



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Mecánica

**ANÁLISIS DE LA BAJA CONCENTRACIÓN DE LUBRICANTE EN UNA SOLUCIÓN  
SINTÉTICA PARA CONFORMADO DE TUBOS PARA LA EMPRESA TRITECH  
GUATEMALA, S.A.**

**Victor Manuel Rivera Méndez**

Asesorado por el Ing. Edwin Estuardo Sarceño Zepeda

Guatemala, marzo de 2021

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**ANÁLISIS DE LA BAJA CONCENTRACIÓN DE LUBRICANTE EN UNA SOLUCIÓN  
SINTÉTICA PARA CONFORMADO DE TUBOS PARA LA EMPRESA TRITECH  
GUATEMALA, S.A.**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**VICTOR MANUEL RIVERA MÉNDEZ**

ASESORADO POR EL ING. EDWIN ESTUARDO SARCEÑO ZEPEDA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO MECÁNICO**

GUATEMALA, MARZO DE 2021

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Christian Moisés de la Cruz Leal
VOCAL V	Br. Kevin Armando Cruz Lorente
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
EXAMINADOR	Ing. Edwin Estuardo Sarceño Zepeda
EXAMINADOR	Ing. Gilberto Enrique Morales Baiza
EXAMINADOR	Ing. Carlos Aníbal Chicojay Colomo
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**ANÁLISIS DE LA BAJA CONCENTRACIÓN DE LUBRICANTE EN UNA SOLUCIÓN  
SINTÉTICA PARA CONFORMADO DE TUBOS PARA LA EMPRESA TRITECH  
GUATEMALA, S.A.**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica, con fecha 23 de octubre de 2018.

**Victor Manuel Rivera Méndez**



UNIDAD DE EPS

Guatemala, 9 de agosto de 2020  
REF.EPS.DOC.CM.10.08.2020

Ingeniero  
Oscar Argueta Hernández  
Director Unidad de EPS  
Facultad de Ingeniería  
Presente

Estimado Ing. Argueta Hernández:

Por este medio atentamente le informo que como Asesora-Supervisora de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S.) del estudiante universitario de la Carrera de Ingeniería Mecánica, **Victor Manuel Rivera Méndez, Registro Académico No. 201314686** procedí a revisar el informe final, cuyo título es: **ANÁLISIS DE LA BAJA CONCENTRACIÓN DE LUBRICANTE EN UNA SOLUCIÓN SINTÉTICA PARA CONFORMADO DE TUBOS PARA LA EMPRESA TRITECH, GUATEMALA, S.A.**

En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

  
Ing. Edwin Estuardo Sarceño Zepeda  
Asesora-Supervisora de EPS  
Área de Ingeniería Mecánica Industrial

  
Universidad de San Carlos de Guatemala  
Ing. Edwin Estuardo Sarceño Zepeda  
ASESOR - SUPERVISOR DE EPS  
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS  
Facultad de Ingeniería

EESZ/es



Guatemala, 10 de agosto de 2020  
REF.EPS. D.16.08.2020

Ing. Gilberto Enrique Morales Baiza  
Director de Escuela de Ingeniería Mecánica  
Facultad de Ingeniería  
Presente

Estimado Ingeniero Morales Baiza:

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **ANÁLISIS DE LA BAJA CONCENTRACIÓN DE LUBRICANTE EN UNA SOLUCIÓN SINTÉTICA PARA CONFORMADO DE TUBOS PARA LA EMPRESA TRITECH, GUATEMALA, S.A.**, que fue desarrollado por el estudiante universitario **Victor Manuel Rivera Méndez** quien se identifica con **CUI 1854 18767 0301 y Registro Académico 201314686**, quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ing. Edwin Estuardo Sarceño Zepeda.

Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación por parte del Asesor-Supervisor, como director apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

“Id y Enseñad a Todos”



Ing. Oscar Argueta Hernández  
Director Unidad de EPS

OAH



**USAC**

TRICENTENARIA  
Universidad de San Carlos de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Escuela de Ingeniería Mecánica

Ref.EIM.038.2021

El Revisor de la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor-Supervisor y del Director de la Unidad de EPS, al trabajo de graduación titulado: **ANÁLISIS DE LA BAJA CONCENTRACIÓN DE LUBRICANTE EN UNA SOLUCIÓN SINTÉTICA PARA CONFORMADO DE TUBOS PARA LA EMPRESA TRITECH GUATEMALA, S.A.** del estudiante **Víctor Manuel Rivera Méndez, CUI 1854187670301, Reg. Académico No. 201314686** y habiendo realizado la revisión de Escuela, se autoriza para que continúe su trámite en la oficina de Lingüística, Unidad de Planificación.

**"Id Y Enseñad a todos"**

Carlos Humberto Pérez Rodríguez  
INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL  
Colegiado 3071

Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez  
Revisor  
Escuela de Ingeniería Mecánica



|

Guatemala, marzo de 2021

/aej



**USAC**

TRICENTENARIA  
Universidad de San Carlos de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Escuela de Ingeniería Mecánica

Ref.EIM.044.2021

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica, de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor-Supervisor y del Director de la Unidad de EPS, al trabajo de graduación titulado: **ANÁLISIS DE LA BAJA CONCENTRACIÓN DE LUBRICANTE EN UNA SOLUCIÓN SINTÉTICA PARA CONFORMADO DE TUBOS PARA LA EMPRESA TRITECH GUATEMALA, S.A.**, del estudiante **Víctor Manuel Rivera Méndez**, CUI **1854187670301** Reg. Académico **201314686** y luego de haberlo revisado en su totalidad, procede a la autorización del mismo.

