 815 kg de garba en una mezcla drenante. La presente investigación tiene concordancia con los resultados de Pinto Moreno y Ramos Méndez.

## CAPITULO VI: CONCLUSIONES

### **Conclusión 1:**

Al realizar los ensayos en la degradación por temperatura dentro de las mezclas asfálticas con tiempos de almacenado de 1 hora hasta 180 horas de almacenado; de igual manera, se realizó el tiempo de mezclado de la mezcla asfáltica en caliente, donde se trabajó con un tiempo menor de 40 seg. Hasta 360 seg. De mezclado; asimismo, la adición del sulfato de cromo con diferentes porcentajes de dosificación de 5%, 10% y de 15%, respecto al peso del cemento asfáltico, se concluye que la degradación por temperatura de una mezcla asfáltica es modificada con el tiempo de almacenado, en el ensayo de la viscosidad aumenta su valor inicial; asimismo, la ductilidad tiene un comportamiento descendente de su valor inicial, del mismo modo la estabilidad también tiene un comportamiento ascendente y finalizando con una tendencia negativa del mismo modo sucede con el flujo donde tiene un tendencia directamente negativa.

Refiriéndonos al tiempo de mezclado que modifica también la degradación por temperatura del asfalto dosificado con sulfato de cromo, este ayuda a aumentar la viscosidad con material adicional, todo lo contrario sucede con la ductilidad, con la adición del sulfato de cromo disminuye esta propiedad, lo mismo pasa con la estabilidad que aumenta esta propiedad y por último el flujo también aumenta del valor inicial.

### **Conclusión 2:**

Los resultados aplicados al ligante asfáltico PEN 85-100 de la producción de la mezcla asfáltica donde la degradación por temperatura y almacenado de 1, 3, 5, 10, 30, 50, 100, 140 y 180 horas tomando en referencia 1 hora y 180 horas de manera que los ensayos realizados, como la viscosidad se tiene 1.35 Pa.s y 2.87 Pa.s, donde el tiempo de almacenado influye en la degradación por temperatura del cemento asfáltico aumentando la viscosidad; además, la ductilidad tiene 124cm y 29m.respectivamente. Donde el tiempo de almacenado influye en la degradación por temperatura del cemento asfáltico de manera que a mayor tiempo de almacenado los valores son menores.

Los ensayos realizados de ligante asfáltico PEN 85-100 de la producción del cemento asfáltico degradado por temperatura de mezclado de tiempos de 40, 50, 60, 80, 100, 120, 240 y de 360 segundos, a una hora de almacenado tomando en referencia 40 segundos y 360 segundos de mezclado en todos los ensayos realizados, iniciando con la viscosidad se tiene 1.62 Pa.s y 5.17 Pa.s, respectivamente, la ductilidad tiene 116cm y 21 cm. respectivamente.

Concluyendo que los ensayos que sufren la degradación por temperatura modifican las propiedades del cemento asfáltico, donde el tiempo de mezclado tiende a aumentar la viscosidad, y la ductilidad se reduce.

### **Conclusión 3:**

Los resultados obtenidos de la degradación por temperatura al ligante asfáltico PEN 85-100 con adición del 10% de sulfato de cromo de la producción de la mezcla asfáltica inducida por temperatura de almacenado de 1, 3, 5, 10, 30, 50, 100, 140 y 180 horas tomando en referencia 1 hora y 180 horas de almacenado; además, en todos los ensayos en tiempo de mezclado de 40 seg. iniciando con la viscosidad se tiene

1.56 Pa.s y 2.31 Pa.s, respectivamente, la ductilidad tiene 112cm y 73cm.respectivamente.

Los ensayos realizados al ligante asfáltico PEN 85-100 con adición del 10% de sulfato de cromo de la producción de la mezcla asfáltica degradado por temperatura de mezclado de tiempos de 40, 50, 60, 80, 100, 120, 240 y de 360 segundos tomando en referencia 40 segundos y 360 segundos de mezclado en todos los ensayos realizados, iniciando con la viscosidad se tiene 1.56 Pa.s y 4.19 Pa.s, respectivamente, la ductilidad tiene 112cm y 31cm.respectivamente.

Concluyendo de los ensayos con degradación de temperatura con adición de sulfato de cromo en 10% que contribuyen positivamente en el desempeño de la mezcla asfáltica, reduciendo la viscosidad de ligante asfáltico, pero aumentando positivamente la ductilidad que favorece en la trabajabilidad del pavimento asfáltico.

#### **Conclusión 4:**

Los resultados aplicados al ligante asfáltico PEN 85-100 con adición de sulfato de cromo de la producción de la mezcla asfáltica degradado por temperatura y almacenado de 1, 3, 5, 10, 30, 50, 100, 140 y 180 horas de almacenado tomando en referencia 1 hora y 180 horas de almacenado en todos los ensayos a 40 seg de mezclado, iniciando con la estabilidad se tiene 105 5kg. y 680kg con 5 % de adición de sulfato de cromo y se tiene 1183 kg. y 730 kg. Con 15 % de adición de sulfato de cromo.

Los ensayos realizados al ligante asfáltico PEN 85-100 con adición de sulfato de cromo de la producción de la mezcla asfáltica degradado por temperatura y mezclado por tiempos de 40, 50, 60, 80, 100, 120, 240 y de 360 segundos tomando en referencia 40 segundos y de mezclado en todos los ensayos realizados a 40 seg. de mezclado. Iniciando con la fluencia se tiene 1.8 mm 3,25 mm, y con 5% de adición del material adiconante y se tiene 3.26mm y 1.95 con 15% de adición de sulfato de cromo, mejorando positivamente en la estabilidad del ensayo.

## **CAPITULO VII: RECOMENDACIÓN**

### **Recomendación 1:**

De acuerdo a las propiedades realizadas con el sulfato de cromo, se recomienda realizar un estudio complementario acerca de las propiedades geológicas del ligante empleando el reómetro de corte dinámico, para una buena clasificación PG (performance grade), donde se detallarán los usos y limitaciones del asfalto. Este estudio pertenece a la metodología SUPERPAVE; esta metodología apoyaría a la aplicación de materiales como aditivos. En la actualidad, el Perú no cuenta con estos equipos, toda vez que tienen un valor económico alto, lo que hace dificultoso obtener estos equipos.

### **Recomendación 2:**

De acuerdo a los ensayos realizados de la viscosidad y ductilidad siguiendo el procedimiento según norma MTC E 306 DUCTILIDAD DE LOS MATERIALES BITUMINOSOS, dado las condiciones de tiempo de almacenamiento de las muestras de cemento asfáltico PEN 85-100, en los tiempos almacenados del ensayo, de igual manera con los tiempos de mezclado el tiempo afecta negativamente en el ensayo por lo que se recomienda almacenar el ligante asfáltico a temperaturas más bajas, lo que significa que la temperatura influye directamente en la ductilidad y viscosidad.

### **Recomendación 3:**

Se recomienda realizar una investigación complementaria a partir de la dosificación del sulfato de cromo entre los 5% y 10%, toda vez que los valores de los ensayos realizados en estos porcentajes han mejorado sus propiedades; por consiguiente, existe la posibilidad de reducir el envejecimiento de la mezcla asfáltica en caliente mediante la adición del sulfato de cromo. De igual forma, actualmente, existe una limitante tecnológica donde en los laboratorios a nivel local no existe disponibilidad de hornos rotatorios de envejecimiento a corto y largo plazo que permitan evaluar el comportamiento del ligante sobre estas condiciones específicas de ensayo con la metodología SUPERPAVE.



**Recomendación 4:**

Las propiedades mecánicas realizadas se recomiendan en el tiempo de almacenado de 50 horas a una temperatura de 75°C, toda vez que si sobrepasa esta temperatura las propiedades disminuirían más; así mismo, el tiempo de mezclado de la mezcla asfáltica es el que más influye en la degradación de la mezcla; por lo tanto, se sugiere realizar el mezclar a 60 segundos, toda vez que para el tiempo mencionado se afecta a la mezcla, ya que los procesos de mezclado se realizan a los 135°C.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguiar Moya, J. P., Arias Barrantes, E., Baldi, A., & Rojas Rojas, G. (2021). Modificación del asfalto con orujo de uva roja como material antioxidante. *Revista Infraestructura Vial*, 10.
- Ahmed, F. (2015). *Rendimiento de obstrucción de asfalto poroso en condiciones suecas*. Stockholm: Vetenskap Och Konst.
- Alarcón Figueroa, D. P., Chaparro Díaz, J. L., & Sánchez Suarez, M. A. (2020). *Importancia de la Resistencia y Vida Útil de Mezclas Asfálticas Modificadas con GCR en Colombia*. Tunja: Universidad Santo Tomás.
- Asociación Argentina de Carreteras. (2019). *Carreteras*. Buenos Aires: AAC.
- Asphalt Institute. (2020). *Asphalt Design Construct Maintain*. Texas: Vol 35, N°2.
- Ayala Loza, M. E., & Juárez Alarcón, I. E. (2010). *Diseño de mezcla drenante con asfalto modificado disponible en El Salvador*. El Salvador: Universidad de El Salvador.
- Baena Paz, G. (2014). *Metodología de la investigación*. Distrito Federal, Mexico: GRUPO EDITORIAL PATRIA.
- Brown, R., & Borst, M. (2016). *Concentraciones de infiltrado de nutrientes de tres tipos de pavimentos permeables*. New Jersey: Instituto de Ciencia y Educación de la Agencia de Protección Ambiental de EE.UU.
- Bunge, M. (1983). *LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA*. México: Ariel, S. A.
- Carrasco Díaz, S. (2006). *METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA*. Lima: San Marcos.
- Caso Quispe, S. W., & De la Cruz Gutierrez, G. (2021). *Diseño de mezclas asfálticas en caliente modificadas con polímeros reciclados HDPE y SBR, para pavimentos en la ciudad de Huancavelica*. Huancavelica: Universidad Nacional de Huancavelica.
- Céspedes Ojeda, A. I. (2019). *Proceso de producción y colocación de mezcla asfáltica en caliente empleando una planta de asfalto móvil*. Piura: Universidad de Piura.

Chávez Céspedes, M., & Fano Descalzi, J. C. (2017). *Diseño estructural de un pavimento básico reciclado y mejorado con cemento portland para diferentes dosificaciones en el proyecto conservación vial de Huancavelica*. Lima: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.

Durant Broden, J. G. (2017). *Relleno elastomérico para pavimentos asfálticos en climas de altura mediante el reciclado de neumáticos*. Puno: Universidad Nacional del Altiplano.

Flores Gonzales, R. K., & Rojas Pardo, J. G. (2019). *Comportamiento de las mezclas asfálticas tibias adicionando tensoactivos y sus beneficios respecto a las mezclas asfálticas en caliente*. Lima: Universidad Ricardo Palma.

Gomez Bastar, S. (2012). *Metodología de la investigación*. Estado de México: Ma. Eugenia Buendía López.

González Castellanos, R. (2003). *Metodología de la Investigación Científica para las ciencias Técnicas*. Cuba: Universidad de Mantanzas.

Hernandez-Sampieri, R., & Mendoza Torres, C. P. (2018). *Metodología de la investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. México: McGraw-Hill.

Herold, M. R., Noronha, V., & Smadi, O. (2008). Espectrometría de imágenes y estudios de carreteras asfaltadas. *Transportation Research* , 166.

Ibáñez Maldonado, W. E. (2015). *Uso de polímeros en un nuevo diseño para mejorar las propiedades físico – mecánicas del asfalto: contribución para el tramo de la carretera Chilete – Cajamarca*. Cajamarca: Universidad Nacional de Cajamarca.

Jimenez Paneque, R. (2002). *Metodología de la investigación*. Habana: Ciencia Médicas.

Jongmin, K., Hyun, J. L., Yong, R. K., & Hyung, B. K. (2016). *Un sistema de drenaje para mitigar los daños por humedad en los pavimentos de la plataforma del puente*.

López Moreno, C. P. (2013). *Comportamiento mecánico de mezclas asfáltica drenante*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (29 de mayo de 2020). *Estadística -*

*Infraestructura de Transportes - Infraestructura Vial.* Obtenido de

<https://www.gob.pe/institucion/mtc/informes-publicaciones/344790-estadistica-infraestructura-de-transportes-infraestructura-vial>

Ñaupas Paitan, H., Mejía Mejía, E., Novoa Ramírez, E., & Villagómez Paucar, A. (2014). *Metodología de la investigación*. Bogotá.

Quiñones Paucar, K. (2017). *Diagnóstico y diseño vial del pavimento flexible: Avenida Alfonso Ugarte (tramo: Carretera Central - Avenida Ferrocarril), en el distrito de Hualhuas, provincia de Huancayo 2016*. Huancayo: Universidad Peruana Los Andes.

Salih Tambary, Y. K. (2019). *Fabricación de sulfato de cromo básico y su impacto en el medio ambiente*. Sudan University of Science and Technology.

Stein, J., & Wressell, B. (1999). *Asphalt Pavement Book*. Pavement Surface Condition.

Tarazona Gaona, J. E. (2020). *Estudio del proceso de degradación de las propiedades mecánicas de las mezclas asfálticas debido a ciclos de humedecimiento y secado*. Bogotá D.C.: Universidad de los Andes.

Tueros Davila, M. N. (2017). *Incorporación de polvo de caucho en la mezcla asfáltica convencional para mejorar el comportamiento de la superficies de rodadura frente al ahuellamiento en la ciudad de Huancayo 2016*. Huancayo: Universidad Peruana Los Andes.

Vargas Cordero, Z. R. (2009). *LA INVESTIGACIÓN APLICADA: UNA FORMA DE CONOCER LAS REALIDADES CON EVIDENCIA CIENTIFICA*. San José, Costa

Rica: Universidad de Costa Rica.

Pinto Moreno K,D & Ramos Mendaz, A, M, (2019) comportamiento mecánico de las mezclas asfálticas drenantes con agregado de rio chicamocha. Burcaramenga.

## **ANEXOS**

## ANEXO 1. MATRIZ DE CONSISTENCIA

TITULO: “Análisis de la influencia del sulfato de cromo en la degradación del asfalto en el proceso de producción de mezcla asfáltica en planta – Huancayo 2021”

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIÓN	INDICADORES	METODOLÓGIA
<b>PROBLEMA GENERAL:</b> ¿Cómo la influencia del sulfato de cromo influye en la degradación del asfalto durante el proceso de producción de mezcla asfáltica en planta – Huancayo 2022?	<b>OBJETIVO GENERAL:</b> Analizar la influencia del sulfato de cromo en la degradación del asfalto durante el proceso de producción de mezcla asfáltica en planta – Huancayo 2022.	<b>HIPÓTESIS GENERAL</b> La influencia del sulfato de cromo en la degradación del asfalto durante el proceso de producción de mezcla asfáltica en planta permite conservar sus propiedades en un 12% para Huancayo 2022.	<b>VARIABLE INDEPENDIENTE</b>	<b>Dimensión 1:</b> 5% de sulfato de cromo  <b>Dimensión 2:</b> 10% de sulfato de cromo  <b>Dimensión 3:</b> 15% de sulfato de cromo	<b>Indicador 1:</b> - Muestreo de materiales MTC E 301 <b>Indicador 2:</b> - Viscosidad cinemática MTC E 310 <b>Indicador 3:</b> - Toma de muestras de m. a. MTC E 501 <b>Indicador 1:</b> - Muestreo de materiales MTC E 301 <b>Indicador 2:</b> - Viscosidad cinemática MTC E 310 <b>Indicador 3:</b> - Toma de muestras de m. a. MTC E 501 <b>Indicador 1:</b> - Muestreo de materiales MTC E 301 <b>Indicador 2:</b> - Viscosidad cinemática MTC E 310 <b>Indicador 3:</b> - Toma de muestras de m. a. MTC E 501	<b>DISEÑO DE INVESTIGACIÓN Experimental:</b> Método que manipula las variables independientes para analizar esa manipulación sobre variables dependientes.  <b>NIVEL Correlacional:</b> Investigación correlacional analiza la relación entre variable dependiente e independiente.  <b>POBLACIÓN Y MUESTRA POBLACIÓN</b> Se tiene mezcla asfáltica en caliente.  <b>MUESTRA</b> 120 briquetas de mezcla asfáltica en caliente.  <b>INSTRUMENTOS</b> - Fichas de recolección de datos, evidenciados con certificados de ensayos.  <b>RECOLECCIÓN DE MUESTRAS</b> Recolección de datos por observación directa y examinación de resultados de ensayos de laboratorio.
<b>PROBLEMAS ESPECÍFICOS</b> ¿Cuál es el comportamiento que presenta el ligante asfáltico PEN 85/100 ante una degradación inducida por temperatura en Huancayo 2022?	<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS:</b> Establecer el comportamiento que presenta el ligante asfáltico PEN 85/100 ante una degradación inducida por temperatura en Huancayo 2022.	<b>HIPÓTESIS ESPECÍFICA</b> El comportamiento que presenta el ligante asfáltico PEN 85/100 ante una degradación inducida por temperatura aumenta su viscosidad en un 15% para Huancayo 2022.	<b>VARIABLE DEPENDIENTE:</b>	<b>Dimensión 1:</b> Inducción de envejecimiento a corto plazo  <b>Dimensión 2:</b> Inducción de envejecimiento a corto plazo  <b>Dimensión 3:</b> Propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica	<b>Indicador 1:</b> - Muestreo de materiales MTC E 301 <b>Indicador 2:</b> - Toma de muestras de m. a. MTC E 501 <b>Indicador 3:</b> - Empleo de Ensayo RFTO <b>Indicador 1:</b> - Muestreo de materiales MTC E 301 <b>Indicador 2:</b> - Toma de muestras de m. a. MTC E 501 <b>Indicador 3:</b> - Empleo de Ensayo RFTO <b>Indicador 1:</b> - Resistencia de mezclas MTC E 504 <b>Indicador 2:</b> - Peso específico y absorción de agregados gruesos MTC E 206 <b>Indicador 3:</b> - Toma de muestras de m. a. MTC E 501	
¿Cuál es el comportamiento que presenta el ligante asfáltico PEN 85/100 modificado a distintos porcentajes de sulfato de cromo ante una degradación inducida por temperatura en Huancayo 2022?	Establecer el comportamiento que presenta el ligante asfáltico PEN 85/100 modificado a distintos porcentajes de sulfato de cromo ante una degradación inducida por temperatura en Huancayo 2022.	El comportamiento que presenta el ligante asfáltico PEN 85/100 modificado con 7.5% de sulfato de cromo mitiga la degradación inducida por temperatura en mayor medida para Huancayo 2022.				
¿Qué propiedades mecánicas presenta la mezcla asfáltica elaborada por Marshall a distintos porcentajes en adición de sulfato de cromo para Huancayo 2022?	Determinar las propiedades mecánicas que presenta la mezcla asfáltica elaborada por Marshall a distintos porcentajes en adición de sulfato de cromo para Huancayo 2022.	Las propiedades mecánicas que presenta la mezcla asfáltica elaborada por Marshall no se alteran ante la adición de distintos porcentajes de sulfato de cromo para Huancayo 2022.				



## ANEXO 2. FICHA TECNICA



### Cementos Asfálticos (NTP 321.051.2002)

#### ESPECIFICACIONES DE CEMENTOS ASFÁLTICOS

NOMBRE COMERCIAL	Métodos			CEMENTO ASFÁLTICO 40/50 RELAPASA		CEMENTO ASFÁLTICO 60/70 RELAPASA		CEMENTO ASFÁLTICO 85/100 RELAPASA		CEMENTO ASFÁLTICO 120/150 RELAPASA	
				Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.
PARÁMETROS	NTP / ASTM	AASHTO	Otros								
<b>PENETRACION</b>											
Penetración a 25°C, 100 g, 5s, 0.1 mm	D5	T49		40	50	60	70	85	100	120	150
<b>DUCTILIDAD</b>											
Ductilidad a 25°C, 5 cm/min, cm	D113	T51		100		100		100		100	
<b>VOLATILIDAD</b>											
Punto de Inflamación, °C	D92	T48		232		232		232		220	
Gravedad Específica a 15.6°C	D70	T228		Reportar		Reportar		Reportar		Reportar	
<b>FLUIDEZ</b>											
Punto de Ablandamiento, °C	D36			Reportar		Reportar		Reportar		Reportar	
Viscosidad cinemática a 100°C, cSt	D445			Reportar		Reportar		Reportar		Reportar	
Viscosidad cinemática a 135°C, cSt	D2170	T201		Reportar		Reportar		Reportar		Reportar	
<b>SOLUBILIDAD</b>											
Solubilidad en tricloroetileno, %m	D2042	T44		99.0		99.0		99.0		99.0	
<b>ENSAYOS DE PELICULA FINA</b> 3.2 mm, 163°C, 5 horas											
Pérdida por calentamiento, %m	D1754	T179			0.8		0.8		1.0		1.3
Penetración retenida, 100g, 5s, 0.1 mm, % del original	D5	T49		58		54		50		46	
Ductilidad del residuo a 25°C, 5 cm/min, cm	D113	T51				50		75		100	
<b>OTROS</b>											
Índice de Penetración			UNE 104-281	Reportar		Reportar		Reportar		Reportar	
Ensayo de la Mancha (Spot Test) <sup>(Nota 1)</sup>		T102		Reportar		Reportar		Reportar		Reportar	

NTP: Norma Técnica Peruana

ASTM: American Society for Testing Materials

AASHTO: American Association of State Highway and Transportation Officials

Nota 1: El uso del Spot Test es opcional. Cuando sea especificado, se debe indicar el tipo de solvente utilizado en la determinación del ensayo: Nafta estándar, Nafta-xileno, Heptano-xileno y también en el caso de utilizar solventes con xileno, el porcentaje de xileno utilizado.

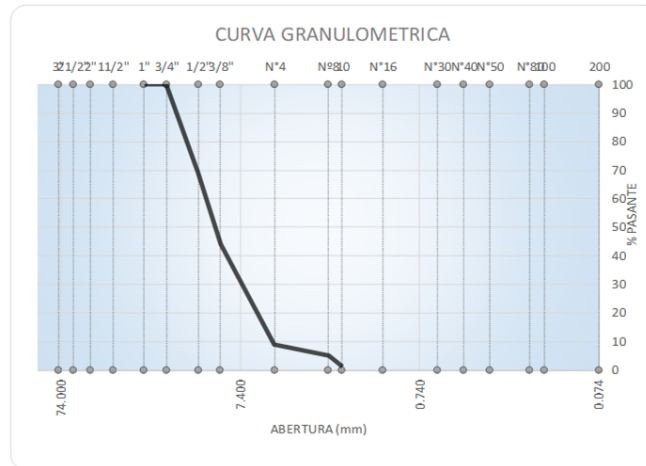


## LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

**PROYECTO:** ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL SULFATO DE CROMO EN LA DEGRADACIÓN DEL ASFALTO EN EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE MEZCLA ASFÁLTICA EN PLANTA – HUANCAYO 2022  
**CLIENTE:** GUERREROS ECHEVARRÍA, LOURDES GARLET **CERTIFICADO:** 2022-158  
**MATERIAL:** AGREGADO GRUESOS Y FINOS **TEMPERATURA AMBIENTE:** 19°C  
**MUESTRA:** GRANULOMETRIA DE AGREGADOS GRUESOS Y FINOS **FECHA:** 6/02/2022

### ANÁLISIS GRANULOMETRIA DE AGREGADOS GRUESOS Y FINOS

GRAVA CHANCADA TM 1/2"					
Malla		Peso (gr)	% Reten. Parcial	% Reten. Acumulad	% Pasante
Tamiz	mm				
tm - 3"	76.200				
tm - 2 1/2"	63.550				
tm - 2"	50.800				
tm - 1 1/2"	38.110	0.00	0.00	0.00	0.00
tm - 1"	25.405	0.00	0.00	0.00	100.00
tm - 3/4"	19.055	0.00	0.00	0.00	100.00
tm - 1/2"	12.700	1008.30	30.89	30.89	69.11
tm - 3/8"	9.525	811.20	24.85	55.74	44.26
tm - N°4	4.750	1150.90	35.26	91.00	9.00
tm - N°8	2.550	122.79	3.76	94.77	5.23
tm - N°10	2.000	123.30	3.78	98.54	1.46
tm - N°16	1.185	13.82	0.42	98.97	1.03
tm - N°30	0.600	8.50	0.26	99.23	0.77
tm - N°40	0.425	5.82	0.18	99.41	0.59
tm - N°50	0.295	2.85	0.09	99.49	0.51
tm - N°80	0.175	4.73	0.14	99.64	0.36
tm - N°100	0.148	3.16	0.10	99.74	0.26
tm - N°200	0.072	3.52	0.11	99.84	0.16
< tm - N°200		5.11	0.16	100.00	0.00
<b>TOTAL MUESTRA =</b>		3264.00	gr		



  
 Juan Ernesto Tejada Diaz  
 JEFE DE LABORATORIO  
 COLDPIX E.I.R.L.

  
 Julio Adrian Rojas Poma  
 TECNICO DE LABORATORIO  
 COLDPIX E.I.R.L.