***"Id y Enseñad a Todos"***



Ing. Gilberto Enrique Morales Baiza  
Director  
Escuela de Ingeniería Mecánica

Guatemala, marzo de 2021

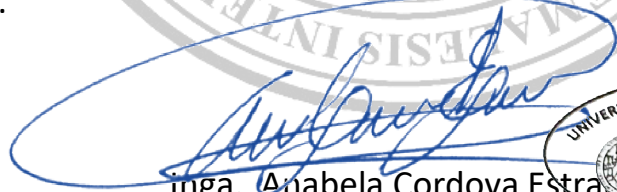
/aej




DTG. 106.2021.

La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica, al Trabajo de Graduación titulado: **ANÁLISIS DE LA BAJA CONCENTRACIÓN DE LUBRICANTE EN UNA SOLUCIÓN SINTÉTICA PARA CONFORMADO DE TUBOS PARA LA EMPRESA TRITECH GUATEMALA, S.A.**, presentado por el estudiante universitario: **Victor Manuel Rivera Méndez**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



ing. Anabela Cordova Estrada  
Decana



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
DECANA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
★

Guatemala, marzo de 2021.

AACE/asga

## **ACTO QUE DEDICO A:**

- Dios** Por siempre estar presente en todo lugar y momento y, sobre todo, durante esta inigualable experiencia.
- Mis padres** Juan Carlos Rivera Martínez y María Graciela Méndez Pérez. Su amor, dedicación y sacrificio son pilares fundamentales de mi existencia. Gracias por todo.
- Mis hermanos** Magda, Glenda, Viviana y Edgar Rivera Méndez por su amor y apoyo incondicional en todo momento. No hay palabras para describir lo que siento por cada uno de ustedes.
- Mis abuelos** Pedro Rivera (q. e. p. d.), Tomasa Martínez, Nicolás Méndez y Tránsito Pérez, por su amor incondicional y enseñarme que el éxito solo se obtiene a través del trabajo duro y honesto.
- Mi apoyo incondicional** Dra. Dilsy Velásquez, por estar presente en las noches de desvelo, momentos tristes, frustrantes y alegres de estos últimos 8 años. Tienes mi agradecimiento hasta el último día de mi vida, gracias totales.

**Mis amigos**

Ing. Pablo Abad, Fernando y Alan Sinay, Josué Veliz, Kevin Tax, Kevin Recinos, Miguel Carrillo, Ricardo Ayala, Lester Chanta, Pablo Juarez, Luis Raquec, Merlin Sepez, Carlos Yuman, Helvin Santizo y Hector Rivera, por su amistad en las distintas etapas de mi vida.

**Amiga**

Adania Albizures, siempre te he tenido y te tendré en muy alta estima, por tu amistad y apoyo. Te quiero.

**Mi estimado**

Lino y familia Mixtun, por formar parte de esta etapa de mi vida, su apoyo fue fundamental para alcanzar la meta.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

<b>Tritech Guatemala</b>	Ing. Moisés Giron y demás integrantes de Grupo Tritech. Gracias por permitirme formar parte de esta gran familia y desarrollarme como profesional.
<b>Al pueblo de Guatemala</b>	Gracias por brindarme la oportunidad de estudiar en la Universidad de San Carlos.
<b>Universidad de San Carlos</b>	Y a la Facultad de Ingeniería, por guiarme en el campo que me apasiona, la Ingeniería.
<b>Centros educativos</b>	Escuela Hunapú, Instituto por Cooperativa Magdalena Milpas Altas e Instituto Técnico Industrial, gracias por formarme académicamente en las distintas etapas de mi formación.
<b>Estimado</b>	Manuel Rivera de 2012, gracias por no regresar a casa sin pagar el examen de admisión a la Facultad de Ingeniería USAC y así darte la oportunidad de soñar.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES .....	IX
LISTA DE SÍMBOLOS .....	XV
GLOSARIO .....	XVII
RESUMEN .....	XIX
OBJETIVOS.....	XXI
INTRODUCCIÓN .....	XXIII
1. INFORMACIÓN GENERAL.....	1
1.1. Información general de la empresa .....	1
1.1.1. Ubicación .....	1
1.1.2. Historia .....	1
1.1.3. Misión .....	2
1.1.4. Visión.....	2
1.1.5. Organigrama.....	3
1.2. Información general de la planta en donde se desarrolló el proyecto.....	3
1.2.1. Ubicación .....	4
1.2.2. Descripción de la planta .....	4
1.2.3. Tipos de procesos que desarrollan en la planta .....	5
1.2.4. Organización del personal en los molinos de formado .....	5
1.3. Descripción de proceso de fabricación de tubos .....	6
1.3.1. Partes del molino de conformado de tubos .....	6
1.3.1.1. Desenrollador de lámina.....	6
1.3.1.2. Empalmadora de lámina.....	6

1.3.1.3.	Acumulador .....	7
1.3.1.4.	Molino.....	7
1.3.1.4.1.	Formado.....	7
1.3.1.4.2.	Acabado.....	7
1.3.1.4.3.	Saysi .....	8
1.3.1.5.	Soldadura.....	8
1.3.1.6.	Cortadora .....	8
1.3.1.7.	Maquinaria para prueba hidrostática .....	8
1.3.1.8.	Sistema de refrigeración y lubricación de proceso.....	9
1.3.2.	Refrigeración y lubricación para conformado de tubos .....	9
1.3.2.1.	Proceso de refrigeración y lubricación para conformado de tubos.....	9
1.3.2.2.	Soluciones para conformado de tubos .....	10
1.3.2.3.	Importancia de la solución en el proceso de formado de tubos.....	11
1.3.3.	Aceites solubles .....	11
1.3.3.1.	Aceites solubles minerales.....	11
1.3.3.2.	Aceites solubles semi sintéticos .....	12
1.3.3.3.	Aceites solubles sintéticos.....	13
1.3.4.	Concentración de lubricante en una solución.....	13
1.3.4.1.	Medición de concentraciones por refractómetro .....	14
1.3.4.2.	Porcentajes de concentración .....	14
1.3.4.3.	Importancia del nivel óptimo de concentración de lubricante en la solución sintética .....	15

1.3.4.4.	pH para soluciones con lubricantes solubles .....	15
2.	FASE DE INVESTIGACIÓN .....	17
2.1.	Descripción del equipo para realizar las mediciones en la solución .....	17
2.1.1.	Refractómetro .....	17
2.1.2.	Medidor de pH .....	19
2.2.	Descripción del lubricante Iloform TRS 185.....	21
2.3.	Revitalizaciones.....	22
2.3.1.	Tipos de consumo en la solución.....	23
2.3.1.1.	Consumo por salpicadura.....	23
2.3.1.2.	Consumo por impregnación del tubo ...	23
2.3.1.3.	Consumo por evaporación.....	23
2.4.	Mediciones de pH.....	24
2.5.	Proceso para realizar las mediciones de la solución durante la fase de investigación .....	24
2.5.1.	Mediciones de concentración .....	24
2.5.2.	Mediciones de pH .....	25
2.5.3.	Consumos de lubricante .....	25
2.6.	Mediciones obtenidas durante la fase de investigación.....	28
2.6.1.	Semana 1 .....	29
2.6.2.	Semana 2 .....	30
2.6.3.	Semana 3 .....	31
2.6.4.	Semana 4 .....	32
2.6.5.	Semana 5 .....	33
2.6.6.	Semana 6 .....	34
2.6.7.	Semana 7 .....	35
2.6.8.	Semana 8 .....	36

2.6.9.	Semana 9 .....	37
2.6.10.	Semana 10 .....	38
2.6.11.	Semana 11 .....	39
2.6.12.	Semana 12 .....	40
2.6.13.	Semana 13 .....	41
2.6.14.	Semana 14 .....	42
2.6.15.	Semana 15 .....	43
2.6.16.	Semana 16 .....	44
2.6.17.	Semana 17 .....	45
2.6.18.	Mediciones obtenidas mes 1 .....	46
2.6.19.	Mediciones obtenidas mes 2 .....	47
2.6.20.	Mediciones obtenidas mes 3 .....	48
2.6.21.	Mediciones obtenidas mes 4 .....	49
2.6.22.	Promedios de las mediciones realizadas durante la fase de investigación .....	50
2.7.	Interpretación y análisis de los resultados obtenidos .....	51
2.7.1.	Interpretación mes 1 (del 20 de agosto al 19 de septiembre) .....	51
2.7.2.	Interpretación mes 2 (del 21 de septiembre al 19 de octubre) .....	52
2.7.3.	Interpretación mes 3 (del 22 de octubre al 19 de noviembre) .....	52
2.7.4.	Interpretación mes 4 (del 21 de noviembre al 14 de diciembre).....	53
2.7.5.	Interpretación general de resultados .....	53
2.8.	Causas de la baja concentración de lubricante en la solución sintética .....	54
2.8.1.	El mal procedimiento para realizar las revitalizaciones a la solución .....	54



2.8.2.	Poca o nula capacitación a los operarios del molino .....	55
2.8.3.	No existe historial de consumo de lubricante.....	56
2.8.4.	El registro de las mediciones y estado de las concentraciones no es transmitido a los operarios .....	56
2.9.	Fin fase de investigación .....	56
3.	FASE TÉCNICO PROFESIONAL .....	57
3.1.	Plan de trabajo y desarrollo para elevar la concentración de lubricante en la solución .....	57
3.1.1.	Extracción de la solución de la fosa.....	57
3.1.2.	Limpieza a la fosa de almacenamiento.....	58
3.1.3.	Determinar los niveles adecuados de solución en la fosa de almacenamiento .....	58
3.1.4.	Verter lo extraído nuevamente en la fosa .....	59
3.1.5.	Determinar la disminución de fluido cuando el sistema está en trabajo.....	59
3.1.6.	Determinar el nivel de solución en la fosa cuando el sistema está en reposo .....	60
3.1.7.	Realizar una carga de choque a la solución .....	61
	3.1.7.1. Procedimiento para realizar la carga de choque .....	62
3.2.	Plan de trabajo para mantener el porcentaje de concentración en el rango recomendado.....	64
3.2.1.	Revitalizaciones.....	64
	3.2.1.1. Procedimiento para realizar las revitalizaciones .....	64
	3.2.1.2. Preparación de las revitalizaciones .....	65

3.2.2.	Control de concentraciones.....	66
3.3.	Mediciones obtenidas después de elevar la concentración de lubricante.....	68
3.3.1.	Semana 18.....	69
3.3.2.	Semana 19.....	70
3.3.3.	Semana 20.....	71
3.3.4.	Semana 21.....	72
3.3.5.	Semana 22.....	73
3.3.6.	Semana 23.....	74
3.3.7.	Semana 24.....	75
3.3.8.	Semana 25.....	76
3.3.9.	Semana 26.....	77
3.3.10.	Semana 27.....	78
3.3.11.	Semana 28.....	79
3.3.12.	Semana 29.....	80
3.3.13.	Mediciones obtenidas mes 5.....	81
3.3.14.	Mediciones obtenidas mes 6.....	82
3.3.15.	Mediciones obtenidas mes 7.....	83
3.3.16.	Promedios de las mediciones realizadas después de elevar la concentración de lubricante en la solución.....	84
3.4.	Análisis de los datos obtenidos.....	85
3.4.1.	Interpretación mes 1 (del 14 de enero al 13 de febrero).....	85
3.4.2.	Interpretación Mes 6 (del 15 de febrero al 13 de marzo).....	86
3.4.3.	Interpretación mes 7 (del 15 de marzo al 5 de abril).....	87
3.4.4.	Interpretación general de resultados.....	88