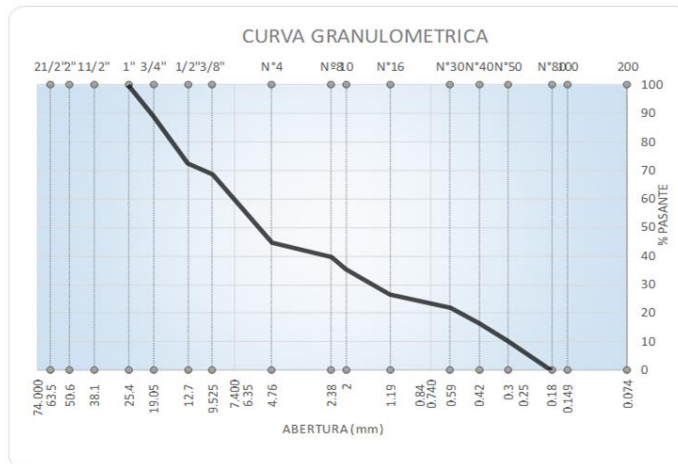


# LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

**PROYECTO:** ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL SULFATO DE CROMO EN LA DEGRADACIÓN DEL ASFALTO EN EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE MEZCLA ASFÁLTICA EN PLANTA – HUANCAYO 2022  
**CLIENTE:** GUERREROS ECHEVARRÍA, LOURDES GARLET **CERTIFICADO:** 2022-159  
**MATERIAL:** AGREGADO GRUESOS Y FINOS **TEMPERATURA AMBIENTE:** 19°C  
**MUESTRA:** GRANULOMETRIA DE AGREGADOS GRUESOS Y FINOS **FECHA:** 6/02/2022

## ANÁLISIS GRANULOMETRÍA DE AGREGADOS GRUESOS Y FINOS

ARENA NATURAL					
Malla		Peso (gr)	% Reten.	% Reten.	% Pasante
Tamiz	mm				
tm - 3"	76.200				
tm - 2 1/2"	63.550				
tm - 2"	50.800				
tm - 1 1/2"	38.110	0.00	0.00	0.00	100.00
tm - 1"	25.405	0.00	0.00	0.00	100.00
tm - 3/4"	19.055	0.00	0.00	0.00	100.00
tm - 1/2"	12.700	0.00	0.00	0.00	100.00
tm - 3/8"	9.525	0.00	0.00	0.00	100.00
tm - N°4	4.750	164.82	10.99	10.99	89.01
tm - N°8	2.550	247.76	16.52	27.51	72.49
tm - N°10	2.000	59.30	3.95	31.46	68.54
tm - N°16	1.185	357.05	23.80	55.26	44.74
tm - N°30	0.600	76.54	5.10	60.36	39.64
tm - N°40	0.425	63.50	4.23	64.60	35.40
tm - N°50	0.295	134.22	8.95	73.55	26.45
tm - N°80	0.175	68.79	4.59	78.13	21.87
tm - N°100	0.148	79.44	5.30	83.43	16.57
tm - N°200	0.072	95.52	6.37	89.80	10.20
< tm - N°200		153.06	10.20	100.00	0.00
<b>TOTAL MUESTRA =</b>		1500.00	gr		



**Juan Ernesto Tejada Diaz**  
 JEFE DE LABORATORIO  
 COLDPIX E.I.R.L.

**Julio Adrian Rojas Poma**  
 TÉCNICO DE LABORATORIO  
 COLDPIX E.I.R.L.

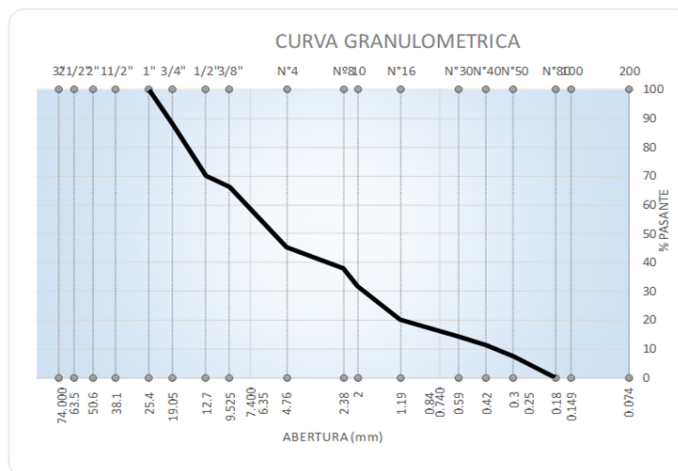


# LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

**PROYECTO:** ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL SULFATO DE CROMO EN LA DEGRADACIÓN DEL ASFALTO EN EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE MEZCLA ASFÁLTICA EN PLANTA – HUANCAYO 2022  
**CLIENTE:** GUERREROS ECHEVARRÍA, LOURDES GARLET **CERTIFICADO:** 2022-160  
**MATERIAL:** AGREGADO GRUESOS Y FINOS **TEMPERATURA AMBIENTE:** 19°C  
**MUESTRA:** GRANULOMETRÍA DE AGREGADOS GRUESOS Y FINOS **FECHA:** 6/02/2022

### ANÁLISIS GRANULOMETRÍA DE AGREGADOS GRUESOS Y FINOS

ARENA PROCESADA					
Malla		Peso (gr)	% Reten.	% Reten.	% Pasante
Tamiz	mm				
tm - 3"	76.200				
tm - 2 1/2"	63.550				
tm - 2"	50.800				
tm - 1 1/2"	38.110	0.00	0.00	0.00	0.00
tm - 1"	25.405	0.00	0.00	0.00	100.00
tm - 3/4"	19.055	0.00	0.00	0.00	100.00
tm - 1/2"	12.700	0.00	0.00	0.00	100.00
tm - 3/8"	9.525	0.00	0.00	0.00	100.00
tm - N°4	4.750	184.65	12.31	12.31	87.69
tm - N°8	2.550	265.62	17.71	30.02	69.98
tm - N°10	2.000	55.53	3.70	33.72	66.28
tm - N°16	1.185	314.16	20.94	54.66	45.34
tm - N°30	0.600	112.23	7.48	62.15	37.85
tm - N°40	0.425	88.29	5.89	68.03	31.97
tm - N°50	0.295	174.28	11.62	79.65	20.35
tm - N°80	0.175	90.57	6.04	85.69	14.31
tm - N°100	0.148	44.86	2.99	88.68	11.32
tm - N°200	0.072	55.46	3.70	92.38	7.62
< tm - N°200		114.35	7.62	100.00	0.00
<b>TOTAL MUESTRA =</b>		1500.00	gr		



Juan Ernesto Tejada Diaz  
 JEFE DE LABORATORIO  
 COLDPIX E.I.R.L.

Julio Adrian Rojas Poma  
 TÉCNICO DE LABORATORIO  
 COLDPIX E.I.R.L.



# LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

PROYECTO:

ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL SULFATO DE CROMO EN LA DEGRADACIÓN DEL ASFALTO EN EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE MEZCLA ASFÁLTICA EN PLANTA – HUANCAYO 2022

CLIENTE: MATERIAL:

GUERREROS ECHEVARRÍA, LOURDES

CERTIFICADO: 2022-161

MUESTRA:

GARLET AGREGADO GRUESOS Y FINOS

TEMPERATURA AMBIENTE: 19°C

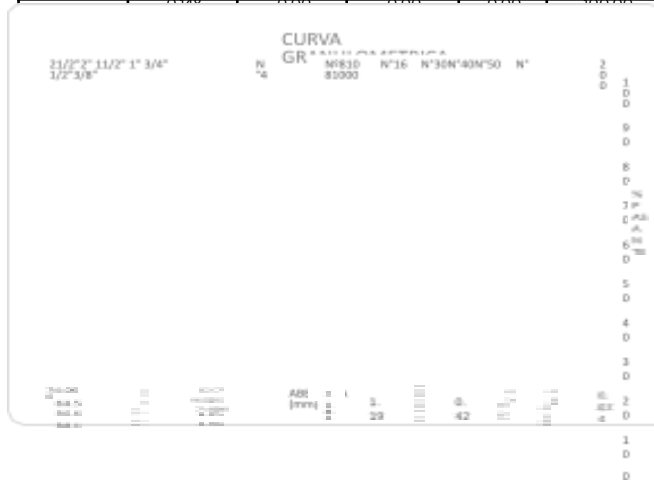
GRANULOMETRIA DE AGREGADOS

FECHA: 6/02/2022

GRUESOS Y FINOS

## ANÁLISIS GRANULOMETRIA DE AGREGADOS GRUESOS Y FINOS

FILLER			% Reten.	% Reten.	% Pasante
			0.00	0.00	0.00
			0.00	0.00	100.00
			0.00	0.00	100.00
			0.00	0.00	100.00
			0.00	0.00	100.00
			0.00	0.00	100.00
			0.00	0.00	100.00
tm - N°10	2.000	0.00	0.00	0.00	100.00
tm - N°16	1.185	0.00	0.00	0.00	100.00
tm - N°30	0.600	0.00	0.00	0.00	100.00
tm - N°40	0.425	0.00	0.00	0.00	100.00
tm - N°50	0.295	0.00	0.00	0.00	100.00
tm - N°80	0.175	0.00	0.00	0.00	100.00



*Juan Ernesto Tejada Diaz*  
 Juan Ernesto Tejada Diaz  
 JEFE DE LABORATORIO  
 COLDPIX E.I.R.L.

*Julio Adrian Rojas Poma*  
 Julio Adrian Rojas Poma  
 TÉCNICO DE LABORATORIO  
 COLDPIX E.I.R.L.



# LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

PROYECTO:

ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL SULFATO DE CROMO EN LA DEGRADACIÓN DEL ASFALTO EN EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE MEZCLA ASFÁLTICA EN PLANTA – HUANCAYO 2022

CLIENTE:

GUERREROS ECHEVARRÍA, LOURDES GARLET

CERTIFICADO: 2022-162

MATERIAL:

CEMENTO ASFÁLTICO 85-100

TEMPERATURA AMBIENTE:

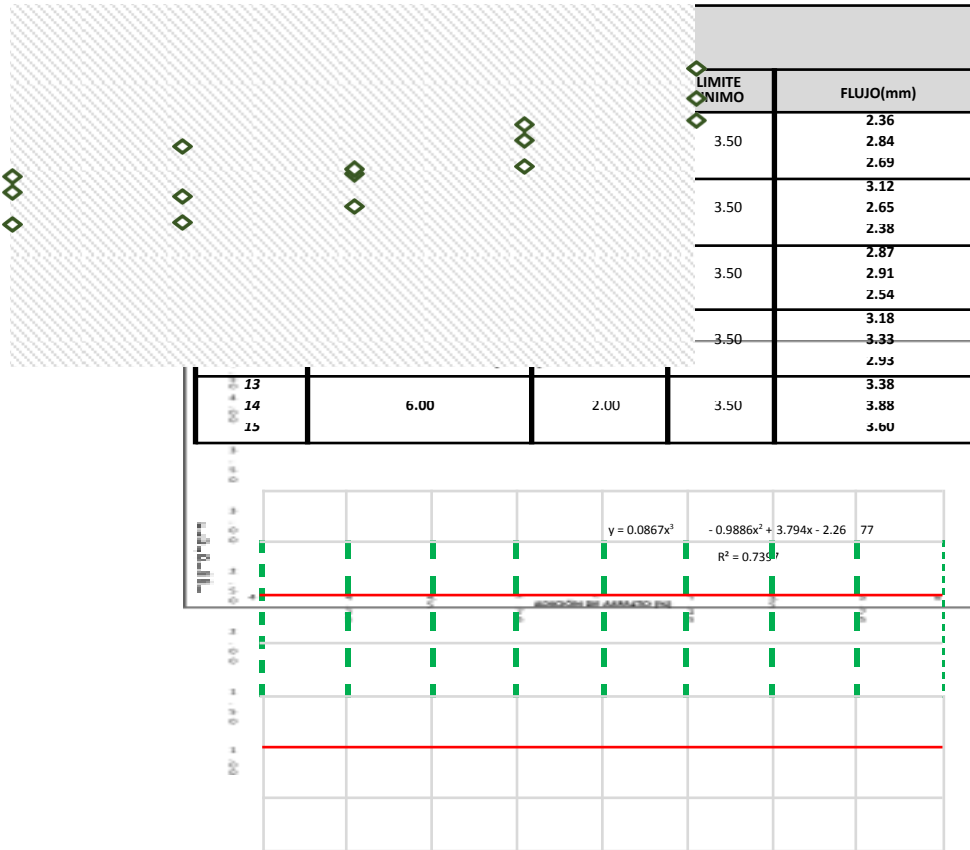
19°C

MUESTRA:

CEMENTO ASFÁLTICO 85-100

FECHA: 06/02/2022

**RESISTENCIA DE MEZCLA BITUMINOSAS EMPLEANDO MARSHALL**



*Juan Ernesto Tejada Diaz*  
**Juan Ernesto Tejada Diaz**  
 JEFE DE LABORATORIO  
 COLDFIX E.I.R.L.

*Julio Adrian Rojas Poma*  
**Julio Adrian Rojas Poma**  
 TÉCNICO DE LABORATORIO  
 COLDFIX E.I.R.L.



# LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

PROYECTO:

ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL SULFATO DE CROMO EN LA DEGRADACIÓN DEL ASFALTO EN EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE MEZCLA ASFÁLTICA EN PLANTA – HUANCAYO 2022

CLIENTE:

GUERREROS ECHEVARRÍA, LOURDES GARLET

CERTIFICADO: 2022-163

MATERIAL:

CEMENTO ASFÁLTICO 85-100

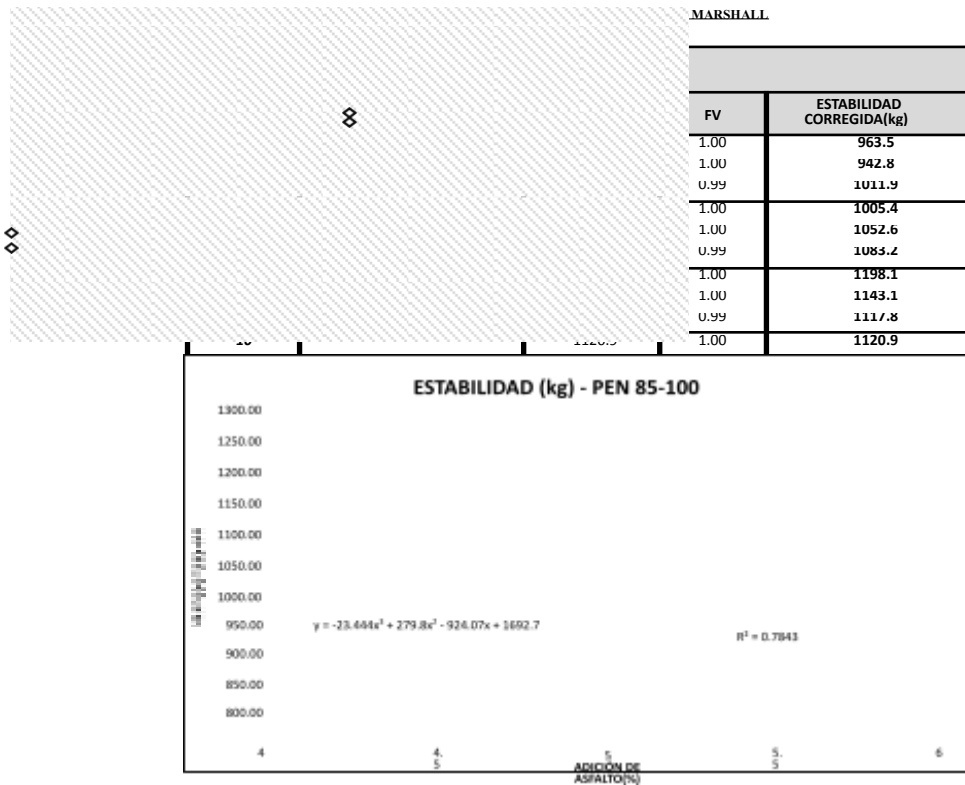
19°C

TEMPERATURA AMBIENTE:

MUESTRA:

CEMENTO ASFÁLTICO 85-100

FECHA: 06/02/2022



Juan Ernesto Tejada Diaz  
JEFE DE LABORATORIO  
COLDPIX E.I.R.L.

Julio Adrian Rojas Poma  
TECNICO DE LABORATORIO  
COLDPIX E.I.R.L.



## LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

**PROYECTO:** ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL SULFATO DE CROMO EN LA DEGRADACIÓN DEL ASFALTO EN EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE MEZCLA ASFÁLTICA EN PLANTA – HUANCAYO 2022

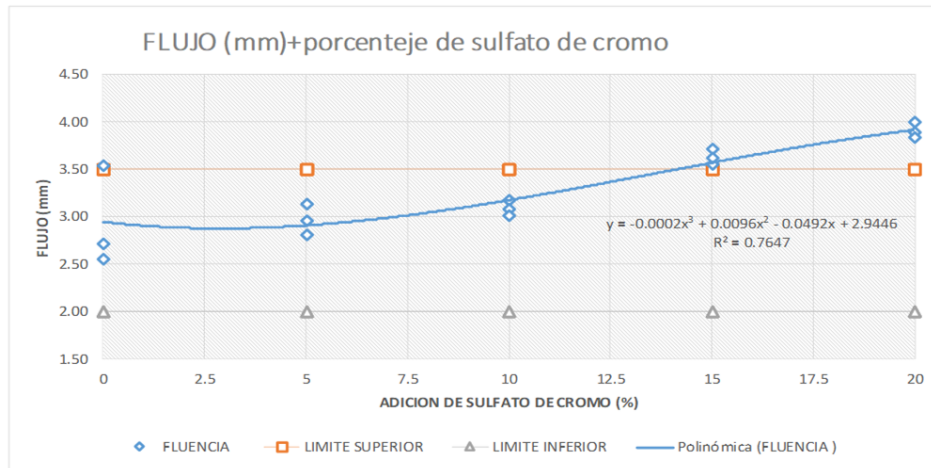
**CLIENTE:** GUERREROS ECHEVARRÍA, LOURDES GARLET **CERTIFICADO:** 2022-164

**MATERIAL:** CEMENTO ASFÁLTICO 85-100 **TEMPERATURA AMBIENTE:** 19°C

**MUESTRA:** CEMENTO ASFÁLTICO 85-100 **FECHA:** 6/02/2022

### RESISTENCIA DE MEZCLA BITUMINOSAS EMPLEANDO MARSHALL+SULFATO DE COMO

FLUJO EN EL ASFALTO				
# DE BRIQUETAS	PEN 85-100	LIMITE MAXIMO	LIMITE MINIMO	FLUJO(mm)
1				3.53
2	0.00	2.00	3.50	2.71
3				2.55
4				3.13
5	5.00	2.00	3.50	2.96
6				2.81
7				3.17
8	10.00	2.00	3.50	3.08
9				3.01
10				3.55
11	15.00	2.00	3.50	3.71
12				3.62
13				3.88
14	20.00	2.00	3.50	3.83
15				3.99



Juan Ernesto Tejada Díaz  
 JEFE DE LABORATORIO  
 GOLDFIX E.I.R.L.

Julio Adán Rojas Poma  
 TÉCNICO DE LABORATORIO  
 GOLDFIX E.I.R.L.





# LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

**PROYECTO:** ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL SULFATO DE CROMO EN LA DEGRADACIÓN DEL ASFALTO EN EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE MEZCLA ASFÁLTICA EN PLANTA – HUANCAYO 2022

**CLIENTE:** GUERREROS ECHEVARRÍA, LOURDES GARLET **CERTIFICADO:** 2022-165

**MATERIAL:** CEMENTO ASFALTICO 85-100 **TEMPERATURA AMBIENTE:** 19°C

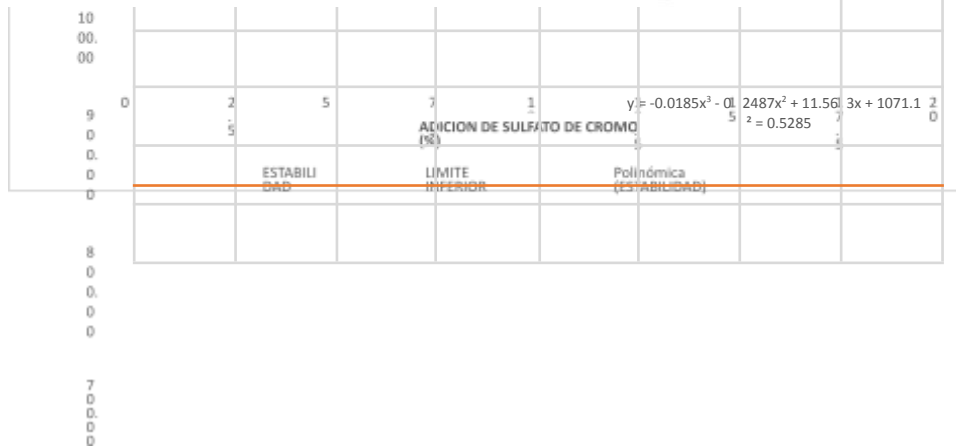
**MUESTRA:** CEMENTO ASFALTICO 85-100 **FECHA:** 6/02/2022

## RESISTENCIA DE MEZCLA BITUMINOSAS EMPLEANDO MARSHALL+ SULFATO DE CROMO

RESISTENCIA DE MEZCLA BITUMINOSAS EMPLEANDO MARSHALL+ SULFATO DE CROMO				
				ESTABILIDAD (kg)
				64.2
				42.1
				00.7
				06.2
				53.4
				71.6
				99.1
				43.6
9		1215.9	0.99	1203.8
10		1120.9	1.00	1120.9
11	ESTABILIDAD 5.50 (kg)+porcentaje de sulfato de cromo	1151.0	1.00	1151.0
12		1087.2	0.98	1065.5
				163.1
				173.2
				132.5

*Juan Ernesto Tejada Diaz*  
**Juan Ernesto Tejada Diaz**  
 JEFE DE LABORATORIO  
 COLDPIX E.I.R.L.

*Julio Adrian Rojas Poma*  
**Julio Adrian Rojas Poma**  
 TÉCNICO DE LABORATORIO  
 COLDPIX E.I.R.L.





## LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

**PROYECTO:** ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL SULFATO DE CROMO EN LA DEGRADACIÓN DEL ASFALTO EN EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE MEZCLA ASFÁLTICA EN PLANTA – HUANCAYO 2022

**CERTIFICADO:** 2022-172

**CLIENTE:**

GUERREROS ECHEVARRÍA, LOURDES GARLET

**MATERIAL:**

CEMENTO ASFÁLTICO 85-100

**TEMPERATURA AMBIENTE:** 19°C

**MUESTRA:**

CEMENTO ASFÁLTICO 85-100 + % SULFATO DE CROMO

**FECHA:** 08/02/2022

### VISCOSIDAD DE MEZCLA BITUMINOSAS EMPLEANDO BROOKFIELD + SULFATO DE CROMO

TIEMPO DE ALMACENADO	0 % SULFATO DE CROMO	5 % SULFATO DE CROMO	10 % SULFATO DE CROMO	15 % SULFATO DE CROMO
1	1.41	1.30	1.26	1.18
3	1.48	1.38	1.32	1.31
5	1.53	1.42	1.42	1.36
10	1.66	1.54	1.45	1.35
30	1.89	1.75	1.56	1.42
50	2.1	1.87	1.63	1.45
100	2.32	2.10	1.77	1.60
140	2.51	2.29	1.89	1.71



Juan Ernesto Tejada Diaz  
JEFE DE LABORATORIO  
COLDFIX E.I.R.L.

Julio Adrian Rojas Poma  
TÉCNICO DE LABORATORIO  
COLDFIX E.I.R.L.



# LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

PROYECTO:

ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL SUELO DE CROMO EN LA DEGRADACIÓN DEL ASFALTO EN EL PROCESO DE

PRODUCCIÓN DE MEZCLA ASFÁLTICA EN PLANTA – HUANCAYO 2022

GUERREROS ECHEVARRÍA, LOURDES GARLET

CERTIFICADO: 2022-173

CLIENTE: MATERIAL: MUESTRA:

CEMENTO ASFÁLTICO 85-100

TEMPERATURA AMBIENTE:


CEMENTO ASFÁLTICO 85-100 + % SULFATO DE CROMO

19°C

F  
E  
C  
H  
A  
:  
0  
8  
/  
0  
2  
/  
2  
0  
2  
2

## VISCOSIDAD DE MEZCLA BITUMINOSAS EMPLEANDO BROOKFIELD + SULFATO DE CROMO



  
 Juan Ernesto Tejada Diaz  
 JEFE DE LABORATORIO  
 COLDPIX E.I.R.L.

  
 Julio Adrian Rojas Poma  
 TÉCNICO DE LABORATORIO  
 COLDPIX E.I.R.L.



## LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

PROYECTO:

ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL SULFATO DE CROMO EN LA DEGRADACIÓN DEL ASFALTO EN EL PROCESO DE

PRODUCCIÓN DE MEZCLA ASFÁLTICA EN PLANTA – HUANCAYO 2022

GUERREROS ECHEVARRÍA, LOURDES GARLET

CERTIFICADO: 2022-174

CLIENTE: MATERIAL: MUESTRA:

CEMENTO ASFALTICO 85-100

TEMPERATURA AMBIENTE:

CEMENTO ASFALTICO 85-100 + % SULFATO DE CROMO

19°C

FECHA: 08/02/2022

### VISCOSIDAD DE MEZCLA BITUMINOSAS EMPLEANDO BROOKFIELD + SULFATO DE CROMO

3 HORA DE ALMACENADO				
TIEMPO DE MEZCLA	0 % SULFATO DE CROMO	5 % SULFATO DE CROMO	10 % SULFATO DE CROMO	15 % SULFATO DE CROMO
40	1.77	1.71	1.65	1.49
50	2.13	2.22	2.02	1.79
60	2.44	2.33	2.21	1.92
80	2.82	2.71	2.46	2.16
100	3.23	2.94	2.75	2.56
120	3.61	3.14	2.94	2.69
240	4.54	3.8	3.62	3.28
360	5.24	4.6	4.16	3.95



Juan Ernesto Tejada Diaz  
JEFE DE LABORATORIO  
COLDPIX E.I.R.L.

Julio Adrian Rojas Poma  
TÉCNICO DE LABORATORIO  
COLDPIX E.I.R.L.



## LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

PROYECTO:

ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL SULFATO DE CROMO EN LA DEGRADACIÓN DEL ASFALTO EN EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE MEZCLA ASFÁLTICA EN PLANTA – HUANCAYO 2022

CLIENTE:

GUERREROS ECHEVARRÍA, LOURDES GARLET

CERTIFICADO:

2022-175

MATERIAL:

CEMENTO ASFÁLTICO 85-100

TEMPERATURA AMBIENTE:

21.1

MUESTRA:

CEMENTO ASFÁLTICO 85-100 + % SULFATO DE CROMO

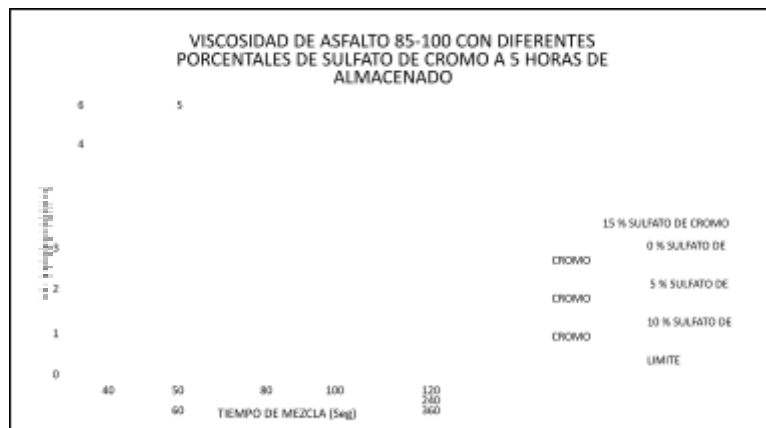
PRECIPITACIÓN:

08/00/2022

### VISCOSIDAD DE MEZCLA BITUMINOSAS EMPLEANDO BROOKFIELD + SULFATO DE CROMO

#### 5 HORA DE ALMACENADO

TIEMPO DE MEZCLA	0 % SULFATO DE CROMO	5 % SULFATO DE CROMO	10 % SULFATO DE CROMO	15 % SULFATO DE CROMO
40	1.88	1.78	1.74	1.57
50	2.21	2.29	2.13	1.91
60	2.55	2.47	2.27	2.04
80	2.91	2.74	2.52	2.21
100	3.33	3	2.86	2.59
120	3.69	3.15	2.94	2.77
240	4.69	3.93	3.74	3.33
360	5.28	4.61	4.27	3.89



Juan Ernesto Tejada Diaz  
 JEFE DE LABORATORIO  
 COLDPIX E.I.R.L.

Julio Adrian Rojas Poma  
 TÉCNICO DE LABORATORIO  
 COLDPIX E.I.R.L.



## LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

PROYECTO:

ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL SULFATO DE CROMO EN LA DEGRADACIÓN DEL ASFALTO EN EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE MEZCLA ASFÁLTICA EN PLANTA – HUANCAYO 2022

CLIENTE:

GUERREROS ECHEVARRÍA, LOURDES GARLET

CERTIFICADO:

10000

MATERIAL:

CEMENTO ASFÁLTICO 85-100

TEMPERATURA AMBIENTE:

18

MUESTRA:

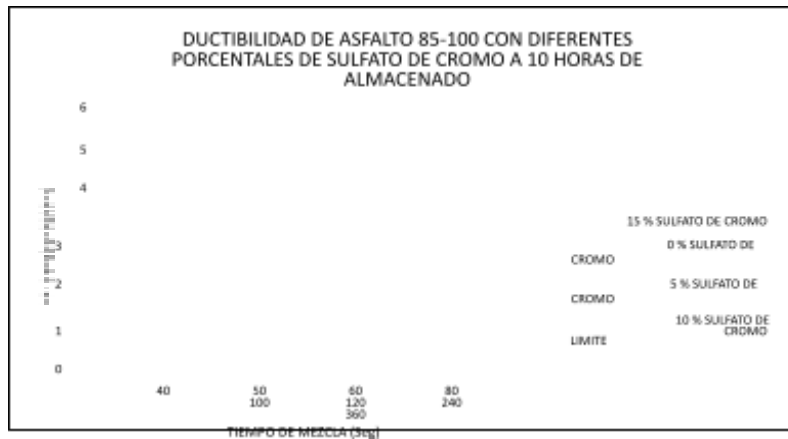
CEMENTO ASFÁLTICO 85-100 + % SULFATO DE CROMO

18

10000

**VISCOSIDAD DE MEZCLA BITUMINOSA EMPLEANDO BROOKFIELD - SULFATO DE CROMO**

10 HORA DE ALMACENADO				
TIEMPO DE MEZCLA	0 % SULFATO DE CROMO	5 % SULFATO DE CROMO	10 % SULFATO DE CROMO	15 % SULFATO DE CROMO
40	1.93	2.01	1.83	1.73
50	2.37	2.41	2.23	1.98
60	2.68	2.51	2.35	2.13
80	2.96	2.8	2.58	2.31
100	3.42	3.1	2.92	2.63
120	3.74	3.2	3.01	2.81
240	4.62	3.95	3.71	3.39
360	5.37	4.62	4.24	3.85



  
 Juan Ernesto Tejada Diaz  
 JEFE DE LABORATORIO  
 COLDFIX E.I.R.L.

  
 Julio Adrián Rojas Poma  
 TÉCNICO DE LABORATORIO  
 COLDFIX E.I.R.L.



## LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

PROYECTO:

ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL SULFATO DE CROMO EN LA DEGRADACIÓN DEL ASFALTO EN EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE MEZCLA ASFÁLTICA EN PLANTA – HUANCAYO 2022

CLIENTE:

GUERREROS ECHEVARRÍA, LOURDES GARLET

CERTIFICADO:

170

MATERIAL:

CEMENTO ASFÁLTICO 85-100

TEMPERATURA AMBIENTE:

18

MUESTRA:

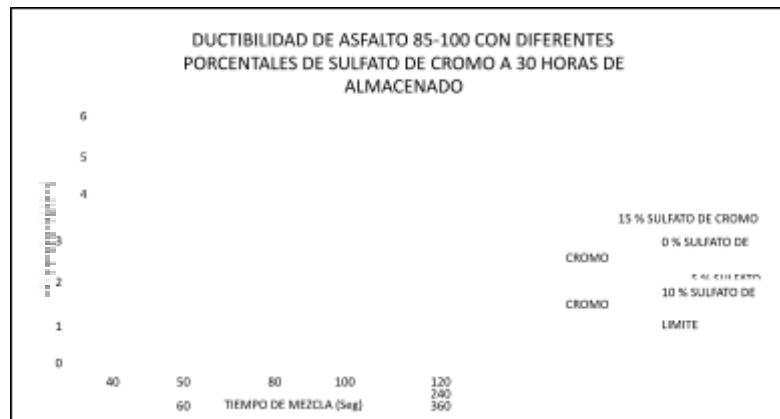
CEMENTO ASFÁLTICO 85-100 + % SULFATO DE CROMO

170

08/02/2022

### VISCOSIDAD DE MEZCLA BITUMINOSAS EMPLEANDO BROOKFIELD – SULFATO DE CROMO

30 HORA DE ALMACENADO				
TIEMPO DE MEZCLA	0 % SULFATO DE CROMO	5 % SULFATO DE CROMO	10 % SULFATO DE CROMO	15 % SULFATO DE CROMO
40	2.08	2.17	1.93	1.84
50	2.44	2.45	2.3	2.06
60	2.7	2.62	2.46	2.23
80	3.04	2.87	2.66	2.37
100	3.59	3.13	2.91	2.68
120	3.81	3.35	3.07	2.83
240	4.72	4	3.78	3.47
360	5.41	4.74	4.38	4.02



*Juan Ernesto Tejada Díaz*  
 Juan Ernesto Tejada Díaz  
 JEFE DE LABORATORIO  
 COLDPIX E.L.R.L.

*Julio Adrián Rojas Poma*  
 Julio Adrián Rojas Poma  
 TÉCNICO DE LABORATORIO  
 COLDPIX E.L.R.L.



## LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

PROYECTO:

ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL SULFATO DE CROMO EN LA DEGRADACIÓN DEL ASFALTO EN EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE MEZCLA ASFÁLTICA EN PLANTA – HUANCAYO 2022

CLIENTE:

GUERREROS ECHEVARRÍA, LOURDES GARLET

CERTIFICADO:

01/2022

MATERIAL:

CEMENTO ASFÁLTICO 85-100

TEMPERATURA AMBIENTE:

18 °C

MUESTRA:

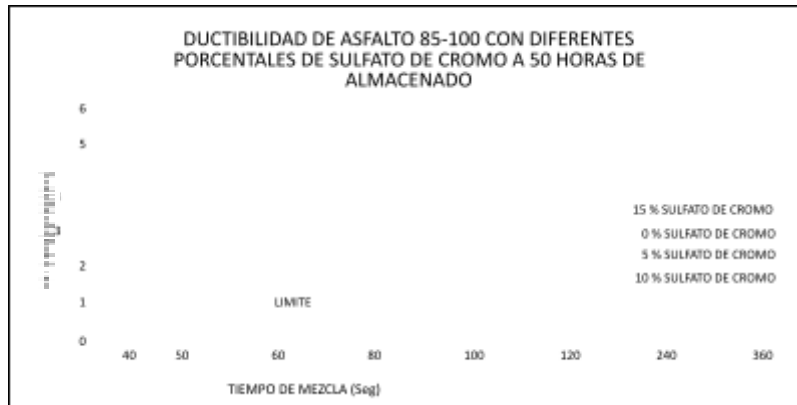
CEMENTO ASFÁLTICO 85-100 + % SULFATO DE CROMO

PREPARADO:

08/06/2022

### VISCOSIDAD DE MEZCLA BITUMINOSA EMPLEANDO BROOKFIELD - SULFATO DE CROMO

50 HORA DE ALMACENADO				
TIEMPO DE MEZCLA	0 % SULFATO DE CROMO	5 % SULFATO DE CROMO	10 % SULFATO DE CROMO	15 % SULFATO DE CROMO
40	2.15	2.22	2.07	1.85
50	2.58	2.47	2.34	2.22
60	2.78	2.73	2.5	2.32
80	3.21	2.95	2.69	2.47
100	3.64	3.16	3.01	2.71
120	3.92	3.29	3.12	2.95
240	4.86	4.08	3.86	3.54
360	5.46	4.75	4.47	4.18



  
 Juan Ernesto Tejada Diaz  
 JEFE DE LABORATORIO  
 COLDPIX E.I.R.L.

  
 Julio Adrian Rojas Poma  
 TÉCNICO DE LABORATORIO  
 COLDPIX E.I.R.L.





## LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

PROYECTO:

ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL SULFATO DE CROMO EN LA DEGRADACIÓN DEL ASFALTO EN EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE MEZCLA ASFÁLTICA EN PLANTA – HUANCAYO 2022

CLIENTE: MATERIAL: MUESTRA:

GUERREROS ECHEVARRÍA, LOURDES GARLET

CERTIFICADO: 2022-179

CEMENTO ASFÁLTICO 85-100

TEMPERATURA AMBIENTE:

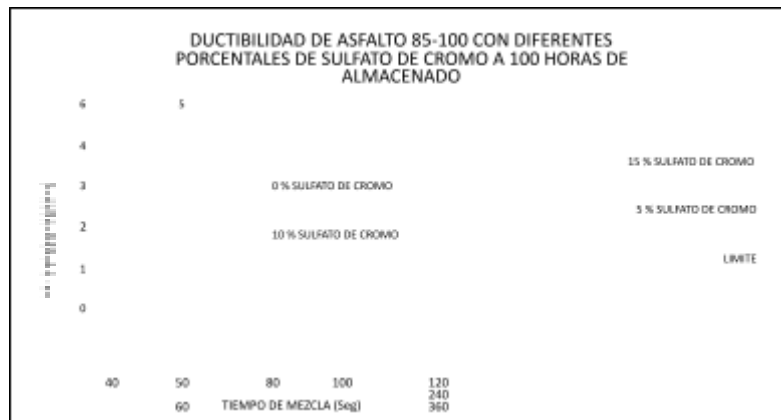
CEMENTO ASFÁLTICO 85-100 + % SULFATO DE CROMO

19°C

FECHA: 08/02/2022

VISCOSIDAD DE MEZCLA BITUMINOSAS EMPLEANDO BROOKFIELD + S SULFATO DE CROMO

100 HORA DE ALMACENADO				
TIEMPO DE MEZCLA	0 % SULFATO DE CROMO	5 % SULFATO DE CROMO	10 % SULFATO DE CROMO	15 % SULFATO DE CROMO
40	2.24	2.33	2.12	2.02
50	2.49	2.55	2.38	2.27
60	2.82	2.78	2.56	2.36
80	3.14	3.02	2.74	2.54
100	3.77	3.23	3.04	2.79
120	4.13	3.42	3.21	2.98
240	4.94	4.15	3.91	3.62
360	5.54	4.87	4.52	4.22



Juan Ernesto Tejada Diaz  
JEFE DE LABORATORIO  
COLDPIX E.I.R.L.

Julio Adrian Rojas Poma  
TÉCNICO DE LABORATORIO  
COLDPIX E.I.R.L.



## LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

PROYECTO:

ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL SULFATO DE CROMO EN LA DEGRADACIÓN DEL ASFALTO EN EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE MEZCLA ASFÁLTICA EN PLANTA - HUANCAYO 2022

CLIENTE: MATERIAL:

GUERREROS ECHEVARRÍA, LOURDES GARLET

CERTIFICADO: 2022-180

CEMENTO ASFÁLTICO 85-100

TEMPERATURA AMBIENTE:

19°C

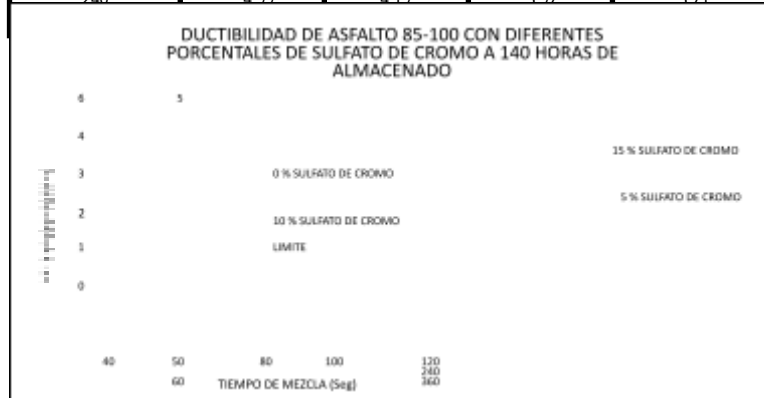
MUESTRA:

CEMENTO ASFÁLTICO 85-100 + % SULFATO DE CROMO

FECHA: 08/02/2022

### VISCOSIDAD DE MEZCLA BITUMINOSAS EMPLEANDO BROOKEFIELD + SULFATO DE CROMO

140 HORA DE ALMACENADO				
TIEMPO DE MEZCLA	0 % SULFATO DE CROMO	5 % SULFATO DE CROMO	10 % SULFATO DE CROMO	15 % SULFATO DE CROMO
40	2.31	2.35	2.14	2.08
50	2.48	2.6	2.43	2.3
60	2.86	2.85	2.67	2.39
80	3.17	3.06	2.82	2.62
100	3.82	3.3	3.1	2.87
120	4.23	3.4	3.17	2.97
240	4.99	4.19	3.97	3.71



Juan Ernesto Tejada Diaz  
JEFE DE LABORATORIO  
COLDPIX E.I.R.L.

Julio Adrian Rojas Poma  
TECNICO DE LABORATORIO  
COLDPIX E.I.R.L.



## LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

PROYECTO:

ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL SULFATO DE CROMO EN LA DEGRADACIÓN DEL ASFALTO EN EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE MEZCLA ASFÁLTICA EN PLANTA – HUANCAYO 2022

CLIENTE:

GUERREROS ECHEVARRÍA, LOURDES GARLET

CERTIFICADO:

08/02/2022

MATERIAL:

CEMENTO ASFÁLTICO 85-100

TEMPERATURA AMBIENTE:

18

MUESTRA:

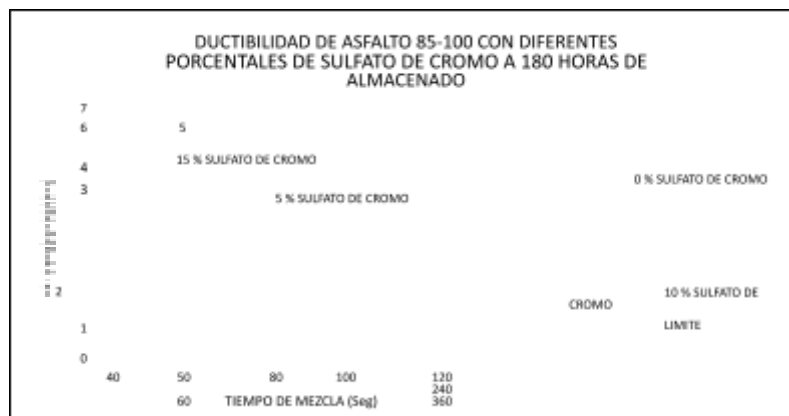
CEMENTO ASFÁLTICO 85-100 + % SULFATO DE CROMO

FECHA:

08/02/2022

### VISCOSIDAD DE MEZCLA BITUMINOSAS EMPLEANDO BROOKFIELD + SULFATO DE CROMO

180 HORA DE ALMACENADO				
TIEMPO DE MEZCLA	0 % SULFATO DE CROMO	5 % SULFATO DE CROMO	10 % SULFATO DE CROMO	15 % SULFATO DE CROMO
40	2.42	2.38	2.31	2.03
50	2.65	2.68	2.51	2.26
60	2.98	2.83	2.72	2.47
80	3.37	3.14	2.91	2.67
100	3.92	3.36	3.15	2.91
120	4.37	3.5	3.26	3.08
240	5.09	4.26	4.06	3.83
360	5.8	5.05	4.72	4.36



*Juan Ernesto Tejada Diaz*  
 Juan Ernesto Tejada Diaz  
 JEFE DE LABORATORIO  
 COLDPIX E.I.R.L.

*Julio Adrian Rojas Poma*  
 Julio Adrian Rojas Poma  
 TÉCNICO DE LABORATORIO  
 COLDPIX E.I.R.L.



## LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

PROYECTO:

ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL SULFATO DE CROMO EN LA DEGRADACIÓN DEL ASFALTO EN EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE MEZCLA ASFÁLTICA EN PLANTA – HUANCAYO 2022

CLIENTE:

GUERREROS ECHEVARRÍA, LOURDES GARLET

CERTIFICADO:

1822

MATERIAL:

CEMENTO ASFÁLTICO 85-100

TEMPERATURA AMBIENTE: 18°C

MUESTRA:

CEMENTO ASFÁLTICO 85-100 + % SULFATO DE CROMO

PRELIMINAR

05/02/2022

### VISCOSIDAD DE MEZCLA BITUMINOSA EMPLEANDO BROTUNFIELD - SULFATO DE CROMO

VISCOSIDAD DEL ASFALTO PEN 85-100									
	1 HORA	2 HORAS	5 HORAS	10 HORAS	20 HORAS	40 HORAS	80 HORAS	120 HORAS	180 HORAS
40	1.62	1.77	1.88	1.93	2.08	2.15	2.24	2.31	2.42
50	2.08	2.13	2.21	2.37	2.44	2.58	2.49	2.48	2.65
60	2.34	2.44	2.55	2.68	2.7	2.78	2.82	2.86	2.98
80	2.68	2.82	2.91	2.96	3.04	3.21	3.14	3.17	3.37
100	3.12	3.23	3.33	3.42	3.59	3.64	3.77	3.82	3.92
120	3.53	3.61	3.69	3.74	3.81	3.92	4.08	4.23	4.37
240	4.48	4.54	4.69	4.62	4.77	4.89	4.94	4.99	5.09
360	5.17	5.24	5.28	5.37	5.47	5.46	5.54	5.59	5.8



*Juan Ernesto Tejada Diaz*  
 Juan Ernesto Tejada Diaz  
 JEFE DE LABORATORIO  
 COLDFIX E.I.R.L.

*Julio Adrian Rojas Poma*  
 Julio Adrian Rojas Poma  
 TÉCNICO DE LABORATORIO  
 COLDFIX E.I.R.L.



## LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

PROYECTO:

ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL SULFATO DE CROMO EN LA DEGRADACIÓN DEL ASFALTO EN EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE MEZCLA ASFÁLTICA EN PLANTA – HUANCAYO 2022

CLIENTE: MATERIAL: MUESTRA:

GUERREROS ECHEVARRÍA, LOURDES

CERTIFICADO: 2022-183

GARLET CEMENTO ASFÁLTICO 85-100

TEMPERATURA AMBIENTE:

CEMENTO ASFÁLTICO 85-100 + % SULFATO DE CROMO

19°C

FECHA: 08/02/2022

VISCOSIDAD DE MEZCLA BITUMINOSAS EMPLEANDO BROOKFIELD + SULFATO DE CROMO

VISCOSIDAD DEL ASFALTO PEN 85-100 Y 5 % DE SULFATO DE CROMO									
	1 hora	2 horas	5 horas	10 horas	20 horas	40 horas	80 horas	120 horas	180 horas
40	1.59	1.71	1.76	2.01	2.17	2.22	2.33	2.39	2.38
50	2.07	2.22	2.29	2.41	2.49	2.47	2.59	2.6	2.68
60	2.22	2.35	2.47	2.51	2.62	2.73	2.78	2.85	2.83
80	2.57	2.71	2.74	2.8	2.87	2.95	3.02	3.08	3.14
100	2.86	2.94	3	3.1	3.13	3.2	3.23	3.2	3.36
120	3.01	3.14	3.15	3.2	3.28	3.3	3.42	3.4	3.5
240	3.79	3.8	3.93	3.95	4.02	4.08	4.15	4.19	4.26
360	4.52	4.6	4.63	4.62	4.74	4.75	4.87	4.91	5.05





## LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

PROYECTO:

ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL SULFATO DE CROMO EN LA DEGRADACIÓN DEL ASFALTO EN EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE MEZCLA ASFÁLTICA EN PLANTA – HUANCAYO 2022

CLIENTE:

GUERREROS ECHEVARRÍA, LOURDES GARLET

CERTIFICADO:

1824

MATERIALES:

CEMENTO ASFÁLTICO 85-100

TEMPERATURA AMBIENTE:

11

MUESTRIA:

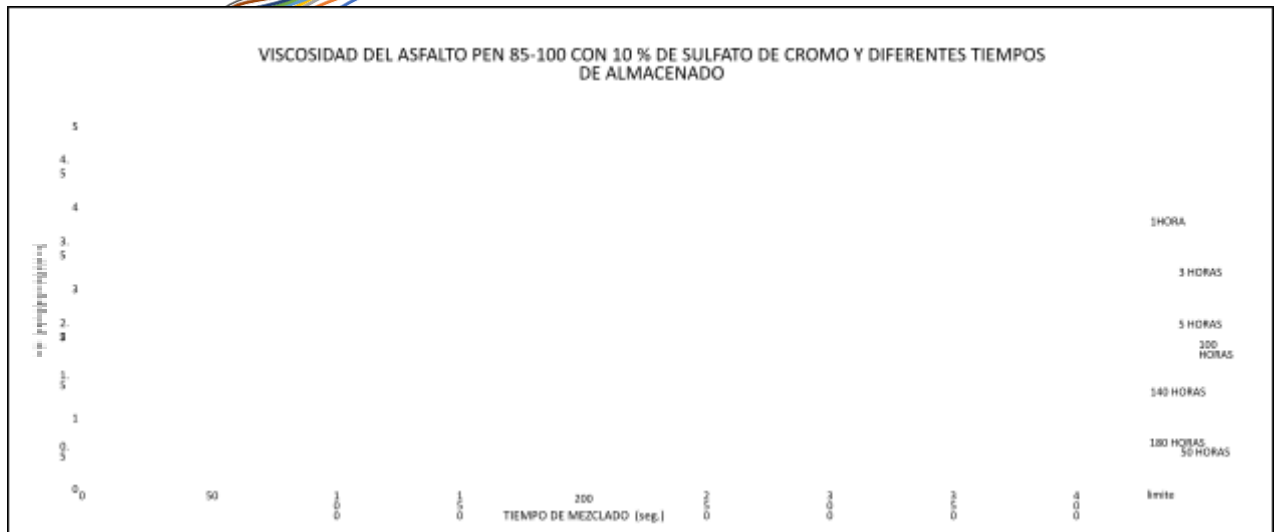
CEMENTO ASFÁLTICO 85-100 + % SULFATO DE CROMO

1824

08/02/2022

### VISCOSIDAD DE MEZCLA BITUMINOSAS EMPLEANDO BROOKFIELD - SULFATO DE CROMO

VISCOSIDAD DEL ASFALTO PEN 85-100 Y 10% DE SULFATO DE CROMO												
	1 hora	2 horas	5 horas	10 horas	20 horas	40 horas	80 horas	120 horas	180 horas			
40	1.58	1.65	1.74	1.83	1.93	2.07	2.12	2.14	2.31			
50	2.02	2.07	2.13	2.23	2.3	2.34	2.38	2.43	2.51			
60	2.12	2.23	2.27	2.33	2.46	2.5	2.58	2.67	2.72			
80	2.36	2.46	2.52	2.58	2.66	2.68	2.74	2.84	2.91			
100	2.6	2.75	2.86	2.92	2.98	3.02	3.04	3.1	3.15			
120	2.89	2.94	2.94	3.06	3.08	3.12	3.21	3.17	3.26			
240	3.52	3.62	3.72	3.78	3.78	3.86	3.91	3.97	4.06			
360	4.19	4.16	4.24	4.24	4.38	4.47	4.52	4.62	4.72			



*Juan Ernesto Tejada Diaz*  
**Juan Ernesto Tejada Diaz**  
 JEFE DE LABORATORIO  
 COLDPIX E.I.R.L.

*Julio A. Rojas Poma*  
**Julio A. Rojas Poma**  
 TÉCNICO DE LABORATORIO  
 COLDPIX E.I.R.L.



# LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

PROYECTO:

ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL SULFATO DE CROMO EN LA DEGRADACIÓN DEL ASFALTO EN EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE MEZCLA ASFÁLTICA EN PLANTA – HUANCAYO 2022

CLIENTE:

GUERREROS ECHEVARRÍA, LOURDES GARLET

CERTIFICADO:

18/01

MATERIAL:

CEMENTO ASFÁLTICO 85-100

TEMPERATURA AMBIENTE:

18

MUESTRA:

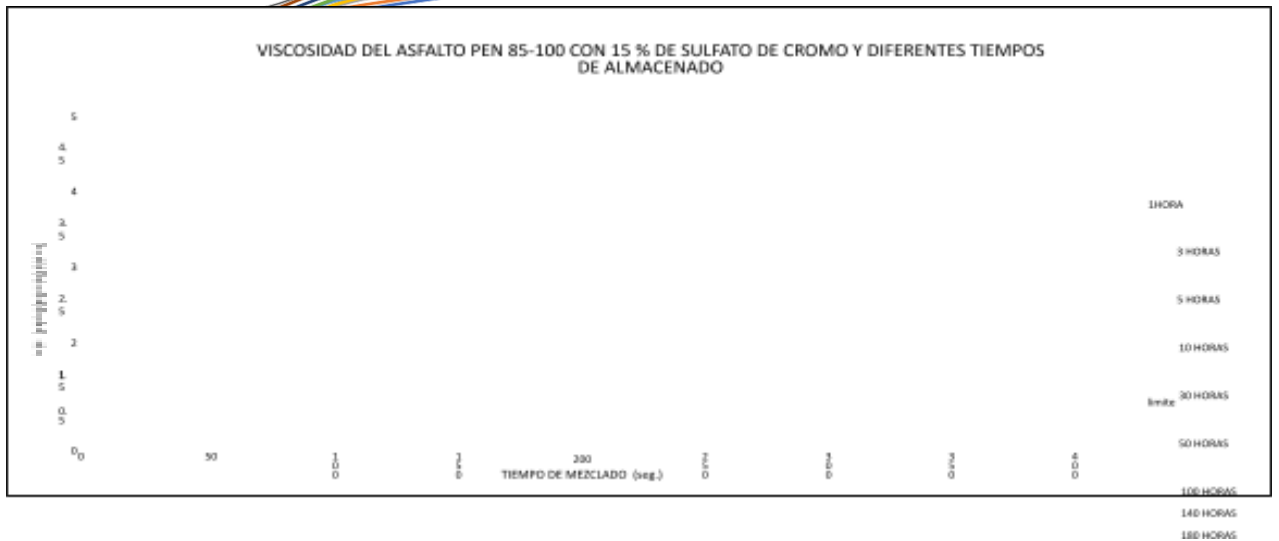
CEMENTO ASFÁLTICO 85-100 + % SULFATO DE CROMO

FECHA DE EMISIÓN:

08/02/2022

VISCOSIDAD DE MEZCLA BITUMINOSAS EMPLEANDO BROOKFIELD - SULFATO DE CROMO

VISCOSIDAD DEL ASFALTO PEN 85-100 Y 15 % DE SULFATO DE CROMO									
	1 hora	2 horas	5 horas	10 horas	20 horas	40 horas	80 horas	120 horas	180 horas
40	1.36	1.49	1.57	1.73	1.84	1.85	2.02	2.08	2.03
50	1.68	1.79	1.91	1.98	2.06	2.22	2.27	2.3	2.26
60	1.77	1.92	2.04	2.13	2.23	2.32	2.36	2.39	2.47
80	2.01	2.16	2.21	2.31	2.37	2.47	2.54	2.62	2.67
100	2.41	2.56	2.59	2.63	2.68	2.71	2.79	2.87	2.91
120	2.62	2.69	2.77	2.81	2.83	2.85	2.98	2.97	3.08
240	3.21	3.28	3.33	3.37	3.41	3.54	3.62	3.71	3.83
360	3.84	3.95	3.89	3.92	4.02	4.18	4.22	4.34	4.36



*Juan Ernesto Tejada Diaz*  
**Juan Ernesto Tejada Diaz**  
 JEFE DE LABORATORIO  
 COLDPIX E.I.R.L.

*Julio Adrian Rojas Poma*  
**Julio Adrian Rojas Poma**  
 TÉCNICO DE LABORATORIO  
 COLDPIX E.I.R.L.



## LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

PROYECTO:

ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL SULFATO DE CROMO EN LA DEGRADACIÓN DEL ASFALTO EN EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE MEZCLA ASFÁLTICA EN PLANTA – HUANCAYO 2022

CERTIFICADO: 2022-188

CLIENTE:

GUERREROS ECHEVARRÍA, LOURDES

TEMPERATURA AMBIENTE: 19°C

MATERIAL:

CEMENTO ASFÁLTICO 85-100

FECHA: 11/02/2022

MUESTRA:

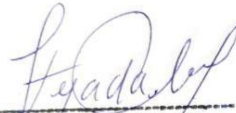
CEMENTO ASFÁLTICO 85-100 + % SULFATO DE

CROMO

### DUCTILIDAD DE MEZCLA BITUMINOSAS EMPLEANDO DUCTILIMETRO + SULFATO DE CROMO

TIEMPO DE ALMACENADO	0 % SULFATO DE CROMO	5 % SULFATO DE CROMO	10 % SULFATO DE CROMO	15 % SULFATO DE CROMO
0	128	129	134	134
1	129	132	129	134
3	123	124	124	130
5	115	117	122	123
10	99	110	113	119
30	86	95	104	116
50	73	85	93	108
100	61	68	80	99
140	47	59	76	87
180	32	51	72	81



  
Juan Ernesto Tejada Diaz  
JEFE DE LABORATORIO  
COLDPIX E.I.R.L.

  
Julio Adrian Rojas Poma  
TÉCNICO DE LABORATORIO  
COLDPIX E.I.R.L.





## LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

PROYECTO:

ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL SULFATO DE CROMO EN LA DEGRADACIÓN DEL ASFALTO EN EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE MEZCLA ASFÁLTICA EN PLANTA – HUANCAYO 2022

CLIENTE: MATERIAL: MUESTRA:

GUERREROS ECHEVARRÍA, LOURDES GARLET

CERTIFICADO: 2022-189

CEMENTO ASFÁLTICO 85-100

TEMPERATURA AMBIENTE:

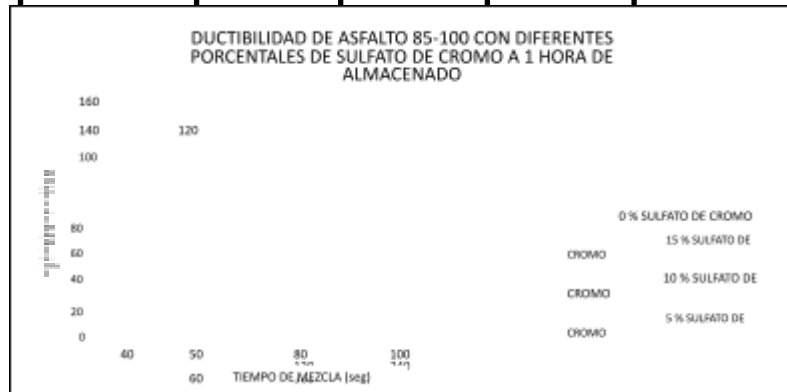
CEMENTO ASFÁLTICO 85-100 + % SULFATO DE CROMO

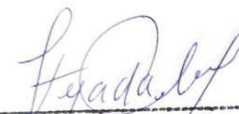
19°C

FECHA: 11/02/2022

DUCTIBILIDAD DE MEZCLA BITUMINOSA EMPLEANDO DUCTILIMETRO + SULFATO DE CROMO

1 HORA DE ALMACENADO				
TIEMPO DE MEZCLA	0 % SULFATO DE CROMO	5 % SULFATO DE CROMO	10 % SULFATO DE CROMO	15 % SULFATO DE CROMO
40	134	124	112	116
50	132	122	112	114
60	129	118	111	107
80	122	114	105	96
100	114	107	96	91
120	105	100	91	83
240	89	81	62	50
360	56	41	31	21



  
 Juan Ernesto Tejada Diaz  
 JEFE DE LABORATORIO  
 COLDFIX E.I.R.L.

  
 Julio Adrian Rojas Poma  
 TÉCNICO DE LABORATORIO  
 COLDFIX E.I.R.L.



## LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

PROYECTO:

ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL SULFATO DE CROMO EN LA DEGRADACIÓN DEL ASFALTO EN EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE MEZCLA ASFÁLTICA EN PLANTA – HUANCAYO 2022

CLIENTE: MATERIAL: MUESTRA:

CEMENTO ASFÁLTICO 85-100

CERTIFICADO: 2022-190

CEMENTO ASFÁLTICO 85-100 + % SULFATO DE CROMO

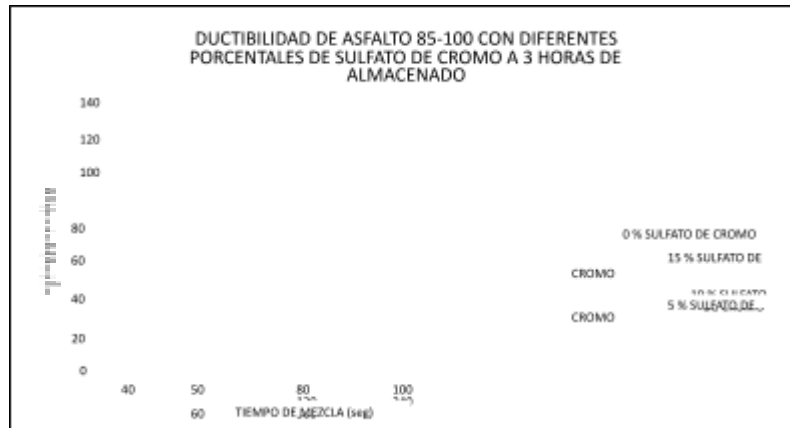
TEMPERATURA AMBIENTE:

19°C

FECHA: 11/02/2022

### DUCTIBILIDAD DE MEZCLA BITUMINOSAS EMPLEANDO DUCTILIMETRO + SULFATO DE CROMO

3 HORA DE ALMACENADO				
TIEMPO DE MEZCLA	0 % SULFATO DE CROMO	5 % SULFATO DE CROMO	10 % SULFATO DE CROMO	15 % SULFATO DE CROMO
40	132	122	109	107
50	130	121	109	98
60	127	117	107	94
80	120	109	102	89
100	109	100	94	86
120	98	95	88	76
240	85	76	58	45
360	54	33	28	16



Juan Ernesto Tejada Diaz  
JEFE DE LABORATORIO  
COLDPIX E.I.R.L.

Julio Adrian Rojas Poma  
TÉCNICO DE LABORATORIO  
COLDPIX E.I.R.L.



## LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

PROYECTO:

ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL SULFATO DE CROMO EN LA DEGRADACIÓN DEL ASFALTO EN EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE MEZCLA ASFÁLTICA EN PLANTA – HUANCAYO 2022

CLIENTE:

GUERREROS ECHEVARRÍA, LOURDES GARLET

CERTIFICADO:

00000000000000000000

MATERIAL:

CEMENTO ASFÁLTICO 85-100

TEMPERATURA AMBIENTE:

18 °C

MUESTRA:

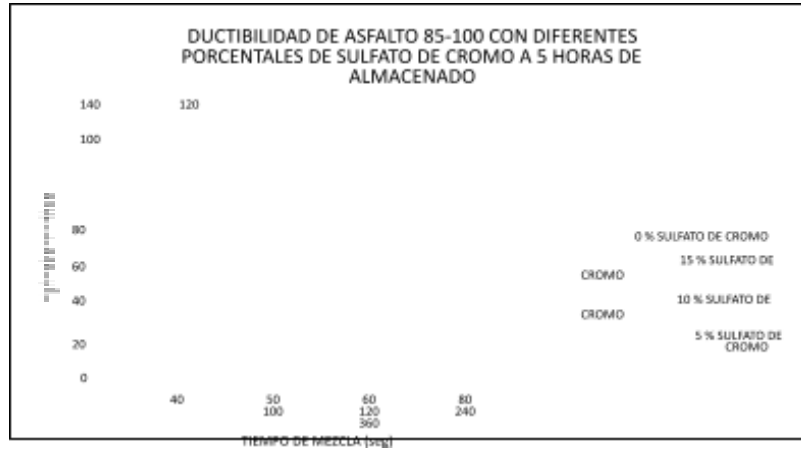
CEMENTO ASFÁLTICO 85-100 + % SULFATO DE CROMO

00000000000000000000

11/02/2022

### DUCTIBILIDAD DE MEZCLA BITUMINOSA EMPLEANDO DUCTILIMETRO + SULFATO DE CROMO

5 HORA DE ALMACENADO				
TIEMPO DE MEZCLA	0 % SULFATO DE CROMO	5 % SULFATO DE CROMO	10 % SULFATO DE CROMO	15 % SULFATO DE CROMO
40	128	117	105	96
50	127	116	102	95
60	124	109	99	92
80	116	102	95	89
100	102	97	86	81
120	95	89	80	72
240	79	76	51	48
360	53	33	25	16



*Juan Ernesto Tejada Diaz*  
 Juan Ernesto Tejada Diaz  
 JEFE DE LABORATORIO  
 COLDPIX E.I.R.L.

*Julio Adrian Rojas Poma*  
 Julio Adrian Rojas Poma  
 TÉCNICO DE LABORATORIO  
 COLDPIX E.I.R.L.



## LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

PROTEC:  
T0:

ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL SULFATO DE CROMO EN LA DEGRADACIÓN DEL ASFALTO EN EL PROCESO DE

PRODUCCIÓN DE MEZCLA ASFÁLTICA EN PLANTA – HUANCAYO 2022

CLIENTE: MATERIAL: MUESTRA:

GUERREROS ECHEVARRÍA, LOURDES

CERTIFICADO: 2022-192

GARLET CEMENTO ASFÁLTICO 85-100

TEMPERATURA AMBIENTE:

CEMENTO ASFÁLTICO 85-100 + % SULFATO DE CROMO

19°C

FECHA: 11/02/2022

### DUCTILIDAD DE MEZCLA BITUMINOSAS EMPLEANDO DUCTILIMETRO + SULFATO DE CROMO

10 HORA DE ALMACENADO				
TIEMPO DE MEZCLA	0 % SULFATO DE CROMO	5 % SULFATO DE CROMO	10 % SULFATO DE CROMO	15 % SULFATO DE CROMO
40	124	112	101	92
50	123	110	95	90
60	120	105	95	86
80	108	97	91	80
100	97	92	83	76
120	91	87	78	66
240	72	68	47	34
360	48	28	22	11



Juan Ernesto Tejada Díaz  
JEFE DE LABORATORIO  
COLDFIX E.I.R.L.

Julio Adrian Rojas Poma  
TÉCNICO DE LABORATORIO  
COLDFIX E.I.R.L.



## LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

PROYECTO:  
TÍTULO:

ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL SULFATO DE CROMO EN LA DEGRADACIÓN DEL ASFALTO EN EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE MEZCLA ASFÁLTICA EN PLANTA – HUANCAYO 2022

CLIENTE: MATERIAL: MUESTRA:

GUERREROS ECHEVARRÍA, LOURDES GARLET

CERTIFICADO: 2022-193

CEMENTO ASFÁLTICO 85-100

TEMPERATURA AMBIENTE:

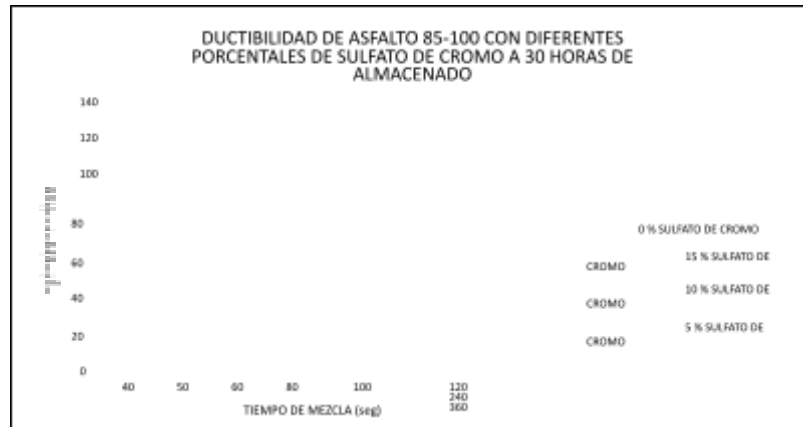
CEMENTO ASFÁLTICO 85-100 + % SULFATO DE CROMO

19°C

FECHA: 11/02/2022

DUCTILIDAD DE MEZCLA BITUMINOSA EMPLEANDO DUCTILIMETRO + SULFATO DE CROMO

30 HORA DE ALMACENADO				
TIEMPO DE MEZCLA	0 % SULFATO DE CROMO	5 % SULFATO DE CROMO	10 % SULFATO DE CROMO	15 % SULFATO DE CROMO
40	120	107	98	87
50	115	105	95	86
60	111	101	91	82
80	103	93	89	77
100	94	87	80	71
120	89	83	73	63
240	69	60	42	36
360	47	29	20	12



Juan Ernesto Tejada Diaz  
JEFE DE LABORATORIO  
COLDPIX E.I.R.L.

Julio Adolfo Rojas Poma  
TÉCNICO DE LABORATORIO  
COLDPIX E.I.R.L.



## LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

PROYECTO:

ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL SULFATO DE CROMO EN LA DEGRADACIÓN DEL ASFALTO EN EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE MEZCLA ASFÁLTICA EN PLANTA – HUANCAYO 2022

CLIENTE: MATERIAL: MUESTRA:

GUERREROS ECHEVARRÍA, LOURDES GARLET

CERTIFICADO: 2022-194

CEMENTO ASFÁLTICO 85-100

TEMPERATURA AMBIENTE:

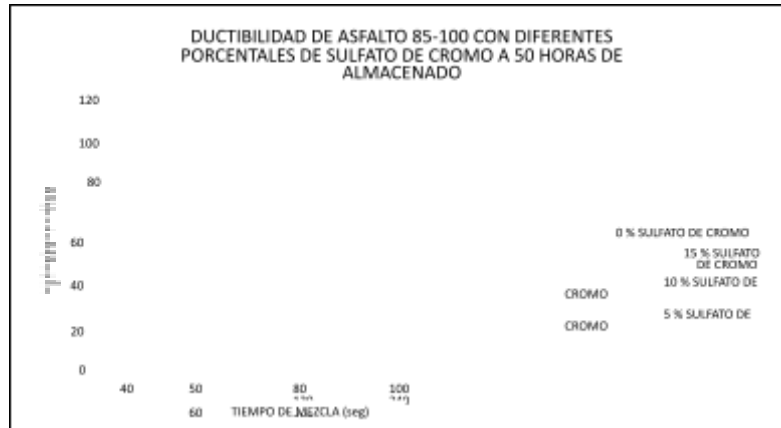
CEMENTO ASFÁLTICO 85-100 + % SULFATO DE CROMO

19°C

FECHA: 11/02/2022

### DUCTILIDAD DE MEZCLA BITUMINOSAS EMPLEANDO DUCTILIMETRO + SULFATO DE CROMO

50 HORA DE ALMACENADO				
TIEMPO DE MEZCLA	0 % SULFATO DE CROMO	5 % SULFATO DE CROMO	10 % SULFATO DE CROMO	15 % SULFATO DE CROMO
40	112	106	91	80
50	109	100	89	78
60	106	97	87	75
80	100	93	81	68
100	91	84	76	64
120	85	82	71	59
240	67	59	40	28
360	44	23	19	6



Juan Ernesto Tejada Diaz  
JEFE DE LABORATORIO  
COLDPIX E.I.R.L.

Julio Adrián Rojas Poma  
TÉCNICO DE LABORATORIO  
COLDPIX E.I.R.L.



## LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

PROYECTO:

ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL SULFATO DE CROMO EN LA DEGRADACIÓN DEL ASFALTO EN EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE MEZCLA ASFÁLTICA EN PLANTA – HUANCAYO 2022

CLIENTE:

GUERREROS ECHEVARRÍA, LOURDES GARLET

CERTIFICADO:

1152

MATERIAL:

CEMENTO ASFÁLTICO 85-100

TEMPERATURA AMBIENTE:

22

MUESTRA:

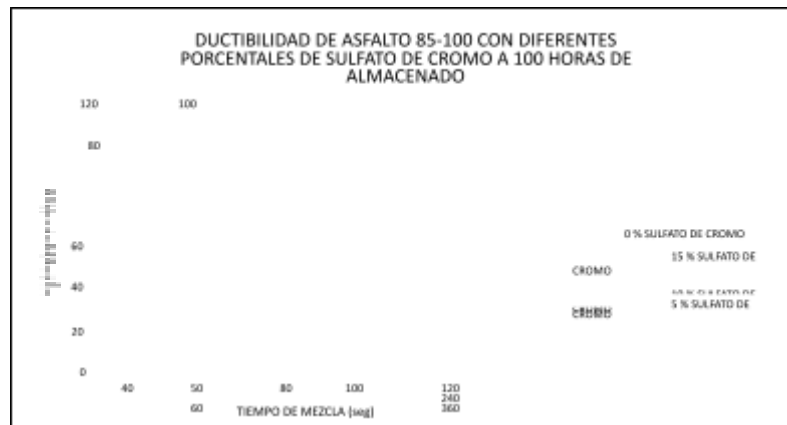
CEMENTO ASFÁLTICO 85-100 + % SULFATO DE CROMO

FECHA:

11/02/2022

### DUCTIBILIDAD DE MEZCLA BITUMINOSA EMPLEANDO DUCTILÍMETRO + SULFATO DE CROMO

100 HORA DE ALMACENADO				
TIEMPO DE MEZCLA	0 % SULFATO DE CROMO	5 % SULFATO DE CROMO	10 % SULFATO DE CROMO	15 % SULFATO DE CROMO
40	106	99	86	75
50	101	95	81	74
60	99	91	78	71
80	95	85	76	67
100	86	80	71	59
120	84	77	68	57
240	69	60	38	31
360	41	26	17	9



  
 Juan Ernesto Tejada Diaz  
 JEFE DE LABORATORIO  
 COLDFIX E.I.R.L.

  
 Julio Adrian Rojas Poma  
 TECNICO DE LABORATORIO  
 COLDFIX E.I.R.L.

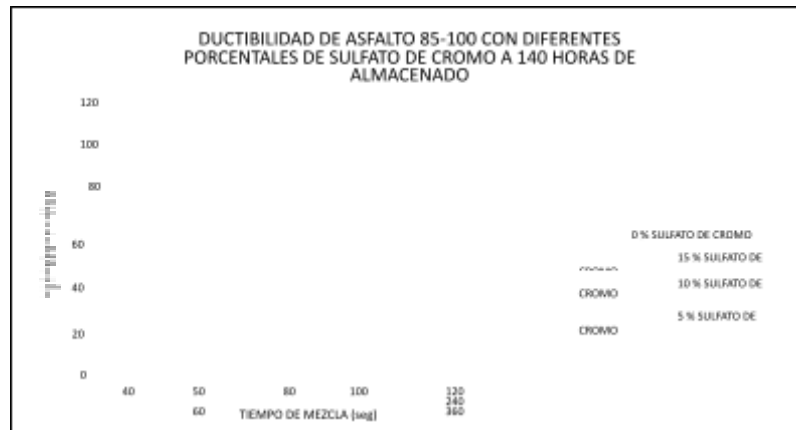


## LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

**PROYECTO:** ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL SULFATO DE CROMO EN LA DEGRADACIÓN DEL ASFALTO EN EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE MEZCLA ASFÁLTICA EN PLANTA – HUANCAYO 2022  
**CLIENTE:** GUERREROS ECHEVARRÍA, LOURDES GARLET **CERTIFICADO:** 11/03/22  
**MATERIAL:** CEMENTO ASFÁLTICO 85-100 **TEMPERATURA AMBIENTE:** 22  
**MUESTRA:** CEMENTO ASFÁLTICO 85-100 + % SULFATO DE CROMO **FECHA:** 11/03/22

### DUCTIBILIDAD DE MEZCLA ASFÁLTICA EMPLEANDO DUCTILIMETRO + SULFATO DE CROMO

140 HORA DE ALMACENADO				
TIEMPO DE MEZCLA	0 % SULFATO DE CROMO	5 % SULFATO DE CROMO	10 % SULFATO DE CROMO	15 % SULFATO DE CROMO
40	101	93	81	72
50	98	87	76	70
60	96	84	73	67
80	92	79	70	60
100	83	74	64	56
120	79	70	61	54
240	66	60	31	33
360	36	28	14	11



Juan Ernesto Tejada Diaz  
 JEFE DE LABORATORIO  
 COLDFIX E.I.R.L.

Julio Adrian Rojas Poma  
 TÉCNICO DE LABORATORIO  
 COLDFIX E.I.R.L.





## LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

PROYECTO:

ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL SULFATO DE CROMO EN LA DEGRADACIÓN DEL ASFALTO EN EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE MEZCLA ASFÁLTICA EN PLANTA – HUANCAYO 2022

CLIENTE:

GUERREROS ECHEVARRÍA, LOURDES GARLET

CERTIFICACIÓN:

180

MATERIAL:

CEMENTO ASFÁLTICO 85-100

TEMPERATURA AMBIENTE:

18

MUESTRA:

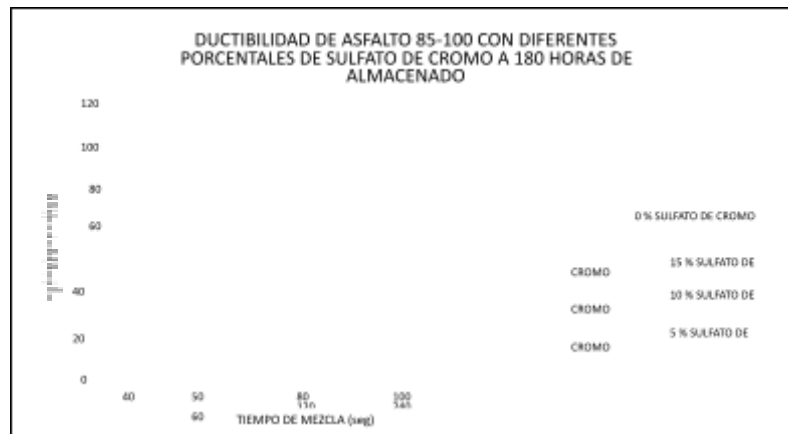
CEMENTO ASFÁLTICO 85-100 + % SULFATO DE CROMO

180

11/02/2022

### DUCTIBILIDAD DE MEZCLAS BITUMINOSAS EMPESANDO DUCTILÍMETRO + SULFATO DE CROMO

180 HORA DE ALMACENADO				
TIEMPO DE MEZCLA	0 % SULFATO DE CROMO	5 % SULFATO DE CROMO	10 % SULFATO DE CROMO	15 % SULFATO DE CROMO
40	95	86	73	65
50	93	82	70	64
60	89	78	67	60
80	84	72	64	58
100	77	70	60	54
120	73	66	59	52
240	59	54	25	19
360	31	23	13	6



  
 Juan Ernesto Tejada Diaz  
 JEFE DE LABORATORIO  
 COLDPIX E.I.R.L.