3.5.	Proyección de ahorro de lubricante .....	89
3.6.	Proyección de ahorro económico .....	90
4.	FASE DOCENTE .....	93
4.1.	Las buenas prácticas al manipular lubricantes .....	93
4.2.	Refractómetro .....	94
4.2.1.	Partes principales del refractómetro .....	94
4.2.2.	Uso del refractómetro .....	94
4.2.3.	Cálculo del porcentaje de concentración de la solución .....	95
4.2.4.	Calibración del refractómetro .....	96
4.3.	Lubricantes para conformado de tubos .....	96
4.3.1.	Tipos de lubricantes solubles .....	97
4.4.	Importancia de la concentración de lubricante en la solución sintética .....	97
	CONCLUSIONES .....	99
	RECOMENDACIONES .....	101
	BIBLIOGRAFÍA .....	103
	ANEXOS .....	105



## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Organigrama Trittech Guatemala S.A. ....	3
2.	Organización en los molinos de formado .....	5
3.	Refractómetro ATAGO .....	18
4.	Medidor de pH digital .....	20
5.	Curva del factor de refracción del lubricante Iloform TRS 185 .....	22
6.	Tonel de Iloform TRS 185 considera un cilindro ideal .....	26
7.	Descripción de las gráficas, tendencias de concentración .....	28
8.	Porcentaje de concentración semana 1 .....	29
9.	Porcentaje de concentración semana 2 .....	30
10.	Porcentaje de concentración semana 3 .....	31
11.	Porcentaje de concentración semana 4 .....	32
12.	Porcentaje de concentración semana 5 .....	33
13.	Porcentaje de concentración semana 6 .....	34
14.	Porcentaje de concentración semana 7 .....	35
15.	Porcentaje de concentración semana 8 .....	36
16.	Porcentaje de concentración semana 9 .....	37
17.	Porcentaje de concentración semana 10 .....	38
18.	Porcentaje de concentración semana 11 .....	39
19.	Porcentaje de concentración semana 12 .....	40
20.	Porcentaje de concentración semana 13 .....	41
21.	Porcentaje de concentración semana 14 .....	42
22.	Porcentaje de concentración semana 15 .....	43
23.	Porcentaje de concentración semana 16 .....	44

24.	Porcentaje de concentración semana 17 .....	45
25.	Porcentajes de concentración mes 1 .....	46
26.	Porcentajes de concentración mes 2 .....	47
27.	Porcentajes de concentración mes 3 .....	48
28.	Porcentajes de concentración mes 4 .....	49
29.	Comparativo, porcentaje de concentración y consumo de lubricante ...	50
30.	Hoja de control de mediciones.....	68
31.	Porcentaje de concentración semana 18.....	69
32.	Porcentaje de concentración semana 19.....	70
33.	Porcentaje de concentración semana 20.....	71
34.	Porcentaje de concentración semana 21 .....	72
35.	Porcentaje de concentración semana 22.....	73
36.	Porcentaje de concentración semana 23.....	74
37.	Porcentaje de concentración semana 24.....	75
38.	Porcentaje de concentración semana 25.....	76
39.	Porcentaje de concentración semana 26.....	77
40.	Porcentaje de concentración semana 27 .....	78
41.	Porcentaje de concentración semana 28.....	79
42.	Porcentaje de concentración semana 29.....	80
43.	Porcentajes de concentración mes 5 .....	81
44.	Porcentajes de concentración mes 6 .....	82
45.	Porcentajes de concentración mes 7 .....	83
46.	Comparativo, porcentaje de concentración y consumo de lubricante ...	84
47.	Lectura del refractómetro .....	95

## TABLAS

I.	Características del barril del lubricante Iloform TRS 185 .....	25
II.	Mediciones realizadas semana 1 .....	29
III.	Promedio de mediciones realizadas semana 1 .....	29
IV.	Mediciones realizadas semana 2 .....	30
V.	Promedio de mediciones realizadas semana 2 .....	30
VI.	Mediciones realizadas semana 3 .....	31
VII.	Promedio de mediciones realizadas semana 3 .....	31
VIII.	Mediciones realizadas semana 4 (a) .....	32
IX.	Mediciones realizadas semana 4 (b) .....	32
X.	Mediciones realizadas semana 5 .....	33
XI.	Promedio de mediciones realizadas semana 5 .....	33
XII.	Mediciones realizadas semana 6 .....	34
XIII.	Promedio de mediciones realizadas semana 6 .....	34
XIV.	Mediciones realizadas semana 7 .....	35
XV.	Promedio de mediciones realizadas semana 7 .....	35
XVI.	Mediciones realizadas semana 8 .....	36
XVII.	Promedio de mediciones realizadas semana 8 .....	36
XVIII.	Mediciones realizadas semana 9 .....	37
XIX.	Promedio de mediciones realizadas semana 9 .....	37
XX.	Mediciones realizadas semana 10 .....	38
XXI.	Promedio de mediciones realizadas semana 10 .....	38
XXII.	Mediciones realizadas semana 10 .....	39
XXIII.	Promedio de mediciones realizadas semana 11 .....	39
XXIV.	Mediciones realizadas semana 12 .....	40
XXV.	Promedio de mediciones realizadas semana 12 .....	40
XXVI.	Mediciones realizadas semana 13 .....	41
XXVII.	Promedio de mediciones realizadas semana 13 .....	41