  
 Julio Adrian Rojas Poma  
 TÉCNICO DE LABORATORIO  
 COLDPIX E.I.R.L.



## LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

PROYECTO:

ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL SULFATO DE CROMO EN LA DEGRADACIÓN DEL ASFALTO EN EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE MEZCLA ASFÁLTICA EN PLANTA – HUANCAYO 2022

CLIENTE:

GUERREROS ECHEVARRÍA, LOURDES GARLET

CENTRO:

1105

MATERIAL:

CEMENTO ASFÁLTICO 85-100

TEMPERATURA AMBIENTE:

18°C

MUESTRA:

CEMENTO ASFÁLTICO 85-100 + % SULFATO DE CROMO

FECHA:

11/02/2022

DUCTILIDAD DE MEZCLA BITUMINOSA EMPLEANDO DUCTILÍMETRO + SULFATO DE CROMO

DUCTILIDAD DEL ASFALTO PEN 85-100									
	1 HORA	3 HORAS	5 HORAS	10 HORAS	30 HORAS	50 HORAS	100 HORAS	140 HORAS	180 HORAS
40	134	132	128	124	120	112	106	101	95
50	132	130	127	123	115	109	101	98	93
60	129	127	124	120	111	106	99	96	89
80	122	120	116	108	103	100	95	92	84
100	114	112	102	97	94	91	86	83	77
120	105	108	95	91	89	85	84	79	73
240	78	98	79	72	69	67	69	66	59
360	56	54	52	46	47	44	41	36	31



*Juan Ernesto Tejada Díaz*  
 Juan Ernesto Tejada Díaz  
 JEFE DE LABORATORIO  
 COLDPIX E.I.R.L.

*Julio Adrian Rojas Poma*  
 Julio Adrian Rojas Poma  
 TÉCNICO DE LABORATORIO  
 COLDPIX E.I.R.L.



## LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

PROYECTO:

ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL SULFATO DE CROMO EN LA  
DEGRADACIÓN DEL ASFALTO EN EL PROCESO DE  
PRODUCCIÓN DE MEZCLA ASFÁLTICA EN PLANTA – HUANCAYO  
2022

CLIENTE: MATERIAL: MUESTRA:

GUERREROS ECHEVARRÍA, LOURDES

CERTIFICADO: 2022-199

GARLET CEMENTO ASFÁLTICO 85-100

TEMPERATURA AMBIENTE:

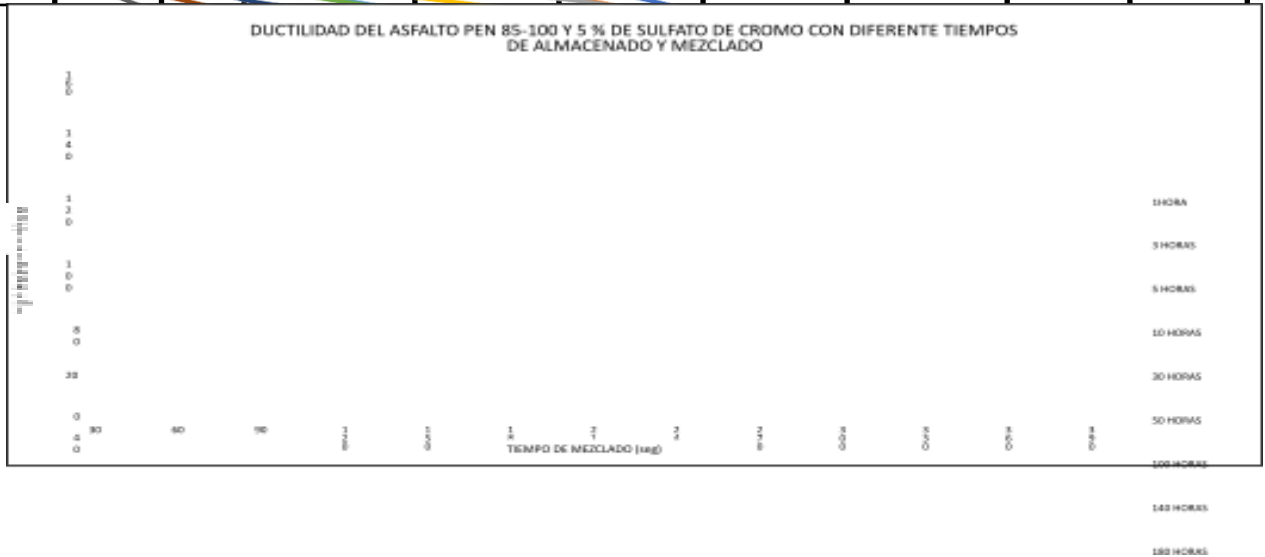
CEMENTO ASFÁLTICO 85-100 + % SULFATO DE  
CROMO

19°C

FECHA: 11/02/2022

### DUCTILIDAD DE MEZCLA BITUMINOSAS EMPLEANDO DUCTILIMETRO + SULFATO DE CROMO

DUCTILIDAD DEL ASFALTO PEN 85-100 Y 5 % DE SULFATO DE CROMO									
	1 HORA	3 HORAS	5 HORAS	10 HORAS	30 HORAS	50 HORAS	100 HORAS	140 HORAS	180 HORAS
40	124	122	117	112	107	106	99	93	86
50	122	121	116	110	105	100	95	87	82
60	118	117	109	105	101	97	91	84	78
80	114	109	102	97	93	93	85	79	72
100	107	100	97	92	87	84	80	74	70
120	100	95	89	87	83	82	77	70	66
240	81	76	76	68	60	59	60	60	54
360	71	63	55	58	29	23	26	28	23



*Juan Ernesto Tejada Diaz*  
 Juan Ernesto Tejada Diaz  
 JEFE DE LABORATORIO  
 COLDFIX E.I.R.L.

*Julio Adrian Rojas Poma*  
 Julio Adrian Rojas Poma  
 TÉCNICO DE LABORATORIO  
 COLDFIX E.I.R.L.



## LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

PROYECTO:

ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL SULFATO DE CROMO EN LA DEGRADACIÓN DEL ASFALTO EN EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE MEZCLA ASFÁLTICA EN PLANTA – HUANCAYO 2022

CERTIFICADO: 2022-200

CLIENTE: MATERIAL: MUESTRA:

GUERREROS ECHEVARRÍA, LOURDES GARLET

TEMPERATURA AMBIENTE:

CEMENTO ASFÁLTICO 85-100

19°C

CEMENTO ASFÁLTICO 85-100 + % SULFATO DE CROMO

FECHA: 11/02/2022

### DUCTILIDAD DE MEZCLA BITUMINOSAS EMPLEANDO DUCTILÍMETRO + SULFATO DE CROMO

DUCTILIDAD DEL ASFALTO PEN 85-100 Y 10 % DE SULFATO DE CROMO									
	1 HORA	3 HORAS	5 HORAS	10 HORAS	30 HORAS	50 HORAS	100 HORAS	140 HORAS	180 HORAS
40	112	109	105	101	98	91	86	81	73
50	112	109	102	95	95	89	81	76	70
60	111	107	99	95	91	87	78	73	67
80	105	102	95	91	89	81	76	70	64
100	96	94	86	83	80	76	71	64	60
120	91	88	80	78	73	71	68	61	59
240	67	60	51	47	42	40	38	31	25
360	41	28	25	22	20	19	17	14	13



  
 Juan Ernesto Tejada Diaz  
 JEFE DE LABORATORIO  
 COLDPIX E.I.R.L.

  
 Julio Adrian Rojas Poma  
 TÉCNICO DE LABORATORIO  
 COLDPIX E.I.R.L.



# LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

PROYECTO:

ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL SULFATO DE CROMO EN LA DEGRADACIÓN DEL ASFALTO EN EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE MEZCLA ASFÁLTICA EN PLANTA – HUANCAYO 2022

CERTIFICADO: 2022-201

CLIENTE: MATERIAL: MUESTRA:

GUERREROS ECHEVARRÍA, LOURDES GARLET

TEMPERATURA AMBIENTE:

CEMENTO ASFÁLTICO 85-100

19°C

CEMENTO ASFÁLTICO 85-100 + % SULFATO DE CROMO

FECHA: 11/02/2022

## DUCTILIDAD DE MEZCLA BITUMINOSAS EMPLEANDO DUCTILIMETRO + SULFATO DE CROMO

DUCTILIDAD DEL ASFALTO PEN 85-100 Y 15 % DE SULFATO DE CROMO										
	1 HORA	3 HORAS	5 HORAS	10 HORAS	30 HORAS	50 HORAS	100 HORAS	140 HORAS	180 HORAS	
40	116	107	96	92	87	80	75	72	65	
50	114	98	95	90	86	78	74	70	64	
60	107	94	92	86	82	75	71	67	60	
80	96	89	89	80	77	68	67	60	58	
100	91	86	81	76	71	64	59	56	54	
120	83	76	72	66	63	59	57	54	52	
240	50	45	48	34	36	28	31	33	19	
360	31	25	16	11	12	6	9	11	6	



*Juan Ernesto Tejada Diaz*  
 Juan Ernesto Tejada Diaz  
 JEFE DE LABORATORIO  
 COLDFIX E.I.R.L.

*Julio Adrian Rojas Poma*  
 Julio Adrian Rojas Poma  
 TECNICO DE LABORATORIO  
 COLDFIX E.I.R.L.



# LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

**PROYECTO:** ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL SULFATO DE CROMO EN LA DEGRADACIÓN DEL ASFALTO EN EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE MEZCLA ASFÁLTICA EN PLANTA – HUANCAYO 2022

**CLIENTE:** GUERREROS ECHEVARRÍA, LOURDES GARLET

**MATERIAL:** CEMENTO ASFÁLTICO 85-100

**MUESTRA:** CEMENTO ASFÁLTICO 85-100 + % SULFATO DE CROMO

**CERTIFICADO:** 2022-204

**TEMPERATURA AMBIENTE:** 19°C

**FECHA:** 16/02/2022

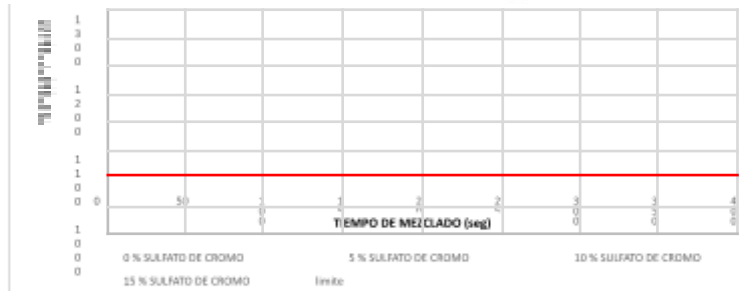
## RESISTENCIA DE MEZCLA BITUMINOSAS EMPLEANDO MARSHALL + SULFATO DE CROMO

1 HORA DE ALMACENADO

TIEMPO DE MEZCLADO	0 % SULFATO DE CROMO	5 % SULFATO DE CROMO	10 % SULFATO DE CROMO	15 % SULFATO DE CROMO
40	1097	1170	1163	1230
40	1121	1153	1113	1109
40	1000	1181	1097	1162
50	1007	1044	1074	1110
50	1007	1033	1100	1097
50	1072	1001	1094	1071
60	1239	1190	1232	1240
60	1227	1160	1232	1240
60	1243	1133	1244	1238
60	1100	1213	1197	1166
60	1180	1189	1166	1218
60	1132	1231	1198	1211
100	1234	1301	1280	1317
100	1272	1202	1206	1314
100	1247	1239	1206	1298
120	1233	1290	1300	1340
120	1293	1280	1290	1307
120	1200	1200	1200	1321
120	1200	1200	1200	1220
120	1200	1200	1200	1248
120	1200	1200	1200	1230
120	1200	1200	1200	1130
120	1200	1200	1200	1206
120	1200	1200	1200	1140

*Juan Ernesto Tejada Diaz*  
**Juan Ernesto Tejada Diaz**  
 JEFE DE LABORATORIO  
 GOLDFIX E.I.R.L.

*Julio Adrian Rojas Poma*  
**Julio Adrian Rojas Poma**  
 TÉCNICO DE LABORATORIO  
 GOLDFIX E.I.R.L.



9  
0  
0  
8  
0  
0  
7  
0  
0  
6  
0  
0



# LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL SULFATO DE CROMO EN LA DEGRADACIÓN DEL ASFALTO EN EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE MEZCLA ASFÁLTICA EN PLANTA – HUANCAYO 2022

PROYECTO:

CLIENTE: MATERIAL: MUESTRA:

GUERREROS ECHEVARRÍA, LOURDES GARLET

CERTIFICADO: 2022-205

CEMENTO ASFÁLTICO 85-100

TEMPERATURA AMBIENTE: 19°C

CEMENTO ASFÁLTICO 85-100 + % SULFATO DE CROMO

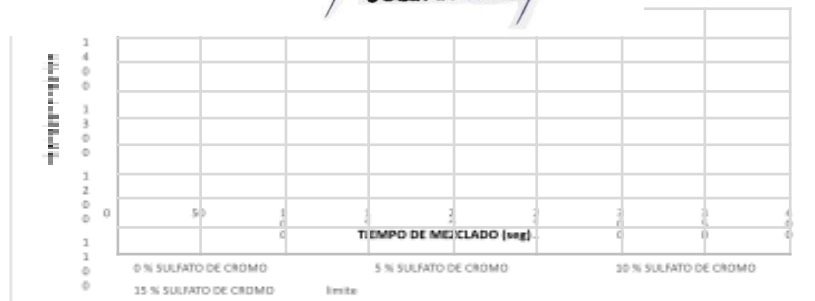
FECHA: 16/02/2022

## RESISTENCIA DE MEZCLA BITUMINOSAS EMPLEANDO MARSHALL + SULFATO DE CROMO

3 HORA DE ALMACENADO				
TIEMPO DE MEZCLADO	0 % SULFATO DE CROMO	5 % SULFATO DE CROMO	10 % SULFATO DE CROMO	15 % SULFATO DE CROMO
40	1128	1181	1189	1221
40	1115	1155	1205	1174
40	1104	1151	1105	1205
50	1177	1192	1229	1244
50	1160	1197	1253	1249
50	1144	1212	1193	1222
60	1316	1265	1290	1266
60	1271	1290	1294	1273
60	1245	1289	1278	1244
80	1219	1265	1275	1395
60	1206	1266	1264	1352
80	1203	1259	1257	1316
100	1317	1325	1395	1324
100	1322	1314	1358	1346
100	1312	1265	1355	1355
120	1344	1379	1388	1370
120	1350	1364	1363	1397
120	1291	1376	1371	1384
240	1120	1212	1203	1275
				1297
				1264
				1122
				1106
				1102

*Juan Ernesto Tejada Diaz*  
 Juan Ernesto Tejada Diaz  
 JEFE DE LABORATORIO  
 COLDPIX E.I.R.L

*Julio Adrian Rojas Poma*  
 Julio Adrian Rojas Poma  
 TECNICO DE LABORATORIO  
 COLDPIX E.I.R.L



1  
0  
0  
9  
0  
0  
8  
0  
0  
7  
0  
0  
6  
0  
0



# LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

PROYECTO:

ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL SULFATO DE CROMO EN LA  
DEGRADACIÓN DEL ASFALTO EN EL PROCESO DE  
PRODUCCIÓN DE MEZCLA ASFÁLTICA EN PLANTA – HUANCAYO 2022

CLIENTE: MATERIAL: MUESTRA:

GUERREROS ECHEVARRÍA, LOURDES

CERTIFICADO: 2022-206

GARLET CEMENTO ASFÁLTICO 85-100

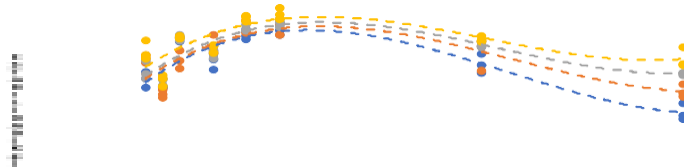
TEMPERATURA AMBIENTE: 19°C

CEMENTO ASFÁLTICO 85-100 + % SULFATO DE CROMO

FECHA: 16/02/2022

## RESISTENCIA DE MEZCLA BITUMINOSAS EMPLEANDO MARSHALL + SULFATO DE CROMO

5 HORA DE ALMACENADO				
TIEMPO DE MEZCLADO	0 % SULFATO DE CROMO	5 % SULFATO DE CROMO	10 % SULFATO DE CROMO	15 % SULFATO DE CROMO
40	1145	1179	1229	1248
40	1151	1187	1218	1285
40	1152	1192	1207	1295
50	1174	1214	1255	1329
50	1169	1234	1246	1275
50	1274	1222	1271	1357
60	1290	1395	1394	1357
60	1289	1349	1501	1573
60	1278	1285	1508	1290
80	1318	1534	1421	1405
60	1314	1304	1451	1425
80	1309	1330	1410	1390
100	1324	1320	1338	1348
100	1352	1361	1313	1305
100	1325	1375	1325	1307
120	1321	1332	1342	1388
120	1322	1341	1350	1374
120	1304	1327	1377	1398
240	1157	1100	1171	1221
240	1190	1200	1220	1300
240	1155	1149	1230	1243
360	891	900	1012	1042
360	950	900	900	1074
360	878	954	1001	1152



Legend for the graph: 0% (blue square), 5% (orange square), 10% (grey square), 15% (yellow square).

*Juan Ernesto Tejada Diaz*  
**Juan Ernesto Tejada Diaz**  
 JEFE DE LABORATORIO  
 COLDPIX E.I.R.L.

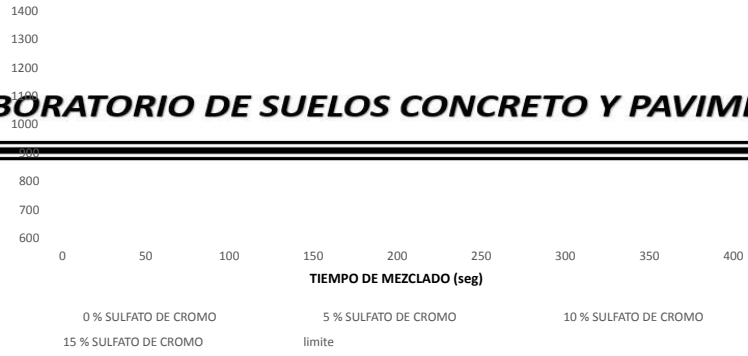
*Julio Adrian Rojas Poma*  
**Julio Adrian Rojas Poma**  
 TÉCNICO DE LABORATORIO  
 COLDPIX E.I.R.L.





**ESTABILIDAD CON LOS DIFERENTES PORCENTAJES DE  
SULFATO DE CROMO A 5 HORAS DE ALMACENADO**

**LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS**



*Handwritten signatures or initials at the bottom of the page.*



# LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS


**PROYECTO:**

ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL SULFATO DE CROMO EN LA DEGRADACIÓN DEL ASFALTO EN EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE MEZCLA ASFÁLTICA EN PLANTA – HUANCAYO 2022

**CLIENTE: MATERIAL:**

GUERREROS ECHEVARRÍA, LOURDES GARLET

**CERTIFICADO:** 2022-207

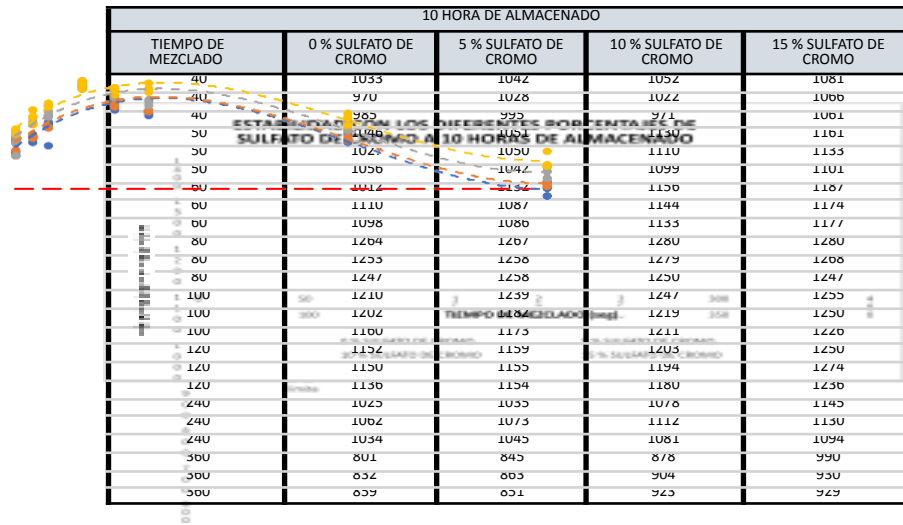
CEMENTO ASFÁLTICO 85-100

**TEMPERATURA AMBIENTE:** 19°C

**MUESTRA:**

CEMENTO ASFÁLTICO 85-100 + % SULFATO DE CROMO **FECHA:** 16/02/2022

**RESISTENCIA DE MEZCLA BITUMINOSAS EMPLEANDO MARSHALL + SULFATO DE CROMO**



*Juan Ernesto Tejada Diaz*  
 Juan Ernesto Tejada Diaz  
 JEFE DE LABORATORIO  
 COLDPIX E.I.R.L.

*Julio Acosta Rojas Poma*  
 Julio Acosta Rojas Poma  
 TÉCNICO DE LABORATORIO  
 COLDPIX E.I.R.L.


021 221





# LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

PROYECTO:

ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL SULFATO DE CROMO EN LA DEGRADACIÓN DEL ASFALTO EN EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE MEZCLA ASFÁLTICA EN PLANTA – HUANCAYO 2022

CLIENTE: MATERIAL: MUESTRA:

GUERREROS ECHEVARRÍA, LOURDES

CERTIFICADO: 2022-209

GARLET CEMENTO ASFÁLTICO 85-100

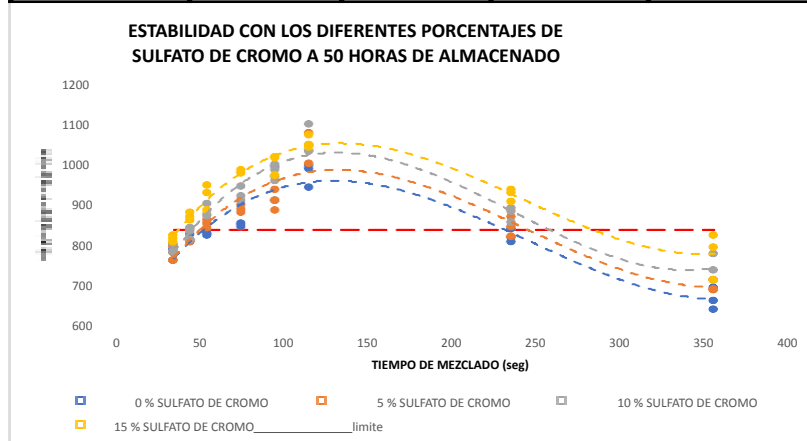
TEMPERATURA AMBIENTE: 19°C

CEMENTO ASFÁLTICO 85-100 + % SULFATO DE CROMO

FECHA: 16/02/2022

## RESISTENCIA DE MEZCLA BITUMINOSAS EMPLEANDO MARSHALL + SULFATO DE CROMO

50 HORAS DE ALMACENADO				
	0%	5%	10%	15%
40	792	790	796	801
40	782	775	777	818
40	756	754	777	808
50	820	834	836	875
50	802	804	827	863
50	806	802	806	856
60	817	855	895	943
60	823	835	866	924
60	820	846	869	879
80	848	893	940	971
80	845	874	916	981
80	840	882	905	974
100	988	932	993	1010
100	963	903	980	1013
100	905	879	952	967
120	992	1072	1095	1066
120	984	997	1029	1042
120	938	1043	1026	1036
240	800	840	884	902
240	834	864	877	923
240	811	815	851	930
360	654	706	770	787
360	688	681	730	818
360	632	681	707	706



*Juan Ernesto Tejada Diaz*  
**Juan Ernesto Tejada Diaz**  
 JEFE DE LABORATORIO  
 COLDFIX E.I.R.L.

*Julio Adrian Rojas Poma*  
**Julio Adrian Rojas Poma**  
 TÉCNICO DE LABORATORIO  
 COLDFIX E.I.R.L.





## **LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS**

---

---

PROYEC  
TO:

ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL SULFATO DE CROMO EN LA DEGRADACIÓN DEL ASFALTO EN EL PROCESO DE  
PRODUCCIÓN DE MEZCLA ASFÁLTICA EN PLANTA – HUANCAYO 2022



# LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

PROYECTO:

ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL SULFATO DE CROMO EN LA DEGRADACIÓN DEL ASFALTO EN EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE MEZCLA ASFÁLTICA EN PLANTA – HUANCAYO 2022

CLIENTE: MATERIAL: MUESTRA:

GUERREROS ECHEVARRÍA, LOURDES

CERTIFICADO: 2022-210

GARLET CEMENTO ASFÁLTICO 85-100

TEMPERATURA AMBIENTE: 19°C

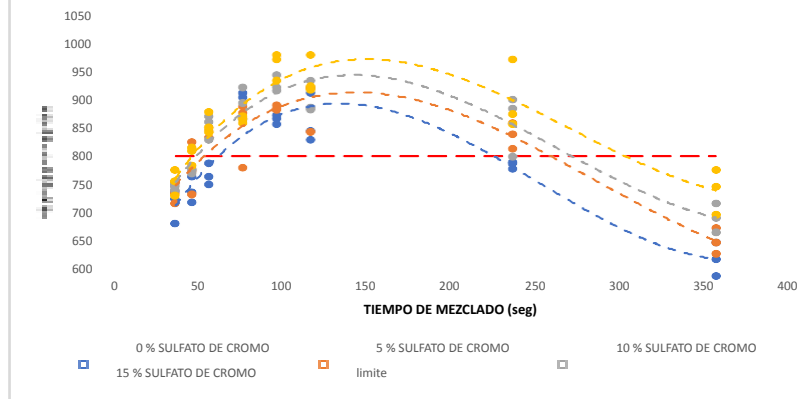
CEMENTO ASFÁLTICO 85-100 + % SULFATO DE CROMO

FECHA: 16/02/2022

## RESISTENCIA DE MEZCLA BITUMINOSAS EMPLEANDO MARSHALL + SULFATO DE CROMO

100 HORAS DE ALMACENADO				
	0%	5%	10%	15%
40	754	763	775	806
40	767	783	769	785
40	711	745	779	759
50	793	855	799	845
50	748	803	808	839
50	766	761	805	814
60	794	875	890	909
60	779	880	900	881
60	817	862	858	872
80	943	906	897	896
80	894	810	924	888
80	934	919	952	900
100	896	920	973	1010
100	887	912	946	1002
100	903	915	953	964
120	859	872	964	954
120	942	953	917	948
120	874	950	913	1010
240	808	844	829	887
240	820	869	931	1001
240	817	888	915	904
360	677	703	720	726
360	646	677	694	806
360	617	657	746	775

ESTABILIDAD CON LOS DIFERENTES PORCENTAJES DE SULFATO DE CROMO A 100 HORAS DE ALMACENADO



*Juan Ernesto Tejada Diaz*  
 Juan Ernesto Tejada Diaz  
 JEFE DE LABORATORIO  
 COLDPIX E.I.R.L.

*Julio Adrian Rojas Poma*  
 Julio Adrian Rojas Poma  
 TÉCNICO DE LABORATORIO  
 COLDPIX E.I.R.L.



# LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

PROYECTO:

ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL SULFATO DE CROMO EN LA DEGRADACIÓN DEL ASFALTO EN EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE MEZCLA ASFÁLTICA EN PLANTA – HUANCAYO 2022

CLIENTE: MATERIAL: MUESTRA:

GUERREROS ECHEVARRÍA, LOURDES

CERTIFICADO: 2022-211

GARLET CEMENTO ASFÁLTICO 85-100

TEMPERATURA AMBIENTE: 19°C

CEMENTO ASFÁLTICO 85-100 + % SULFATO DE CROMO

FECHA: 16/02/2022


**RESISTENCIA DE MEZCLA BITUMINOSAS EMPLEANDO MARSHALL + SULFATO DE CROMO**

140 HORAS DE ALMACENADO				
	0%	5%	10%	15%
40	664	772	787	730
40	707	696	786	818
40	663	703	705	706
50	799	787	813	768
50	828	796	839	878
50	797	827	826	853
60	861	782	800	868
60	808	865	864	877
60	899	838	835	873
80	881	885	930	987
80	948	981	867	942
80	942	944	962	907
100	910	963	987	996
100	987	1023	1022	1006
100	958	1005	1029	999
120	928	995	1019	985
120	1017	996	1013	1076
120	952	967	889	952
240	760	788	840	869
240	798	824	851	891
240	756	817	815	891
360	554	611	738	786
360	620	684	675	783
360	602	670	675	654

*Juan Ernesto Tejada Diaz*  
 Juan Ernesto Tejada Diaz  
 JEFE DE LABORATORIO  
 COLDPIX E.I.R.L.

*Julio Adrian Rojas Poma*  
 Julio Adrian Rojas Poma  
 TÉCNICO DE LABORATORIO  
 COLDPIX E.I.R.L.

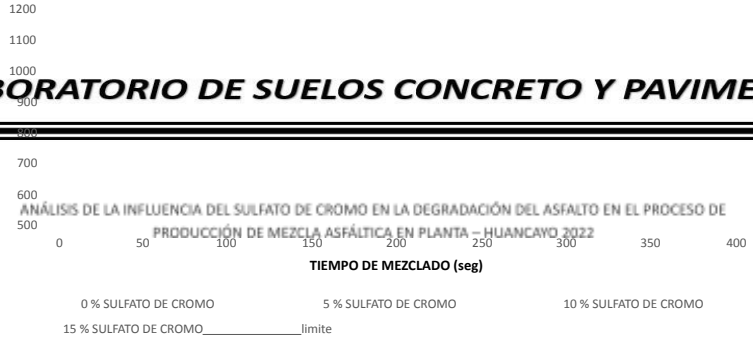




PROYEC  
TO:

**ESTABILIDAD CON LOS DIFERENTES PORCENTAJES DE  
SULFATO DE CROMO A 140 HORAS DE ALMACENADO**

**LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS**





# LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

PROYECTO:  
TÍTULO:

ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL SULFATO DE CROMO EN LA DEGRADACIÓN DEL ASFALTO EN EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE MEZCLA ASFÁLTICA EN PLANTA – HUANCAYO 2022

CLIENTE: MATERIAL: MUESTRA:

GUERREROS ECHEVARRÍA, LOURDES

CERTIFICADO: 2022-212

GARLET CEMENTO ASFÁLTICO 85-100

TEMPERATURA AMBIENTE: 19°C

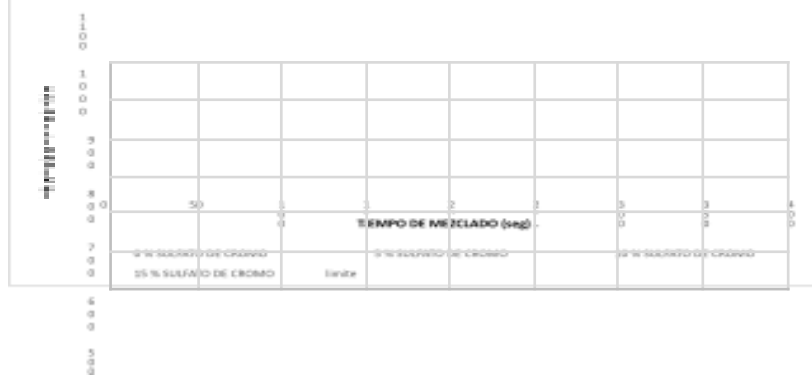
CEMENTO ASFÁLTICO 85-100 + % SULFATO DE CROMO

FECHA: 16/02/2022

## RESISTENCIA DE MEZCLA BITUMINOSAS EMPLEANDO MARSHALL + SULFATO DE CROMO

180 HORAS DE ALMACENADO					
	0%	5%	10%	15%	
40	703	706	727	747	
40	696	680	726	739	
40	660	688	719	730	
50	729	752	758	793	
50	713	744	753	762	
50	710	701	738	763	
60	805	829	804	868	
60	770	785	798	847	
60	763	780	781	804	
80	820	910	939	975	
80	885	889	910	951	
80	858	841	930	937	
100	938	1016	1011	1006	
100	918	928	940	1004	
100	880	919	950	994	
120	870	866	936	1007	
120	843	810	904	970	
120	810	806	855	790	
240	708	734	756	803	
240	687	689	732	813	
240	706	746	728	762	
360	493	567	652	603	
360	532	546	606	704	
360	554	593	562	677	

ESTABILIDAD CON LOS DIFERENTES PORCENTAJES DE SULFATO DE CROMO A 180 HORAS DE ALMACENADO



*Juan Ernesto Tejada Diaz*  
**Juan Ernesto Tejada Diaz**  
 JEFE DE LABORATORIO  
 COLDPIX E.I.R.L.

*Julio Adolfo Rojas Poma*  
**Julio Adolfo Rojas Poma**  
 TÉCNICO DE LABORATORIO  
 COLDPIX E.I.R.L.



# LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS


PROYECTO:

ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL SULFATO DE CROMO EN LA DEGRADACIÓN DEL ASFALTO EN EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE MEZCLA ASFÁLTICA EN PLANTA – HUANCAYO 2022

CLIENTE: MATERIAL: MUESTRA:

GUERREROS ECHEVERRÍA, LOURDES GARLET

CERTIFICADO: 2022-214

CEMENTO ASFALTICO 85-100

TEMPERATURA AMBIENTE:

CEMENTO ASFALTICO 85-100 + % SULFATO DE CROMO

19°C

FECHA: 16/02/2022

RESISTENCIA DE MEZCLA BITUMINOSAS EMPLEANDO MARSHALL + SULFATO DE CROMO

ESTABILIDAD DEL ASFALTO PEN 85-100										
	1HORA	2 HORAS	5 HORAS	10 HORAS	30 HORAS	50 HORAS	100 HORAS	140 HORAS	180 HORAS	
40	1097	1128	1145	1033	924	792	754	664	703	
40	1121	1115	1151	970	919	782	767	707	696	
40	1066	1104	1132	985	890	756	711	663	660	
50	1067	1177	1174	1046	998	820	793	799	729	
50	1067	1166	1169	1027	950	802	748	828	713	
50	1072	1144	1274	1056	928	806	766	797	710	
60	1239	1318	1290	1012	1036	817	794	861	805	
60	1227	1271	1289	1110	1010	823	779	808	770	
60	1243	1245	1278	1098	1002	820	817	899	763	
80	1166	1219	1318	1264	1184	848	943	881	820	
80	1186	1208	1314	1253	1183	845	894	948	885	
80	1132	1203	1309	1247	1135	840	934	942	858	
100	1234	1317	1324	1210	1127	988	896	910	938	
100	1272	1322	1332	1202	1111	963	887	987	918	
100	1247	1312	1325	1160	1089	905	903	958	880	
120	1253	1344	1321	1152	1089	992	859	928	870	
120	1293	1336	1322	1150	1079	984	942	1017	843	
120	1268	1291	1304	1136	1107	948	874	952	810	
240	1144	1120	1137	1025	907	800	808	760	708	
240	1185	1137	1190	1062	942	834	820	798	687	
240	1117	1118	1155	1034	894	811	817	756	706	
360	1013	890	891	801	807	654	677	554	493	
360	970	902	930	832	740	688	646	620	532	
360	957	941	878	859	809	632	617	602	554	

ESTABILIDAD DEL ASFALTO PEN 85-100 CON DIFERENTE TIEMPOS DE MEZCLADO Y ALMACENADO







# LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

PROYECTO:

ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL SULFATO DE CROMO EN LA DEGRADACIÓN DEL ASFALTO EN EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE MEZCLA ASFÁLTICA EN PLANTA – HUANCAYO 2022

CLIENTE: MATERIAL: MUESTRA:

GUERREROS ECHEVARRÍA, LOURDES GARLET

CERTIFICADO: 2022-215

CEMENTO ASFÁLTICO 85-100

TEMPERATURA AMBIENTE:

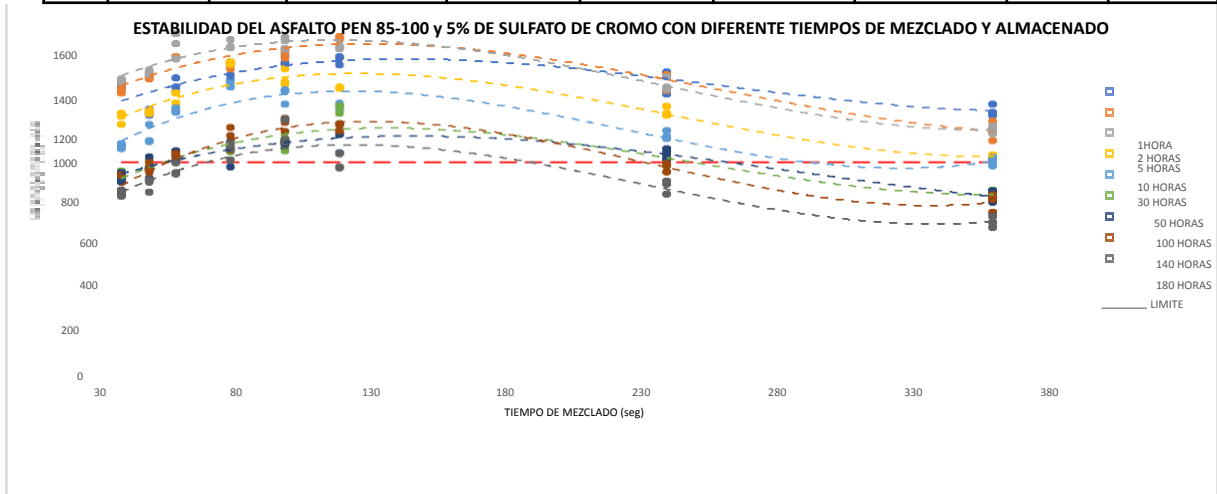
CEMENTO ASFÁLTICO 85-100 + % SULFATO DE CROMO

19°C

FECHA:  
A:  
16/02/  
2022

## RESISTENCIA DE MEZCLA BITUMINOSAS EMPLEANDO MARSHALL + SULFATO DE CROMO

ESTABILIDAD DEL ASFALTO PEN 85-100 Y 5% DE SULFATO DE CROMO									
	1 hora	2 horas	5 horas	10 horas	20 horas	40 horas	80 horas	120 horas	180 horas
40	1170	1181	1179	1042	911	790	763	772	706
40	1155	1133	1187	1028	898	775	783	696	680
40	1181	1151	1192	995	891	754	745	703	688
50	1044	1192	1214	1051	995	834	855	787	752
50	1033	1197	1234	1050	923	804	803	796	744
50	1061	1212	1222	1042	919	802	761	827	701
60	1196	1283	1393	1132	1057	855	875	782	829
60	1160	1290	1349	1087	1064	835	880	865	785
60	1135	1289	1283	1086	1049	846	862	838	780
80	1213	1265	1334	1267	1175	893	906	885	910
80	1189	1268	1364	1258	1161	874	810	981	889
80	1251	1239	1330	1258	1158	882	919	944	841
100	1301	1325	1326	1239	1144	932	920	963	1016
100	1262	1314	1361	1182	1140	903	912	1023	928
100	1259	1285	1373	1173	1081	879	915	1005	919
120	1290	1379	1332	1159	1073	1072	872	995	866
120	1286	1364	1341	1155	1089	997	953	996	810
120	1253	1376	1327	1154	1059	1043	950	967	806
240	1211	1212	1160	1035	933	840	844	788	734
240	1226	1206	1200	1073	970	864	869	824	689
240	1128	1146	1149	1045	941	815	888	817	746
360	1081	1006	986	845	847	706	703	611	567
360	1035	922	966	863	835	681	677	684	546
360	1049	974	954	851	813	681	657	670	593



*Juan Ernesto Tejada Díaz*  
**Juan Ernesto Tejada Díaz**  
 JEFE DE LABORATORIO  
 COLDPIX E.I.R.L.

*Julio Adrian Rojas Poma*  
**Julio Adrian Rojas Poma**  
 TÉCNICO DE LABORATORIO  
 COLDPIX E.I.R.L.

--	--	--	--	--	--


PROYEC  
TO:

ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL SULFATO DE CROMO EN LA DEGRADACIÓN DEL ASFALTO EN EL PROCESO DE



# LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

PROYECTO:

ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL SULFATO DE CROMO EN LA DEGRADACIÓN DEL ASFALTO EN EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE MEZCLA ASFÁLTICA EN PLANTA – HUANCAYO 2022

CLIENTE: MATERIAL: MUESTRA:

GUERREROS ECHEVARRÍA, LOURDES GARLET

CERTIFICADO: 2022-216

CEMENTO ASFÁLTICO 85-100

TEMPERATURA AMBIENTE:

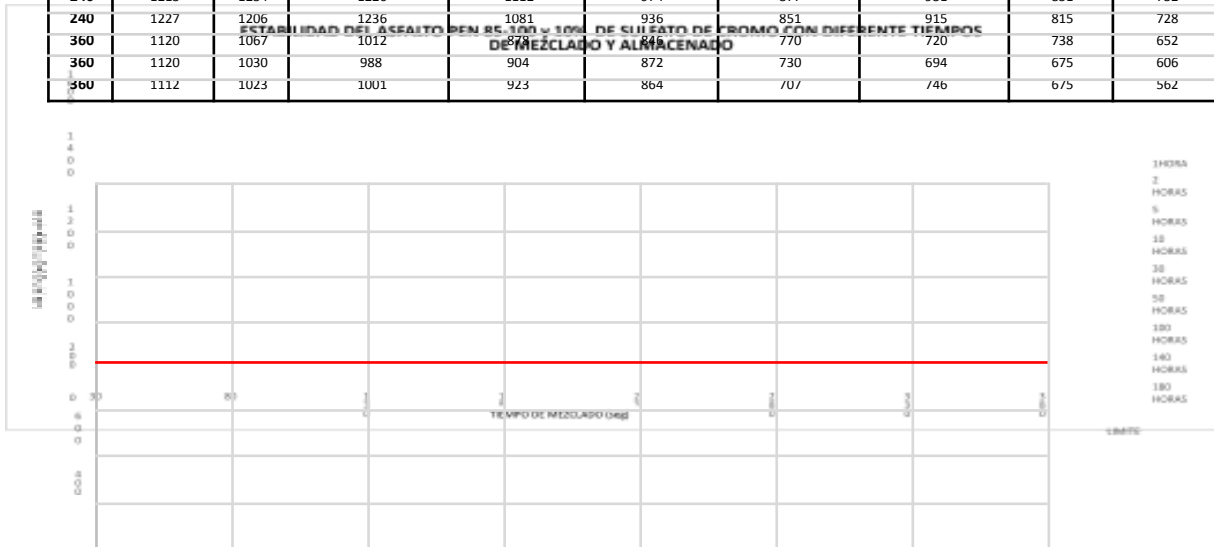
CEMENTO ASFÁLTICO 85-100 + % SULFATO DE CROMO

19°C

FECHA:  
16/02/2022

## RESISTENCIA DE MEZCLA BITUMINOSAS EMPLEANDO MARSHALL + SULFATO DE CROMO

ESTABILIDAD DEL ASFALTO PEN 85-100 Y 10 % DE SULFATO DE CROMO										
	1 hora	2 horas	5 horas	10 horas	20 horas	40 horas	80 horas	120 horas	180 horas	
40	1163	1189	1229	1052	958	796	775	787	727	
40	1115	1205	1218	1022	955	777	769	786	726	
40	1107	1165	1207	971	911	777	779	705	719	
50	1107	1229	1235	1130	971	836	799	813	758	
50	1100	1233	1246	1110	967	827	808	839	753	
50	1094	1493	1271	1099	967	806	805	826	738	
60	1232	1296	1394	1156	1077	895	890	800	804	
60	1232	1294	1361	1144	1086	866	900	864	798	
60	1244	1278	1368	1133	1079	869	858	835	781	
80	1197	1275	1421	1280	1181	940	897	930	939	
80	1168	1284	1431	1279	1136	916	924	867	910	
80	1198	1257	1410	1250	1105	905	952	962	930	
100	1286	1395	1338	1247	1108	993	973	987	1011	
100	1268	1358	1313	1219	1099	980	946	1022	940	
100	1268	1335	1323	1211	1110	952	953	1029	950	
120	1306	1388	1342	1203	1159	1095	964	1019	936	
120	1296	1363	1356	1194	1137	1029	917	1013	904	
120	1278	1371	1377	1180	1131	1026	913	889	855	
240	1207	1263	1171	1078	949	884	829	840	756	
240	1213	1234	1226	1112	974	877	931	851	732	
240	1227	1206	1236	1081	936	851	915	815	728	
360	1120	1012	974	874	770	720	738	652		
360	1120	1030	988	904	872	730	694	675	606	
360	1112	1023	1001	923	864	707	746	675	562	



*Juan Ernesto Tejada Diaz*  
**Juan Ernesto Tejada Diaz**  
 JEFE DE LABORATORIO  
 COLDFIX E.I.R.L.

*Julio Adrian Rojas Poma*  
**Julio Adrian Rojas Poma**  
 TÉCNICO DE LABORATORIO  
 COLDFIX E.I.R.L.



# LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

PROYECTO:

ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL SULFATO DE CROMO EN LA DEGRADACIÓN DEL ASFALTO EN EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE MEZCLA ASFÁLTICA EN PLANTA – HUANCAYO 2022

CLIENTE: MATERIAL: MUESTRA:

GUERREROS ECHEVARRÍA, LOURDES GARLET

CERTIFICADO: 2022-217

CEMENTO ASFÁLTICO 85-100

TEMPERATURA AMBIENTE:

CEMENTO ASFÁLTICO 85-100 + % SULFATO DE CROMO

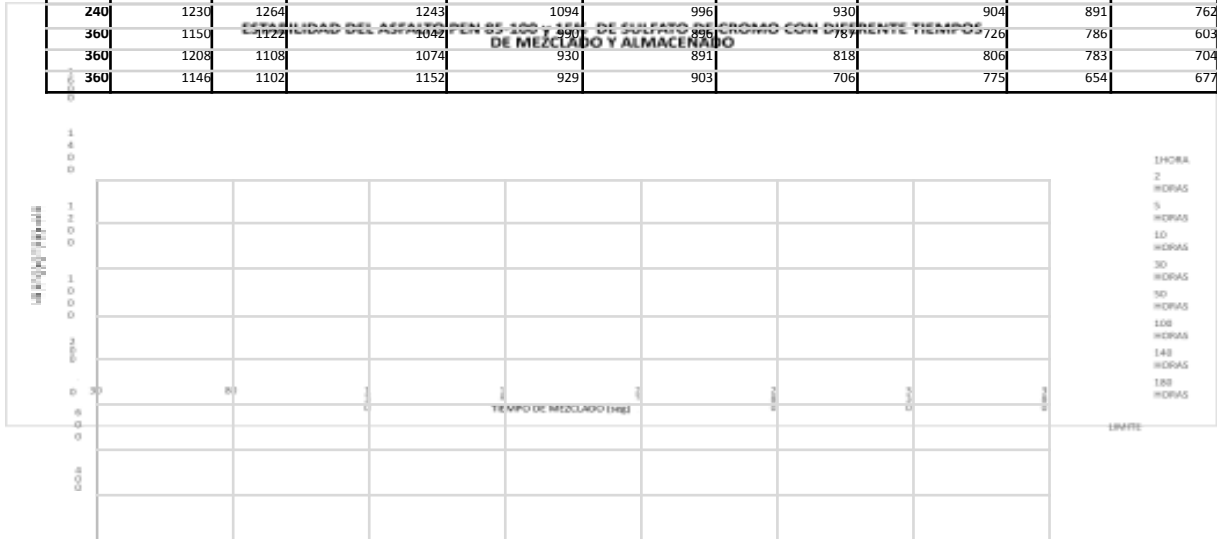
19°C

FECHA:

A:  
16/02/  
2022

## RESISTENCIA DE MEZCLA BITUMINOSAS EMPLEANDO MARSHALL + SULFATO DE CROMO

ESTABILIDAD DEL ASFALTO PEN 85-100 Y 15% DE SULFATO DE CROMO									
	1 hora	2 horas	5 horas	10 horas	20 horas	40 horas	80 horas	120 horas	180 horas
40	1230	1221	1248	1081	979	801	806	730	747
40	1169	1174	1283	1066	996	818	785	818	739
40	1182	120	1295	1061	965	808	759	706	730
50	1110	124	1329	1161	1026	875	845	768	793
50	1097	1249	1275	1133	1022	863	839	878	762
50	1071	1222	1337	1161	999	856	814	853	763
60	1246	1288	1357	1182	1037	943	909	868	868
60	1240	1273	1373	1174	1062	924	881	877	847
60	1238	1244	1296	1177	1087	879	872	873	804
80	1188	1395	1405	1280	1108	971	896	987	979
80	1218	1352	1423	1268	1134	981	888	942	951
80	1211	1316	1396	1247	1128	974	900	907	937
100	1317	1324	1348	1255	1175	1010	1010	996	1006
100	1314	1346	1365	1250	1138	1013	1002	1006	1004
100	1298	1333	1367	1226	1158	967	964	999	994
120	1346	1376	1388	1250	1195	1066	954	985	1007
120	1307	1397	1374	1274	1099	1042	948	1076	970
120	1321	1384	1398	1236	1144	1036	1010	952	790
240	1226	1273	1221	1145	984	902	887	869	803
240	1248	1297	1300	1130	1032	923	1001	891	813
240	1230	1264	1243	1094	996	930	904	891	762
360	1150	1122	1042	990	896	787	726	786	603
360	1208	1108	1074	930	891	818	806	783	704
360	1146	1102	1152	929	903	706	775	654	677



*Juan Ernesto Tejada Diaz*  
**Juan Ernesto Tejada Diaz**  
 JEFE DE LABORATORIO  
 COLDPIX E.I.R.L.

*Julio Adrian Rojas Poma*  
**Julio Adrian Rojas Poma**  
 TÉCNICO DE LABORATORIO  
 COLDPIX E.I.R.L.





# LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

PROYECTO:

ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL SULFATO DE CROMO EN LA DEGRADACIÓN DEL ASFALTO EN EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE MEZCLA ASFÁLTICA EN PLANTA – HUANCAYO 2022

CLIENTE:

GUERREROS ECHEVARRÍA, LOURDES GARLET

CERTIFICADO:  
202201-0218

ESTADIOS:

CEMENTO ASFÁLTICO 85-100

TEMPERATURA:  
Ambiental

AL:

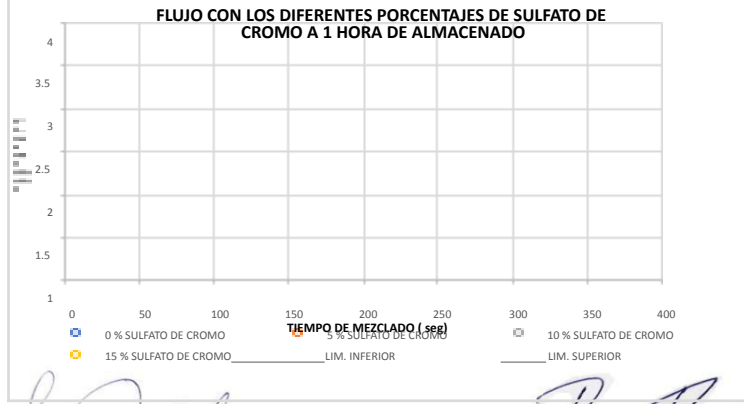
CEMENTO ASFÁLTICO 85-100 + % SULFATO DE CROMO

MUESTRA:

## RESISTENCIA DE MEZCLA BITUMINOSAS EMPLEANDO MARSHALL + SULFATO DE CROMO

1 HORA DE ALMACENADO

	0 % SULFATO DE CROMO	5 % SULFATO DE CROMO	10 % SULFATO DE CROMO	15 % SULFATO DE CROMO
40	3.01	3.32	3.31	3.28
40	3.12	3.27	2.95	3.23
40	3.17	3.17	2.87	3.29
50	2.98	3.13	3.19	3.27
50	2.80	3.04	3.02	3
50	2.88	3.02	3.29	3.14
60	2.83	3.01	2.78	3.03
60	2.77	2.98	3.41	3.11
60	2.70	2.91	2.8	2.88
60	2.81	2.83	2.91	2.97
60	2.83	2.82	2.80	2.89
60	2.70	2.83	2.83	2.91
100	2.77	2.84	2.7	2.80
100	2.73	2.83	2.92	2.74
100	2.7	2.81	2.78	2.87
120	2.81	2.80	2.83	2.73
120	2.57	2.83	2.72	2.77
120	2.43	2.53	2.83	2.73
240	2.41	2.32	2.51	2.80
240	2.30	2.41	2.50	2.51
240	2.23	2.41	2.40	2.83
300	2.17	2.28	2.33	2.48
300	2.12	2.19	2.31	2.38
360	1.99	2.13	2.26	2.42



*Juan Ernesto Tejada Diaz*  
**Juan Ernesto Tejada Diaz**  
 JEFE DE LABORATORIO  
 COLDFIX E.I.R.L.