XXVIII.	Mediciones realizadas semana 14.....	42
XXIX.	Promedio de mediciones realizadas semana 14.....	42
XXX.	Mediciones realizadas semana 15.....	43
XXXI.	Promedio de mediciones realizadas semana 15.....	43
XXXII.	Mediciones realizadas semana 16.....	44
XXXIII.	Promedio de mediciones realizadas semana 16.....	44
XXXIV.	Mediciones realizadas semana 17.....	45
XXXV.	Promedio de mediciones realizadas semana 17.....	45
XXXVI.	Mediciones obtenidas durante el mes 1.....	46
XXXVII.	Mediciones obtenidas durante el mes 2.....	47
XXXVIII.	Mediciones obtenidas durante el mes 3.....	48
XXXIX.	Mediciones obtenidas durante el mes 4.....	49
XL.	Promedio de mediciones realizadas.....	50
XLI.	Características de la solución extraída.....	57
XLII.	Mediciones realizadas semana 18.....	69
XLIII.	Promedio de mediciones realizadas semana 18.....	69
XLIV.	Mediciones realizadas semana 19.....	70
XLV.	Promedio de mediciones realizadas semana 19.....	70
XLVI.	Mediciones realizadas semana 20.....	71
XLVII.	Promedio de mediciones realizadas semana 20.....	71
XLVIII.	Mediciones realizadas semana 21.....	72
XLIX.	Promedio de mediciones realizadas semana 21.....	72
L.	Mediciones realizadas semana 22.....	73
LI.	Promedio de mediciones realizadas semana 22.....	73
LII.	Mediciones realizadas semana 23.....	74
LIII.	Promedio de mediciones realizadas semana 23.....	74
LIV.	Mediciones realizadas semana 24.....	75
LV.	Promedio de mediciones realizadas semana 24.....	75
LVI.	Mediciones realizadas semana 25.....	76



LVII.	Promedio de mediciones realizadas semana 25 .....	76
LVIII.	Mediciones realizadas semana 26 .....	77
LIX.	Promedio de mediciones realizadas semana 26 .....	77
LX.	Mediciones realizadas semana 27 .....	78
LXI.	Promedio de mediciones realizadas semana 27 .....	78
LXII.	Mediciones realizadas semana 28 .....	79
LXIII.	Promedio de mediciones realizadas semana 28 .....	79
LXIV.	Mediciones realizadas semana 29 .....	80
LXV.	Promedio de mediciones realizadas semana 29 .....	80
LXVI.	Mediciones obtenidas durante el mes 5 .....	81
LXVII.	Mediciones obtenidas durante el mes 6 .....	82
LXVIII.	Mediciones obtenidas durante el mes 7 .....	83
LXIX.	Promedio de mediciones realizadas.....	84
LXX.	Comparativo de consumos y porcentaje de concentración mes 4 y 7....	89
LXXI.	Proyección de consumos para un porcentaje de concentración al 6 % ..	89
LXXII.	Costo económico de lubricante en los meses 4 y 7 del proyecto. ....	90
LXXIII.	Costo del lubricante con porcentaje de concentración teórico al 6,5 % en el mes 4.....	91
LXXIV.	Proyección mensual de ahorro económico comparando el consumo teórico de lubricante del mes 4 frente al consumo real del mes 7.....	91



## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
<b>cm</b>	Centímetros
<b>gal</b>	Galón
<b>°Bx</b>	Grados Brix
<b>m</b>	Metro
<b>pH</b>	pH
<b>%</b>	Porcentaje
<b>Tns</b>	Toneles



## GLOSARIO

<b>Aceite soluble</b>	Aceite que se disuelve en agua.
<b>Brix</b>	Unidad de medida de cantidad del cociente total de materia seca disuelta en un líquido.
<b>Conformado de tubos</b>	Fabricación de tubería de acero por medio de esfuerzos de compresión.
<b>Factor de reacción</b>	Índice de refracción ideal de un material.
<b>Índice de refracción</b>	Cociente entre velocidad de la luz y la velocidad de la luz en algún material específico.
<b>Molino</b>	Máquina compuesta por sección de rodillos para el proceso de conformado de tubería de acero.
<b>pH</b>	Medición de concentración de hidrogenión.
<b>pH ácido</b>	Medición entre 7 y 1.
<b>pH alcalino</b>	Medición de pH entre 14 y 7.
<b>pH neutro</b>	Medición de pH de 7.

<b>Refractómetro</b>	Medidor óptico para medir la refracción de luz a través de un líquido.
<b>Revitalizaciones</b>	Adiciones de solución con un porcentaje de concentración de aceite soluble.
<b>Saysi</b>	Sección del molino que da el acabado final de medidas y forma a la tubería.

## RESUMEN

En el proceso de fabricación de tubería de acero por conformado, es necesario utilizar una solución con adecuada concentración de lubricante que ayude a refrigerar el proceso, mantenga limpio los rodos de formación, evite marcas de los rodos en la superficie de la tubería y sea lo suficientemente resistente a la formación de hongos y bacterias en ambientes propensos a la contaminación.

Para determinar las causas de la baja concentración de lubricante en la solución, se realizaron mediciones continuas de concentración, pH y consumos de lubricante así como también se recabo información sobre el procedimiento utilizado para realizar las revitalizaciones y las causas del porqué usaban dicho procedimiento.

Las causas principales de la baja concentración de lubricante en la solución, eran el procedimiento empírico y el nulo control que se tenía para realizar las revitalizaciones el cual era una consecuencia de la poca capacitación que los operarios del molino tenían sobre estos temas.

Para elevar la concentración se realizó una carga de choque, conjuntamente, se implementó un procedimiento para realizar las revitalizaciones y un plan de control de las concentraciones y consumos de lubricante que dieron como resultado, la elevación de la concentración al 6 % con un consumo semanal aproximado de 55 galones de lubricante.





## **OBJETIVOS**

### **General**

Determinar las principales causas de la baja concentración y aumentar el nivel de concentración hasta de lubricante en la solución sintética hasta 5 o 6 %.

### **Específicos**

1. Determinar las causas y factores principales del bajo porcentaje de concentración de lubricante en la solución sintética.
2. Desarrollar un proceso para elevar y mantener la concentración de lubricante en la solución sintética hasta 5 o 6 %.
3. Capacitar al personal de operarios del molino sobre el uso e importancia del lubricante que se utiliza en la solución sintética.



## INTRODUCCIÓN

Las soluciones con aceites solubles utilizadas en los procesos de trabajo de metales en algún momento experimentan una baja en la concentración de lubricante, esto se debe a que en la gran mayoría de este tipo de procesos se utilizan sistemas de recirculación del fluido y son sometidos a elevadas temperaturas, lo cual trae consigo el consumo de la solución haciendo necesario realizar revitalizaciones que nivelen el fluido y mantengan la concentración en el rango óptimo de operación.

En el proceso de fabricación de tubería de acero con soldadura eléctrica, es necesario utilizar un fluido soluble que refrigera y lubrique el sistema por lo cual es de suma importancia mantener la concentración de aceite del soluble en el rango recomendado.

Tener una concentración baja en el fluido soluble puede generar problemas serios a largo plazo, los cuales pueden ser: el desgaste excesivo en los rodos de formado, formación de sarro que bloqueen los sistemas de recirculación del fluido, aumento en la aparición de bacterias que no permitan que la concentración de lubricante aumente al realizarle revitalizaciones, suciedad en el proceso y, por consiguiente, en la tubería fabricada.

Actualmente Trittech Guatemala S.A. tiene dentro de su cartera de clientes una planta de conformado de tubería de acero, en la cual en una solución utilizada en una línea de producción se ha registrado una baja continua en la concentración de lubricante, por lo cual se realizará el estudio para determinar las causas de esta baja concentración.

El estudio consistirá en determinar las causas y factores que contribuyen a la baja concentración, para lo cual serán monitoreadas sus propiedades más importantes. Estas propiedades son: la concentración que será medida con un refractómetro, el pH que nos indicará si la solución tiene tendencia ácida o alcalina y el consumo de lubricante, posteriormente se realizan gráficas y tablas de tendencia que nos indicarán el comportamiento fluido soluble.

Después de determinar las causas de la baja concentración, se realizaron las acciones necesarias para aumentar la concentración a 8 %, se desarrolló un plan de trabajo para evitar que la concentración nuevamente vuelva a disminuir y se monitoreó el comportamiento de la concentración y consumo de lubricante con lo cual se realizaron tablas y gráficas que mostraron el comportamiento de la solución después del aumento de concentración.

# **1. INFORMACIÓN GENERAL**

## **1.1. Información general de la empresa**

Tritech Guatemala S.A. es una empresa que se dedica a la venta de lubricantes industriales de alto rendimiento dirigidos principalmente a industrias como: bebidas y alimentos, minería, cementeras, ingenios, aceros, plantas de Metal Working (formado de tubos), textiles, vidrieras, y otros, conjuntamente a la venta de lubricantes industriales. Ofrece a sus clientes asesorías y servicios técnicos tales como: estudios de lubricación, análisis de aplicaciones de lubricantes en equipos críticos, muestreo y análisis de laboratorio de aceites, toma de termografías, medición y monitoreo de concentraciones y pH en sistemas de recirculación de procesos de *metalworking*.

### **1.1.1. Ubicación**

Actualmente Tritech Guatemala S.A. se encuentra ubicada en: 2ª. calle 1-58 zona 1 aldea Don Justo, Fraijanes, Fraijanes, Guatemala, Ofibodegas Fraijanes, Bodega 17 y 18.

### **1.1.2. Historia**

Tritech Guatemala, S.A. inició operaciones en Guatemala en 1973, con el nombre Lubricantes Metálicos para distribuir exclusivamente de los lubricantes de alto rendimiento Molub Alloy. Debido al gran crecimiento dentro de la industria, Tritech inició operaciones en El Salvador en 1978.

En la década de 1980 los lubricantes Molub Alloy fueron adquiridos por ICI dando nacimiento a los productos Tribol y con este suceso completar la línea de lubricantes de alto rendimiento que comercializó Tritech Guatemala durante esa década. En 1987 se iniciaron operaciones en Costa Rica.

Durante la década de 1990 Tritech expande sus operaciones a territorio mexicano, principalmente en la industria del azúcar en las ciudades de Córdoba y Veracruz.

En 2000 Grupo Tritech y Castrol forman una alianza comercial la cual consolida aún más a Tritech dentro de la industria. En los siguientes años Grupo Tritech abre operaciones en toda Centroamérica. La división de Metal Working fue abierta en 2009.

### **1.1.3. Misión**

Tritech Guatemala S.A. está comprometido en ofrecer resultados documentados de aumentos de productividad y reducción de costos en el mercado de lubricación industrial, a través de personal, programas, servicios y productos de alta tecnología y calidad, contribuyendo al mismo tiempo a la conservación del medio ambiente.