*Julio Adrian Rojas Poma*  
**Julio Adrian Rojas Poma**  
 TÉCNICO DE LABORATORIO  
 COLDFIX E.I.R.L.



# LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

PROYECTO:

ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL SULFATO DE CROMO EN LA DEGRADACIÓN DEL ASFALTO EN EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE MEZCLA ASFÁLTICA EN PLANTA – HUANCAYO 2022

CLIENTE:

GUERREROS ECHEVARRÍA, LOURDES GARLET

CERTIFICADO:

TÍTULO:

MATERIA:

AL::

MUESTRA:

REAL:

CEMENTO ASFÁLTICO 85-100

TEMPERATURA:

AMBIENTE:

CEMENTO ASFÁLTICO 85-100 + % SULFATO DE CROMO

FOLIO:

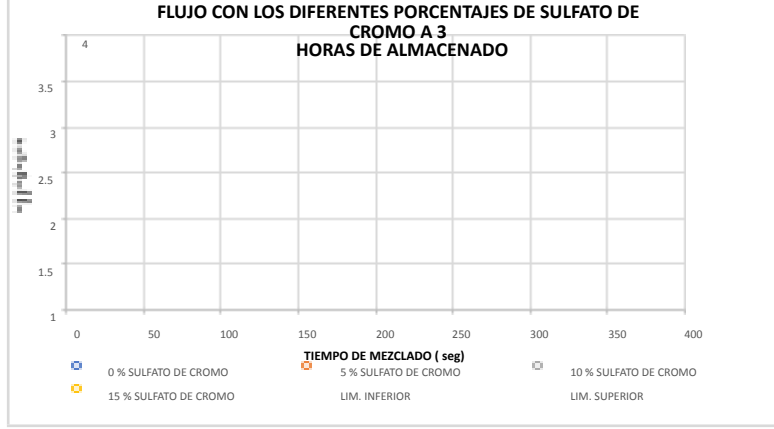
DE:

21/00/2022

RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS EMPLEANDO MARSHALL + SULFATO DE CROMO

3 HORAS DE ALMACENADO

TIEMPO DE MEZCLADO	0 % SULFATO DE CROMO	5 % SULFATO DE CROMO	10 % SULFATO DE CROMO	15 % SULFATO DE CROMO
0U	3.15	3.17	3.20	3.21
0U	3.20	3.09	3.13	3.39
0U	3.27	3.13	3.21	3.20
0U	3.10	3.33	3.13	3.29
0U	3.10	3.27	3.20	3.33
0U	3.21	3.30	3.31	3.23
0U	3.01	3.33	3.31	3.17
0U	2.99	3.22	3.29	3.29
0U	3.07	3.12	2.90	3.37
0U	2.99	2.99	2.22	3.07
0U	2.99	3.07	2.97	2.9
0U	2.63	3.09	2.63	2.60
10U	3.12	3.03	3.23	3.17
10U	3.00	3.1	3.04	3.03
10U	2.60	2.93	2.91	3.07
12U	2.60	2.93	2.22	3.23
12U	2.93	2.60	3.00	3.10
12U	2.91	2.76	3.03	3.00
24U	2.33	2.71	2.33	2.73
24U	2.12	2.43	2.42	2.73
24U	2.04	2.03	2.41	2.44
30U	1.76	1.93	2.16	2.30
30U	1.70	1.92	2.09	2.24
36U	1.72	1.65	2.05	2.15



*Juan Ernesto Tejada Diaz*  
 Juan Ernesto Tejada Diaz  
 JEFE DE LABORATORIO  
 COLDFIX E.I.R.L.

*Julio Adrian Rojas Poma*  
 Julio Adrian Rojas Poma  
 TÉCNICO DE LABORATORIO  
 COLDFIX E.I.R.L.



# LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

PROYECTO:

ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL SULFATO DE CROMO EN LA DEGRADACIÓN DEL ASFALTO EN EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE MEZCLA ASFÁLTICA EN PLANTA - HUANCAYO 2022  
GUERREROS ECHEVARRÍA, LOURDES

CERTIFICADO: 2022-223

CLIENTE:

MATERIAL:

GARLET CEMENTO ASFÁLTICO 85-100

TEMPERATURA AMBIENTE:

MUESTRA:

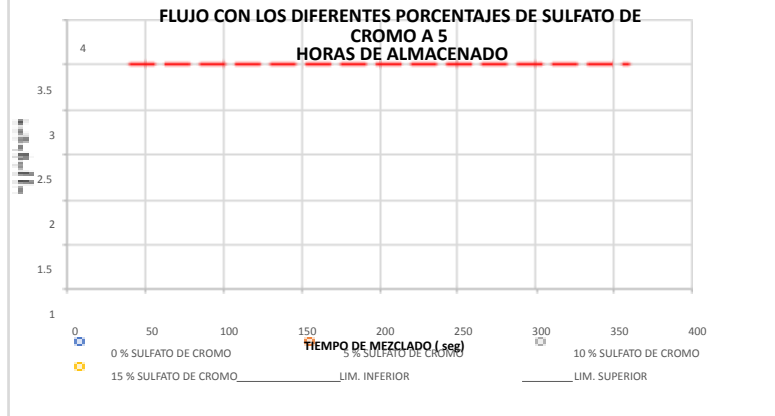
CEMENTO ASFÁLTICO 85-100 + % SULFATO DE CROMO

19°C

FECHA: 21/02/2022

## RESISTENCIA DE MEZCLA BITUMINOSAS EMPLEANDO MARSHALL + SULFATO DE CROMO

TIEMPO DE MEZCLADO	5 HORA DE ALMACENADO			
	0 % SULFATO DE CROMO	5 % SULFATO DE CROMO	10 % SULFATO DE CROMO	15 % SULFATO DE CROMO
40	3.01	3.05	3.19	3.11
40U	2.93	2.93	2.99	2.21
40	2.84	2.89	2.91	2.34
40	2.74	2.62	2.61	2.97
50	2.74	2.76	2.79	2.64
50	2.67	2.59	2.63	2.63
60	2.63	2.52	2.76	2.59
60	2.62	2.69	2.59	2.63
60	2.61	2.74	2.61	2.61
60	2.58	2.58	2.58	2.67
60	2.5	2.62	2.66	2.43
60	2.42	2.49	2.53	2.63
100	2.4	2.29	2.33	2.33
100	2.33	2.33	2.34	2.61
100	2.31	2.24	2.49	2.70
120	2.23	2.44	2.48	2.31
120	2.2	2.38	2.46	2.43
120	2.2	2.3	2.35	2.37
240	2.16	2.18	2.32	2.12
240	2.07	2.21	2.29	2.89
240	1.96	2.23	2.26	2.43
360	1.83	1.83	2.11	2.33
360	1.78	1.88	2.19	2.19
360	1.76	1.91	2.06	2.27



*Juan Ernesto Tejada Diaz*  
**Juan Ernesto Tejada Diaz**  
 JEFE DE LABORATORIO  
 GOLDFIX E.I.R.L.

*Julio Adrian Rojas Poma*  
**Julio Adrian Rojas Poma**  
 TECNICO DE LABORATORIO  
 GOLDFIX E.I.R.L.



# LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

PROYECTO:  
TÍTULO:

ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL SULFATO DE CROMO EN LA DEGRADACIÓN DEL ASFALTO EN EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE MEZCLA ASFÁLTICA EN PLANTA – HUANCAYO 2022

CLIENTE:  
MATERIAL: MUESTRA:

GUERREROS ECHEVARRÍA, LOURDES

CERTIFICADO: 2022-224

GARLET CEMENTO ASFÁLTICO 85-100

TEMPERATURA AMBIENTE:

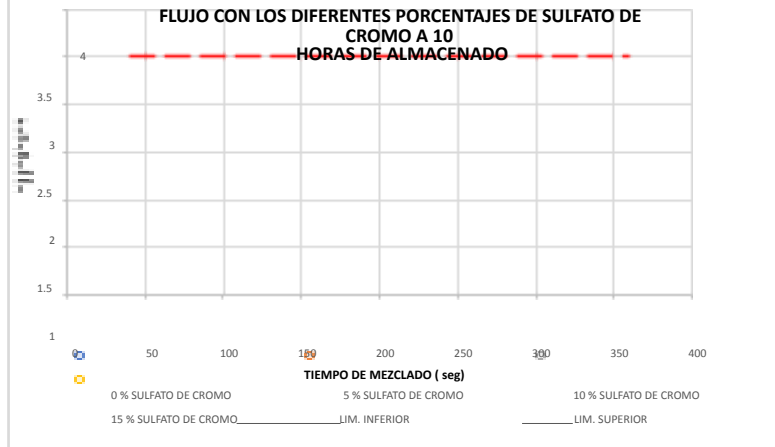
CEMENTO ASFÁLTICO 85-100 + % SULFATO DE CROMO

19°C

FECHA: 21/02/2022

RESISTENCIA DE MEZCLA BITUMINOSAS EMPLEANDO MARSHALL + SULFATO DE CROMO  
10 HORA DE ALMACENADO

TIEMPO DE MEZCLADO	0 % SULFATO DE CROMO	5 % SULFATO DE CROMO	10 % SULFATO DE CROMO	15 % SULFATO DE CROMO
40	2.26	2.61	2.28	2.34
40	2.6	2.48	2.73	2.46
40	2.47	2.44	2.56	2.49
50	2.18	2.56	2.21	2.31
50	2.04	2.39	2.65	2.68
50	2.39	2.39	2.3	2.4
60	2.12	2.45	2.11	2.56
60	2.46	2.34	2.62	2.61
60	2.37	2.31	2.4	2.37
60	2.04	2.36	2.1	2.45
60	2.39	2.21	2.3	2.42
60	2.3	2.23	2.34	2.3
100	1.63	1.92	1.66	2.03
100	2.01	2.04	2.3	2.41
100	2.09	2.05	1.77	2.17
120	1.97	2.43	2.04	2.21
120	1.62	1.96	2.49	2.13
120	1.99	1.69	2.44	2.13
240	1.62	1.72	1.66	2.23
240	1.6	1.77	1.95	2.07
240	1.77	1.99	1.62	1.73
360	1.31	1.61	1.6	1.63
360	1.41	1.52	1.63	2
360	1.45	1.59	1.67	1.97



*Juan Ernesto Tejada Diaz*  
 Juan Ernesto Tejada Diaz  
 JEFE DE LABORATORIO  
 COLDFIX E.I.R.L.

*Julio Adrian Rojas Poma*  
 Julio Adrian Rojas Poma  
 TÉCNICO DE LABORATORIO  
 COLDFIX E.I.R.L.



# LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

PROYECTO:  
TIC:

ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL SULFATO DE CROMO EN LA DEGRADACIÓN DEL ASFALTO EN EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE MEZCLA ASFÁLTICA EN PLANTA – HUANCAYO 2022

CLIENTE:

MATERIAL:

GUERREROS ECHEVARRÍA, LOURDES

CERTIFICADO: 2022-225

MUESTRA:

GARLET CEMENTO ASFALTICO 85-100

TEMPERATURA AMBIENTE:

CEMENTO ASFALTICO 85-100 + % SULFATO DE CROMO

19°C

FECHA: 21/02/2022

## RESISTENCIA DE MEZCLA BITUMINOSAS EMPLEANDO MARSHALL + SULFATO DE CROMO

30 HORAS DE ALMACENADO				
	0%	5%	10%	15%
40	2.3	2.32	2.19	2.19
40	2.24	2.17	2.28	2.56
40	2.13	2.22	2.59	2.47
50	2.33	2.35	2.57	2.31
50	2.52	2.27	2.12	2
50	2.39	2.54	1.8	2.23
60	2.43	2.38	2.24	2.37
60	2.34	1.98	2.23	2.25
60	1.98	1.82	2.16	1.81
80	1.88	2.28	2.31	2.14
80	1.83	2.15	2.38	1.88
80	1.65	1.79	2.12	1.87
100	2.1	1.95	1.82	1.97
100	1.92	1.83	1.75	1.84
100	1.54	2.14	1.59	1.91
120	1.99	1.72	1.74	1.98
120	1.73	1.55	1.84	1.87
120	1.62	1.95	1.68	1.79
				1.72
				1.62
				1.8
				1.42
				1.83
				1.46

*Juan Ernesto Tejada Diaz*  
 Juan Ernesto Tejada Diaz  
 JEFE DE LABORATORIO  
 COLDFIX E.I.R.L.

*Julia Adriana Rojas Parra*  
 Julia Adriana Rojas Parra

## FLUJO CON LOS DIFERENTES PORCENTAJES DE SULFATO DE CROMO A 30 HORAS DE ALMACENADO





## LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

PROYECTO:

ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL SULFATO DE CROMO EN LA DEGRADACIÓN DEL ASFALTO EN EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE MEZCLA ASFÁLTICA EN PLANTA – HUANCAYO 2022

CLIENTE:

GUERREROS ECHEVARRÍA, LOURDES

CERTIFICADO: 2022-226

MUESTRA:

GARLET CEMENTO ASFALTICO 85-100

TEMPERATURA AMBIENTE:

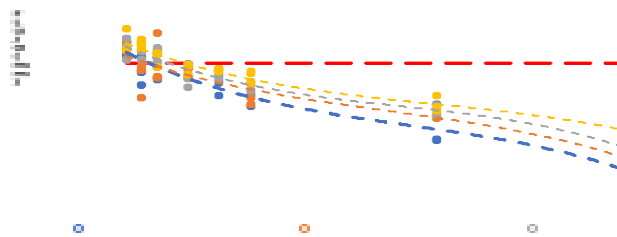
CEMENTO ASFALTICO 85-100 + % SULFATO DE CROMO

19°C

FECHA: 21/02/2022

### RESISTENCIA DE MEZCLA BITUMINOSAS EMPLEANDO MARSHALL + SULFATO DE CROMO

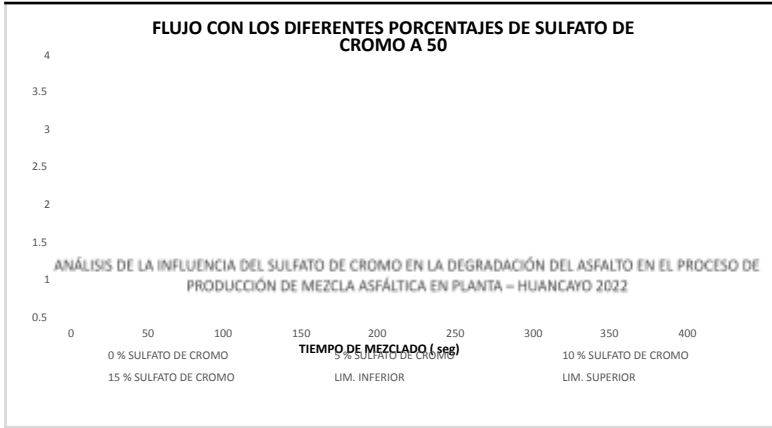
50 HORAS DE ALMACENADO				
	0%	5%	10%	15%
40	2.29	2.28	2.21	2.18
40	2.27	2.15	2.33	2.17
40	2.1	2.22	2.05	2.45
50	2.08	1.9	2.16	2.31
50	1.71	1.53	2.04	2.24
50	1.88	1.95	2.27	2.19
60	1.78	2.39	2.2	2.13
60	2.16	1.82	2.11	2.11
60	1.94	1.81	2.01	1.95
80	1.98	1.93	1.99	1.97
80	1.93	1.91	1.79	1.85
80	1.83	1.81	1.68	1.96
100	1.74	1.85	1.79	1.91
100	1.77	1.91	1.92	1.89
100	1.56	1.82	1.88	1.92
120	1.44	1.64	1.75	1.86
120	1.56	1.45	1.72	1.73
120	1.42	1.54	1.63	1.89
240	1.45	1.27	1.31	1.37
240	0.98	1.27	1.44	1.41
240	0.97	1.32	1.38	1.56
360	0.52	0.68	0.79	1.06
360	0.69	0.87	0.81	0.97
360	0.57	0.71	1.07	1.32



*Juan Ernesto Tejada Diaz*  
 Juan Ernesto Tejada Diaz  
 JEFE DE LABORATORIO  
 COLDPIX E.I.R.L.

*Julio Adrian Rojas Poma*  
 Julio Adrian Rojas Poma  
 TÉCNICO DE LABORATORIO  
 COLDPIX E.I.R.L.

PROYEC  
TO:





# LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

PROYECTO:

ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL SULFATO DE CROMO EN LA DEGRADACIÓN DEL ASFALTO EN EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE MEZCLA ASFÁLTICA EN PLANTA – HUANCAYO 2022

CLIENTE:

MATERIAL:

GUERREROS ECHEVARRÍA, LOURDES

CERTIFICADO: 2022-227

MUESTRA:

GARLET CEMENTO ASFÁLTICO 85-100

TEMPERATURA AMBIENTE:

CEMENTO ASFÁLTICO 85-100 + % SULFATO DE CROMO

19°C

FECHA: 21/02/2022

## RESISTENCIA DE MEZCLA BITUMINOSAS EMPLEANDO MARSHALL + SULFATO DE CROMO

100 HORAS DE ALMACENADO				
	0%	5%	10%	15%
40	2.41	2.39	2.38	2.37
40	2.24	2.45	2.44	2.34
40	2.22	2.22	2.26	2.38
50	2.21	2.12	2.17	2.27
50	2.12	2.05	2.22	2.16
50	2.14	2.21	2.29	2.23
60	2.08	1.89	2.17	2.13
60	2.15	2.22	2.11	2.21
60	2.09	2.18	2.08	2.27
80	1.89	2.11	2.05	2.23
80	1.95	2.17	2.13	2.16
80	2.07	2.13	2.17	2.12
100	1.78	1.89	2.11	2.11
100	1.82	1.91	2	2.08
100	1.82	2.05	2.05	1.92
120	1.81	1.93	2.07	2.13
120	1.88	1.89	1.97	2.05
120	1.75	1.75	1.91	2.11
240	1.53	1.68	1.69	1.98
240	1.37	1.46	1.85	1.78
240	1.33	1.48	1.57	1.65
360	0.78	1.02	1.34	1.55
360	0.88	1.11	1.26	1.59
360	0.99	0.95	1.31	1.62



*Juan Ernesto Tejada Diaz*  
 Juan Ernesto Tejada Diaz  
 JEFE DE LABORATORIO  
 COLDPIX E.I.R.L.

*Julio Adrian Rojas Poma*  
 Julio Adrian Rojas Poma  
 TÉCNICO DE LABORATORIO  
 COLDPIX E.I.R.L.



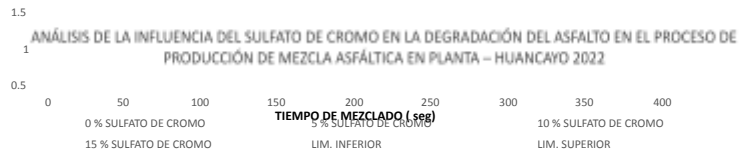


PROYEC  
TO:

**FLUJO CON LOS DIFERENTES PORCENTAJES DE SULFATO DE CROMO A 100 HORAS DE ALMACENADO**

4  
3.5  
3

**LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS**





# LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

PROYECTO:

ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL SULFATO DE CROMO EN LA DEGRADACIÓN DEL ASFALTO EN EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE MEZCLA ASFÁLTICA EN PLANTA – HUANCAYO 2022

CLIENTE:

MATERIAL:

GUERREROS ECHEVARRÍA, LOURDES

CERTIFICADO: 2022-228

MUESTRA:

GARLET CEMENTO ASFALTICO 85-100

TEMPERATURA AMBIENTE:

CEMENTO ASFALTICO 85-100 + % SULFATO DE CROMO

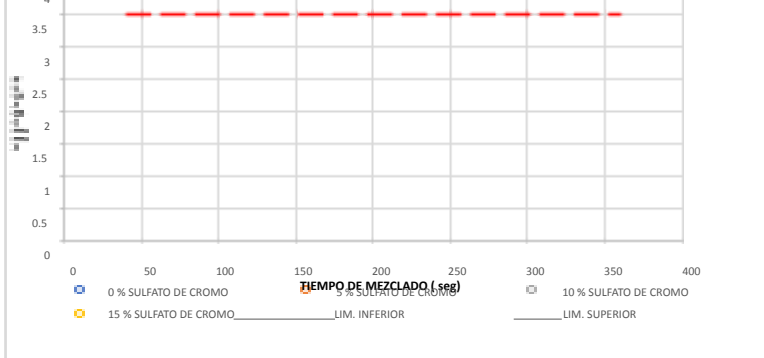
19°C

FECHA: 21/02/2022

## RESISTENCIA DE MEZCLA BITUMINOSAS EMPLEANDO MARSHALL + SULFATO DE CROMO

140 HORAS DE ALMACENADO				
	0%	5%	10%	15%
40	1.97	2.08	2.11	2.07
40	1.99	2.04	2.09	2.15
40	1.88	1.92	2.13	2.11
5	1.86	1.7	1.71	1.84
5	1.81	1.83	1.66	1.76
50	1.72	1.89	1.76	1.86
60	1.61	1.84	1.97	1.99
60	1.7	1.74	1.88	1.97
60	1.81	1.79	1.92	2.01
80	1.84	1.65	1.71	1.89
80	1.61	1.66	1.81	1.88
80	1.67	1.71	1.84	1.91
100	1.83	1.81	1.8	1.82
100	1.68	1.74	1.59	1.95
100	1.72	1.68	1.69	1.69
120	1.62	1.97	1.87	1.95
120	1.59	1.53	1.86	1.86
120	1.55	1.53	1.76	1.76
240	1.18	1.37	1.49	1.31
240	0.85	1.09	1.34	1.38
240	0.73	0.85	0.79	1.46
360	0.53	0.93	1.01	1.15
360	0.79	0.76	0.93	1.17
360	0.69	0.68	0.6	0.97

FLUJO CON LOS DIFERENTES PORCENTAJES DE SULFATO DE CROMO A 140 HORAS DE ALMACENADO



*Juan Ernesto Tejada Diaz*  
**Juan Ernesto Tejada Diaz**  
 JEFE DE LABORATORIO  
 COLDPIX E.I.R.L.

*Julio Adrian Rojas Poma*  
**Julio Adrian Rojas Poma**  
 TÉCNICO DE LABORATORIO  
 COLDPIX E.I.R.L.

HO	RAS DE	ALMACE	NADO

--	--	--	--	--	--	--	--



## **LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS**

---

---

**PROYEC  
TO:**

ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL SULFATO DE CROMO EN LA DEGRADACIÓN DEL ASFALTO EN EL PROCESO DE  
PRODUCCIÓN DE MEZCLA ASFÁLTICA EN PLANTA – HUANCAYO 2022



# LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

PROYECTO:

ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL SULFATO DE CROMO EN LA DEGRADACIÓN DEL ASFALTO EN EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE MEZCLA ASFÁLTICA EN PLANTA – HUANCAYO 2022

CLIENTE:

MATERIAL:

GUERREROS ECHEVARRÍA, LOURDES

CERTIFICADO: 2022-229

MUESTRA:

GARLET CEMENTO ASFÁLTICO 85-100

TEMPERATURA AMBIENTE:

CEMENTO ASFÁLTICO 85-100 + % SULFATO DE CROMO

19°C

FECHA: 21/02/2022

## RESISTENCIA DE MEZCLA BITUMINOSAS EMPLEANDO MARSHALL + SULFATO DE CROMO

180 HORAS DE ALMACENADO				
	0%	5%	10%	15%
40	1.78	1.83	1.95	2.08
40	1.76	1.74	1.88	1.96
40	1.59	1.85	1.89	1.95
50	1.88	1.84	1.65	1.71
50	1.86	1.64	1.84	1.84
50	1.69	1.7	1.86	1.95
60	1.55	1.59	1.75	1.74
60	1.6	1.86	1.72	1.71
60	1.81	1.59	1.89	1.85
80	1.79	1.72	1.4	1.79
80	1.57	1.64	1.77	1.56
80	1.77	1.44	1.75	1.72
100	1.31	1.67	1.47	1.46
100	1.29	1.46	1.57	1.53
100	1.26	1.43	1.64	1.56
				1.45
				1.45
				1.57
				0.98
				0.81
				1.02
				0.86
				0.72
				0.72

*Juan Ernesto Tejada Díaz*  
**Juan Ernesto Tejada Díaz**  
 JEFE DE LABORATORIO  
 COLDPIX E.I.R.L.

*Julio Adrián Rojas Poma*  
**Julio Adrián Rojas Poma**  
 TÉCNICO DE LABORATORIO  
 COLDPIX E.I.R.L.





# LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

PROYECTO:  
TÍTULO:

ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL SUBSTRATO EN LA PRODUCCIÓN DE MEZCLA ASFÁLTICA EN PLANTA PUANCAO 2022

GUERREROS ECHEVARRÍA, LOURDES GARLET

CERTIFICADO: 2022-230

CLIENTE: MATERIAL: MUESTRA:

CEMENTO ASFÁLTICO 85-100

TEMPERATURA  
AMBIENTE:

CEMENTO ASFÁLTICO 85-100 + % SULFATO DE CROMO

19°C

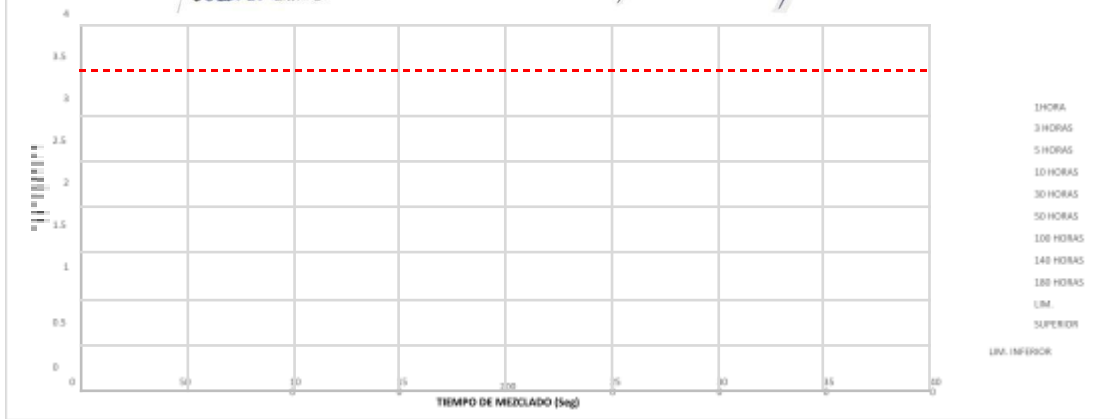
FECHA: 21/02/2022

RESISTENCIA DE MEZCLA BITUMINOSAS EMPLEANDO MARSHALL + SULFATO DE CROMO

FLUJO DEL ASFALTO PEN 85-100									
	1HORA	2 HORAS	5 HORAS	10 HORAS	30 HORAS	50 HORAS	100 HORAS	140 HORAS	180 HORAS
40	3.01	3.15	3.01	2.26	2.3	2.29	2.41	1.97	1.78
40	3.19	3.26	2.93	2.6	2.24	2.27	2.24	1.99	1.76
40	3.17	3.27	2.84	2.47	2.13	2.1	2.22	1.88	1.59
50	2.98	3.16	2.74	2.18	2.33	2.08	2.21	1.86	1.88
50	2.86	3.18	2.7	2.54	2.52	1.71	2.12	1.81	1.86
50	2.88	3.21	2.67	2.39	2.39	1.88	2.14	1.72	1.69
60	2.85	3.01	2.63	2.12	2.45	1.78	2.08	1.61	1.55
60	2.7	2.99	2.62	2.46	2.34	2.16	2.15	1.7	1.6
60	2.76	3.07	2.61	2.37	1.98	1.94	2.09	1.81	1.81
80	2.81	2.99	2.58	2.04	1.88	1.98	1.89	1.84	1.79
80	2.83	2.99	2.5	2.39	1.83	1.93	1.95	1.61	1.57
80	2.76	2.83	2.42	2.3	1.69	1.83	2.07	1.67	1.77
100	2.77	3.12	2.4	1.83	2.1	1.74	1.78	1.83	1.31
100	2.73	3.06	2.35	2.01	1.92	1.77	1.82	1.68	1.29
100	2.7	2.86	2.31	2.09	1.54	1.56	1.82	1.72	1.26
120	2.61	2.86	2.23	1.97	1.99	1.44	1.81	1.62	1.14
120	2.57	2.95	2.2	1.82	1.73	1.56	1.88	1.59	1.09
120	2.45	2.91	2.2	1.99	1.62	1.42	1.75	1.55	1.03
240	2.41							1.18	0.56
240	2.36							0.85	0.62
240	2.23							0.73	0.28
360	2.17							0.53	0.25
360	2.12							0.79	0.18
360	1.99							0.69	0.52

*Juan Ernesto Tejada Diaz*  
**Juan Ernesto Tejada Diaz**  
 JEFE DE LABORATORIO  
 GOLDFIX E.I.R.L.

*Julio Adrian Rojas Poma*  
**Julio Adrian Rojas Poma**  
 TÉCNICO DE LABORATORIO  
 GOLDFIX E.I.R.L.





# LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

PROYECTO:  
TÍTULO:

ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL SULFATO DE CROMO EN LA DEGRADACIÓN DEL ASFALTO EN EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE MEZCLA ASFÁLTICA EN PLANTA - HUANCAYO 2022

CLIENTE: MATERIAL: MUESTRA:

GUERREROS ECHEVARRÍA, LOURDES GARLET

CERTIFICADO: 2022-231

CEMENTO ASFÁLTICO 85-100

TEMPERATURA AMBIENTE:

CEMENTO ASFÁLTICO 85-100 + % SULFATO DE CROMO

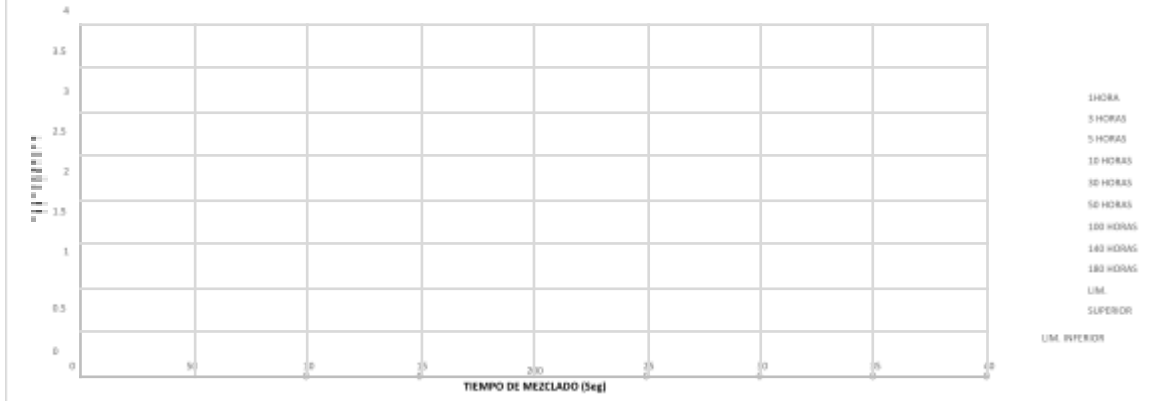
19°C

FECHA: 21/02/2022

## RESISTENCIA DE MEZCLA BITUMINOSAS EMPLEANDO MARSHALL + SULFATO DE CROMO

ESTABILIDAD DEL ASFALTO PEN 85-100 Y 5% DE SULFATO DE CROMO									
	1 hora	2 horas	5 horas	10 horas	20 horas	40 horas	80 horas	120 horas	180 horas
40	3.32	3.17	3.03	2.61	2.32	2.28	2.39	2.08	1.83
40	3.27	3.09	2.95	2.48	2.17	2.15	2.45	2.04	1.74
40	3.17	3.15	2.89	2.44	2.22	2.22	2.22	1.92	1.85
50	3.15	3.09	2.82	2.56	2.35	1.9	2.12	1.7	1.84
50	3.04	3.27	2.78	2.39	2.27	1.53	2.05	1.83	1.64
50	3.02	3.36	2.56	2.39	2.54	1.95	2.21	1.89	1.7
60	3.01	3.0	2.52	2.45	2.38	2.39	2.89	1.84	1.59
60	2.98	3.0	2.69	2.34	1.98	1.82	2.22	1.74	1.86
60	2.91	3.0	2.74	2.31	2.82	1.81	2.18	1.79	1.59
80	2.85	2.99	2.56	2.38	2.28	1.93	2.11	1.65	1.72
80	2.82	3.07	2.62	2.21	1.15	1.91	2.17	1.66	1.64
80	2.85	3.09	2.49	2.23	1.79	1.81	2.13	1.71	1.44
100	2.84	3.03	2.29	1.92	1.95	1.85	2.89	1.81	1.67
100	2.83	3.1	2.33	2.04	1.83	1.91	1.91	1.74	1.46
100	2.81	2.95	2.24	2.05	2.14	1.82	2.05	1.68	1.43
120	2.66	2.93	2.44	2.43	1.72	1.64	1.93	1.97	1.39
120	2.65	2.86	2.58	1.98	1.55	1.45	1.89	1.53	1.28
120	2.53	2.78	2.3	1.89	1.95	1.54	1.75	1.53	1.32
240	2.52	2.71	2.18	1.72	1.57	1.27	1.68	1.37	0.63
240	2.41	2.43	2.21	1.46	1.27	1.27	1.46	1.09	0.71
240	2.41	2.03	2.23	1.99	1.56	1.32	1.48	0.85	0.59
360	2.28	1.95	1.83	1.61	1.14	0.68	1.02	0.93	0.47
360	2.19	1.92	1.88	1.52	1.29	0.87	1.11	0.76	0.37
360	2.13	1.65	1.91	1.59	1.31	0.71	0.95	0.68	0.35

## FLUJO DEL ASFALTO PEN 85-100 Y 5% DE SULFATO DE CROMO CON DIFERENTE TIEMPOS DE MEZCLADO Y ALMACENADO



*Juan Ernesto Tejada Diaz*  
 Juan Ernesto Tejada Diaz  
 JEFE DE LABORATORIO  
 COLDFIX E.I.R.L.

*Julio Adrian Rojas Poma*  
 Julio Adrian Rojas Poma  
 TÉCNICO DE LABORATORIO  
 COLDFIX E.I.R.L.



# LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

PROYECTO:  
TÍTULO:

ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL SULFATO DE CROMO EN LA DEGRADACIÓN DEL ASFALTO EN EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE MEZCLA ASFÁLTICA EN PLANTA – HUANCAYO 2022

CLIENTE: MATERIAL: MUESTRA:

GUERREROS ECHEVARRÍA, LOURDES GARLET

CERTIFICADO: 2022-232

CEMENTO ASFÁLTICO 85-100

TEMPERATURA AMBIENTE:

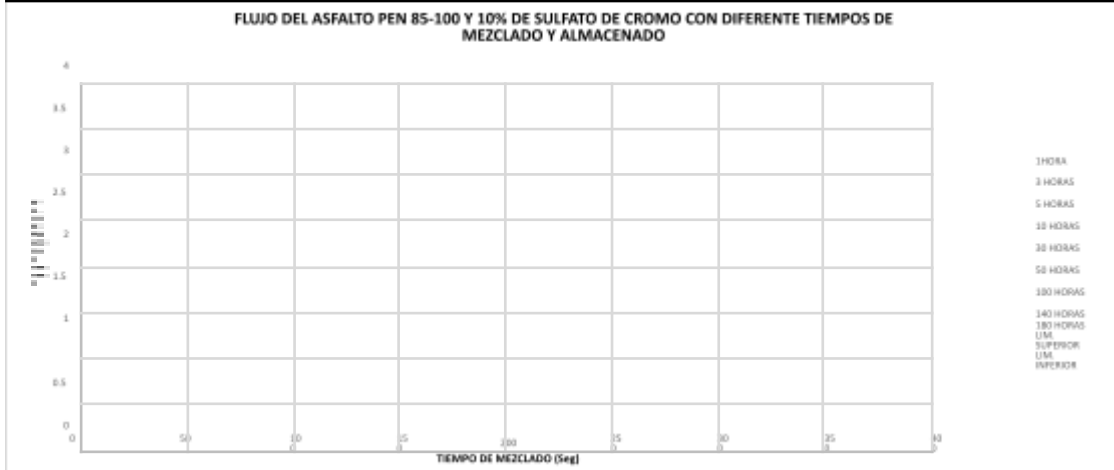
CEMENTO ASFÁLTICO 85-100 + % SULFATO DE CROMO

19°C

FECHA: 21/02/2022

## RESISTENCIA DE MEZCLA BITUMINOSAS EMPLEANDO MARSHALL + SULFATO DE CROMO

ESTABILIDAD DEL ASFALTO PEN 85-100 Y 10% DE SULFATO DE CROMO									
	1 hora	2 horas	5 horas	10 horas	20 horas	40 horas	80 horas	120 horas	180 horas
40	3.31	3.26	3.19	2.28	2.19	2.21	2.38	2.11	1.95
40	2.95	3.13	2.99	2.73	2.28	2.33	2.44	2.09	1.88
40	2.87	3.21	2.91	2.56	2.59	2.05	2.26	2.13	1.89
50	3.19	3.13	2.81	2.21	2.57	2.16	2.17	2.17	1.65
50	3.02	3.28	2.79	2.65	2.12	2.04	2.22	1.66	1.84
50	2.95	3.31	2.83	2.5	1.8	2.27	2.29	1.76	1.86
60	2.78	3.51	2.78	2.11	2.24	2.2	2.17	1.97	1.75
60	2.41	3.29	2.59	2.62	2.23	2.11	2.11	1.88	1.72
60	2.8	3.96	2.61	2.4	2.16	2.01	2.08	1.92	1.89
80	2.91	3.22	2.58	2.1	2.31	1.99	2.05	1.71	1.4
80	2.86	3.97	2.66	2.5	2.38	1.79	2.13	1.81	1.77
80	2.83	2.83	2.53	2.34	2.12	1.68	2.17	1.84	1.75
100	2.7	3.23	2.55	1.86	1.82	1.79	2.11	1.8	1.47
100	2.92	3.04	2.54	2.3	1.75	1.92	2	1.59	1.57
100	2.78	2.91	2.49	1.77	1.59	1.88	2.05	1.69	1.64
120	2.65	3.22	2.48	2.04	1.74	1.75	2.07	1.87	1.64
120	2.72	3.06	2.46	1.84	1.72	1.97	1.86	1.86	1.21
120	2.85	3.03	2.35	2.44	1.68	1.63	1.91	1.76	1.13
240	2.51	2.55	2.32	1.86	1.72	1.51	1.69	1.49	0.87
240	2.56	2.42	2.29	1.95	1.58	1.44	1.85	1.34	0.62
240	2.46	2.41	2.26	1.82	1.61	1.38	1.57	0.79	0.86
360	2.33	2.18	2.11	1.6	1.25	0.79	1.34	1.01	0.72
360	2.31	2.09	2.19	1.83	1.58	0.81	1.26	0.93	0.51
360	2.26	2.05	2.06	1.67	1.47	1.07	1.31	0.6	0.46



*Juan Ernesto Tejada Díaz*  
**Juan Ernesto Tejada Díaz**  
 JEFE DE LABORATORIO  
 COLDPIX E.I.R.L.

*Julio Adolfo Rojas Poma*  
**Julio Adolfo Rojas Poma**  
 TÉCNICO DE LABORATORIO  
 COLDPIX E.I.R.L.



# LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

PROYECTO:  
TÍTULO:

ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL SULFATO DE CROMO EN LA DEGRADACIÓN DEL ASFALTO EN EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE MEZCLA ASFÁLTICA EN PLANTA – HUANCAYO 2022

CLIENTE: MATERIAL: MUESTRA:

GUERREROS ECHEVARRÍA, LOURDES GARLET

CERTIFICADO: 2022-233

CEMENTO ASFÁLTICO 85-100

TEMPERATURA AMBIENTE:

CEMENTO ASFÁLTICO 85-100 + % SULFATO DE CROMO

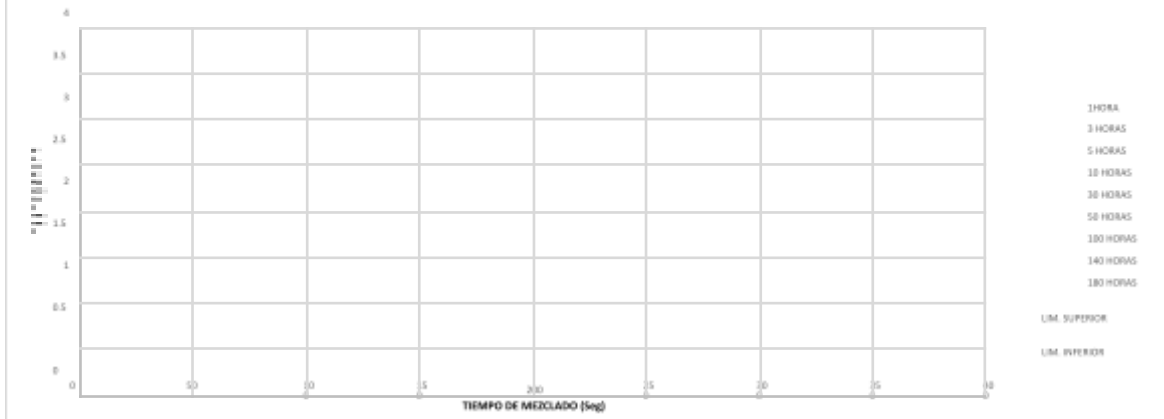
19°C

FECHA: 21/02/2022

## RESISTENCIA DE MEZCLA BITUMINOSAS EMPLEANDO MARSHALL + SULFATO DE CROMO

ESTABILIDAD DEL ASFALTO PEN 85-100 Y 15% DE SULFATO DE CROMO									
	1 hora	2 horas	5 horas	10 horas	20 horas	40 horas	80 horas	120 horas	180 horas
40	3.28	3.21	3.11	2.34	2.19	2.18	2.37	2.07	2.08
40	3.23	3.39	3.21	2.46	2.56	2.17	2.34	2.15	1.96
40	3.29	3.28	2.54	2.49	2.47	2.45	2.38	2.11	1.95
50	3.27	3.7	2.97	2.31	2.31	2.31	2.27	1.84	1.71
50	3	3.33	2.84	2.68	2	2.24	2.16	1.76	1.84
50	3.4	3.25	2.85	2.4	2.3	2.19	2.23	1.86	1.95
60	3.03	3.3	2.56	2.56	2.37	2.13	2.13	1.99	1.74
60	3.1	3.29	2.85	2.61	2.25	2.11	2.21	1.97	1.71
60	2.88	3.3	2.61	2.37	2.81	1.95	2.27	2.01	1.85
80	2.97	3.07	2.87	2.45	2.14	1.97	2.23	1.89	1.79
80	2.89	2.9	2.45	2.42	2.88	1.85	2.16	1.88	1.56
80	2.91	2.86	2.63	2.3	1.87	1.96	2.12	1.91	1.72
100	2.86	3.17	2.55	2.03	2.97	1.91	2.11	1.82	1.46
100	2.74	3.03	2.61	2.41	1.84	1.89	2.08	1.95	1.53
100	2.87	3.07	2.76	2.17	1.91	1.92	1.92	1.69	1.56
120	2.73	3.25	2.31	2.21	1.98	1.86	2.13	1.95	1.45
120	2.77	3.16	2.45	2.15	1.87	1.73	2.05	1.86	1.45
120	2.75	3.06	2.37	2.13	1.79	1.89	2.11	1.76	1.57
240	2.66	2.75	2.12	2.25	1.72	1.37	1.98	1.31	0.98
240	2.51	2.73	2.89	2.07	1.62	1.41	1.78	1.38	0.81
240	2.65	2.44	2.45	1.75	1.8	1.56	1.65	1.46	1.02
360	2.48	2.56	2.35	1.83	1.42	1.06	1.55	1.15	0.86
360	2.38	2.24	2.19	2	1.83	0.97	1.59	1.17	0.72
360	2.42	2.15	2.27	1.97	1.46	1.32	1.62	0.97	0.66

## FLUJO DEL ASFALTO PEN 85-100 Y 15% DE SULFATO DE CROMO CON DIFERENTE TIEMPOS DE MEZCLADO Y ALMACENADO



*Juan Ernesto Tejada Diaz*  
**Juan Ernesto Tejada Diaz**  
 JEFE DE LABORATORIO  
 GOLDFIX E.I.R.L.

*Julio Adolfo Rojas Poma*  
**Julio Adolfo Rojas Poma**  
 TÉCNICO DE LABORATORIO  
 GOLDFIX E.I.R.L.



### **ANEXO 3: PANEL FOTOGRÁFICO**

#### **ENSAYO DE DUCTILIDAD**

**Anexo 1:** Cemento asfáltico PEN 85-100 para ensayo de ductilidad



**Anexo 2:** Llevando el asfalto PEN 85-100 al horno para el ensayo de ductilidad



**Anexo 3:** Preparando los moldes donde se colocará el asfalto



**Anexo 4:** Vaciado del cemento asfáltico al molde del ductilómetro



**Anexo 5: Traslado del molde al ductilómetro**



**Anexo 6: Colocado del molde en el ductilómetro**



**Anexo 7:** Asegurar los extremos del molde a los pin del ductilómetro



**Anexo 8:** Iniciamos el ensayo del ductilómetro



## ENSAYO DE VISCOSIDAD

Anexo 9: Cemento asfáltico en el horno a 135°C para el ensayo



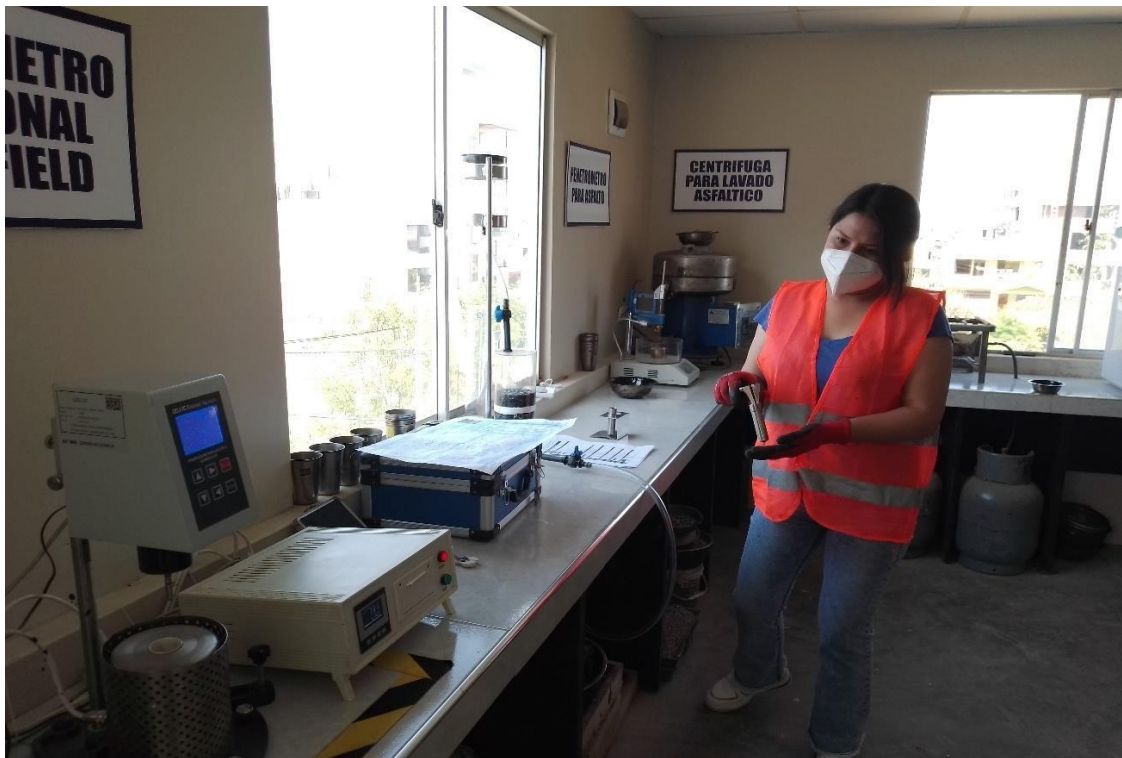
Anexo 10: Cemento asfáltico a 135°C



**Anexo 11: Vaciado del cemento asfáltico en la cápsula del viscosímetro rotacional**



**Anexo 12: Traslado de la cápsula con ayuda de la pinza al viscosímetro**



**Anexo 13: Colocación de la cápsula al cilindro del viscosímetro**



**Anexo 14: Colocación de la aguja del viscosímetro en la cápsula.**



**Anexo 15: Colocación de la tapa de la cápsula**



**Anexo 16: Inicio del ensayo del viscosímetro**





**Anexo 17:** Toma de datos del ensayo del viscosímetro



**Anexo 18:** Término del ensayo de viscosidad



## ENSAYO MARSHALL

**Anexo 19:** *Chancadora Matahuasi, arena natural, arena chancada, piedra de ¾, piedra de ½*



**Anexo 20:** *Agregados utilizados: arena natural, arena chancada, y piedra de ½”*



*Anexo 21: Pesado de la grava de 1/2 para realizar el ensayo de granulometría*



*Anexo 22: Pesado de la arena para realizar el ensayo de granulometría*



*Anexo 23: Nivelado de las muestras de agregados*



*Anexo 24: Pesado de las muestras retenidas del ensayo de granulometría*



*Anexo 25: Cosemto utilizado como material fino, filter*



*Anexo 26: Pesado del cemento para realizar el ensayo de granulometría*



*Anexo 27: Factado del cemento al pasar por el tamizo granulométrico*



*Anexo 28: Tamizado de la arena natural y arena chancada por el tamiz N° 4 y N° 10*



**Anexo 29:** Pesado de las muestras cumpliendo el diseño de mezclas



**Anexo 30:** Calentado de las muestras con el diseño de mezclas a una temperatura de 135°C



**Anexo 31:** Agregado del cemento asfáltico al agregado con diseño de mezcla



**Anexo 32:** Mezclado del cemento asfáltico con los agregados hasta obtener una mezcla homogénea





**Anexo 33:** *Tomado de la temperatura de la mezcla orgánica*



**Anexo 34:** *Colocado del papel filtro sobre la base del molde*



**Anexo 35:** *Faciendo de la mezcla asfáltica en el molde*



**Anexo 36:** *Compactado de la mezcla asfáltica en caliente en el molde con el martillo de compactación.*



*Anexo 37: Desmoldado de la muestra del molde con ayuda de la ganta hidráulica*



*Anexo 38: Rotulado de la muestra para su identificación de los ensayos*



*Anexo 39: Inmersión de la muestra en Baño María por 30 minutos a 60°C*



*Anexo 40: Retirado y secado de la muestra para ensayar Marshall.*



**Anexo 41: Colocando de la muestra en la muestra de la prensa universal.**



**Anexo 42: Colocado del dial para la medición del flujo o deformación.**



**Anexo 43: Retirada de la muestra compactada de la prensa Marshall**