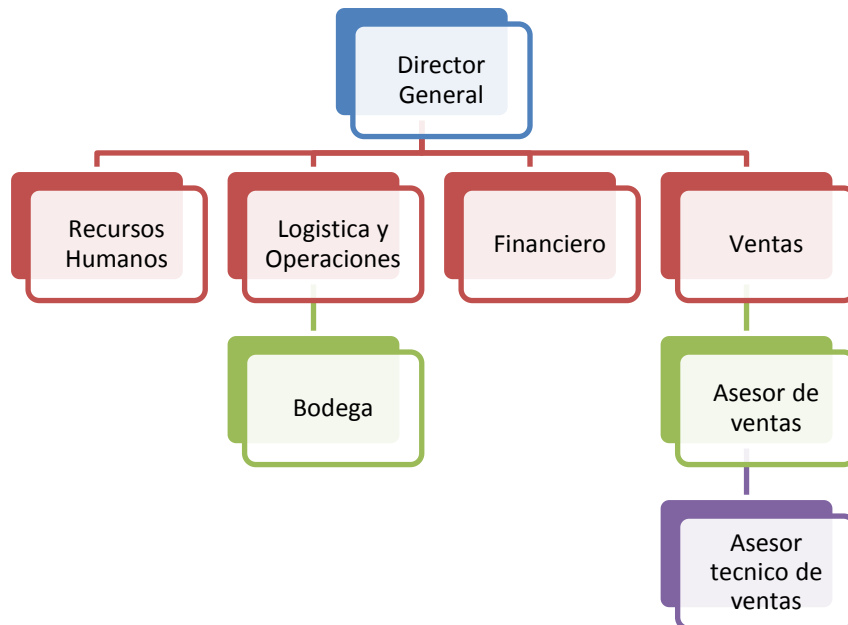
### **1.1.4. Visión**

Convertirnos en el proveedor de preferencia de mejoras de productividad y ahorro de costos en nuestro territorio a través de la lubricación industrial.

### 1.1.5. Organigrama

La organización interna de Trittech Guatemala para brindar la asesoría a sus clientes es la siguiente:

Figura 1. Organigrama Trittech Guatemala S.A.



Fuente: elaboración propia.

### 1.2. Información general de la planta en donde se desarrolló el proyecto

La planta tubera tiene más de 25 años en el mercado nacional e internacional en la producción y venta de tubería de acero de lámina negra y galvanizada.

### **1.2.1. Ubicación**

Actualmente la planta tubera en donde fue realizado el estudio se encuentra ubicada al final de la Avenida Petapa, Km. 11,5 Finca el Frutal, San Miguel Petapa, Guatemala.

### **1.2.2. Descripción de la planta**

La planta se dedica a la fabricación de los siguientes tipos de tubería:

- Tubería cuadrada y rectangular
  - De uso estructural
  - De uso industrial
  
- Tubería redonda
  - De uso estructural
  - De uso industrial
  - Para cañería

Para la fabricación de la tubería, la planta utiliza tres molinos de formado, cada uno diseñado para distintos rangos de medidas de producción, dos de los tres molinos tienen la capacidad de producir tubería de lámina galvanizada.

El rango de fabricación general de tubería redonda y cuadrada es de  $\frac{1}{2}$ ´ hasta 8", en el caso de la tubería redonda o cuadrada de lámina galvanizada, las medidas pueden ser desde  $\frac{1}{2}$ " a 4".



### 1.2.3. Tipos de procesos que desarrollan en la planta

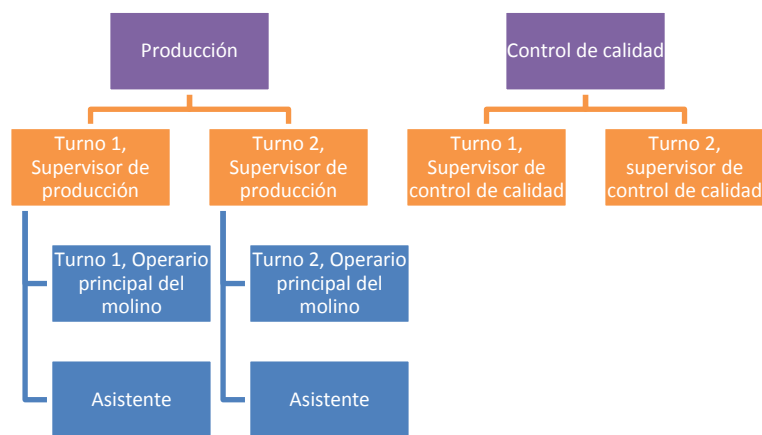
La planta tubera, además de producir tubería de acero, también realiza otros procesos los cuales complementan las necesidades de sus clientes, estos son:

- Fabricación de tubería
- Fabricación de costanera
- Fabricación de tubería para perforación de pozos
- Pruebas hidrostáticas para tubería para transporte de fluidos
- Biselado de tubos
- Roscas macho para tuberías

### 1.2.4. Organización del personal en los molinos de formado

En el proceso de fabricación de tubería el personal se organiza de la siguiente manera:

Figura 2. Organización en los molinos de formado



Fuente: elaboración propia.

### **1.3. Descripción de proceso de fabricación de tubos**

Para el proceso de producción se utiliza un molino, el cual está distribuido en distintas secciones por las cuales pasa la lámina para formar el tubo, estas secciones serán detalladas a continuación:

#### **1.3.1. Partes del molino de conformado de tubos**

Los molinos de conformado de tubería de acero tienen distintas partes entre las cuales las más importantes son las que se describen a continuación.

##### **1.3.1.1. Desenrollador de lámina**

En esta sección se da el inicio del proceso de producción, con la ayuda de una grúa se coloca en un eje giratorio la bobina de lámina negra o galvanizada de distintas medidas con la cual se fabricarán los tubos.

El eje giratorio desenrolla continuamente la bobina de lámina hacia el acumulador para así seguir alimentando constantemente al molino.

##### **1.3.1.2. Empalmadora de lámina**

Consiste en una cortadora hidráulica de lámina y una soldadura automatizada, esta sección se utiliza para unir dos láminas de bobinas diferentes, se corta la lámina saliente como la entrante en ángulos iguales y posteriormente se sueldan.

### **1.3.1.3. Acumulador**

Esta sección es muy importante en la eficiencia del proceso, consiste en un gran espacio en el cual se acumula la lámina con la cual se alimentará el molino durante el proceso de empalme y no tener que detener el proceso.

### **1.3.1.4. Molino**

Esta sección está formada por rodos y rodillos de distintas medidas, los cuales son los encargados de someter a esfuerzos de compresión hasta la zona plástica y moldear la lámina hasta llevarla a la forma y medida requerida.

El molino está dividido en tres subsecciones:

#### **1.3.1.4.1. Formado**

Esta parte del molino la lámina ingresa completamente plana, a medida que la lámina pasa por los rodos, va adquiriendo forma cilíndrica, los rodos más grandes se encuentran en esta sección y son los encargados de iniciar la etapa de formado.

#### **1.3.1.4.2. Acabado**

La parte del acabado del molino es en donde se termina de dar forma cilíndrica a la lámina, los dos bordes de la lámina se encuentran uno contra otro para posteriormente ser soldados.

#### **1.3.1.4.3. Saysi**

Posteriormente a ser soldada la lámina, esta pasa por el Saysi la cual es una sección del molino que consiste en una serie de rodos los cuales son los encargados de dar forma cuadrada, rectangular o redonda a la lámina.

#### **1.3.1.5. Soldadura**

Esta sección se encuentra después del área de acabado del molino y es en donde se le aplica una costura de soldadura por arco eléctrico a toda la tubería. Es importante mencionar que la tubería tiene forma cilíndrica cuando pasa por la soldadura.

#### **1.3.1.6. Cortadora**

El proceso de corte se da después de todos el formado de la tubería, esta sección es la encargada de cortar los tubos a la medida exacta, la cortadora es automatizada para tener una medida constante en cada tubo.

#### **1.3.1.7. Maquinaria para prueba hidrostática**

En esta sección se le realizan pruebas a los tubos de cañería que serán utilizados para transportar algún tipo de fluido, consiste en introducir agua a presión en la tubería para determinar si tiene fugas en la costura de soldadura o en alguna otra sección del tubo.

### **1.3.1.8. Sistema de refrigeración y lubricación de proceso**

Esta sección del molino es de suma importancia, debido a que de esta se depende en gran medida la calidad de los tubos fabricados. Esta parte del molino está formada por una fosa en donde se almacena una solución compuesta por agua y lubricante, bombas para recircular la solución, tuberías, boquillas, filtros y canaletas.

### **1.3.2. Refrigeración y lubricación para conformado de tubos**

En la fabricación de tubos por conformado, la lámina es sometida a grandes esfuerzos al pasar por los rodos, lo cual trae como consecuencia una elevación en la temperatura del proceso, formación de marcas en la lámina y desgaste tanto en los rodos y la lámina. Para eliminar todos estos problemas es necesario utilizar una solución que funcione como refrigerante y además brinde la lubricación necesaria durante el proceso, tanto a los rodos como a la lámina

#### **1.3.2.1. Proceso de refrigeración y lubricación para conformado de tubos**

Para realizar este proceso se utiliza un sistema de recirculación de la solución que se esté utilizando en el molino.

La solución se almacena en una fosa, la cual por medio de un sistema de bombeo se hace circular por las tuberías, hasta llegar a las boquillas que están dirigidas a los rodos en los puntos de mayor esfuerzo para así refrigerarlos y lubricarlos. Posteriormente a que la solución tenga contacto con la lámina y los rodos, es dirigida por gravedad hacia unas canaletas las cuales están ventiladas,

con el fin de enfriar la solución, estas canaletas están dirigidas a la fosa de almacenamiento y así recircular la solución nuevamente.

Para este tipo de procesos, la solución no solamente se utiliza en el proceso de formado, también se emplea para:

- Refrigerar los tubos después de realizarles la costura de soldadura
- Como refrigeración y lubricación en el proceso de corte
- Como fluidos para realizar el proceso de la prueba hidrostática

### **1.3.2.2. Soluciones para conformado de tubos**

Las soluciones utilizadas para el proceso de conformado de tubos están compuestas por dos elementos, uno continuo y otro disuelto, en donde el agua es la parte continua de la solución y el aceite es la parte disuelta, el aceite se disuelve de manera maso menos homogénea en el agua, lo cual genera un porcentaje de concentración de la parte disuelta en la parte continua.

El aceite requerido puede ser mineral, semisintético o sintético, esto dependerá del tipo de solución que se necesite, del tipo de lámina utilizada en la fabricación de los tubos, del presupuesto con el que se cuente para la compra del aceite y de la programación de mantenimiento del molino.

El agua empleada en la solución debe cumplir con ciertas características para que no dañe el rendimiento del lubricante, para lo cual, la propiedad más importante del agua por considerar es el pH y dependiendo de la calidad del lubricante utilizado, se debe considerar su dureza.

### **1.3.2.3. Importancia de la solución en el proceso de formado de tubos**

La solución que se utiliza durante el proceso de conformado de tubos cumple diversas funciones, entre las cuales destacan.

- La refrigeración y lubricación del proceso de producción de tubería.
- Limpiar el proceso de los contaminantes.
- Decantar los contaminantes para que estos no sigan circulando en las tuberías de recirculación de la solución.
- Protección contra la corrosión en un corto periodo de tiempo al producto terminado.
- Protección a la superficie de los tubos, lo cual da como resultado un acabado más fino en el producto.
- Protección contra el desgaste a los rodos.
- Protección contra la corrosión al molino.

### **1.3.3. Aceites solubles**

Existen diversidad de aceites solubles que se utilizan en soluciones o emulsiones para refrigerar y lubricar procesos de Metal Working, estos aceites pueden dividirse en tres grandes grupos dependiendo del aceite base con el que se fabriquen:

#### **1.3.3.1. Aceites solubles minerales**

Este tipo de lubricante son de base mineral (derivados del petróleo), una de las características esenciales de este tipo de aceites es que dan una apariencia lechosa a la solución. Por tratarse de un aceite de base mineral están más

propensos a que en la solución aparezcan bacterias y hongos los cuales poco a poco van a ir degradándola, por lo cual se necesita un monitoreo de sus propiedad y mantenimiento más constante.

Generalmente las soluciones con aceites minerales necesitan mayor concentración entre el 10 al 15 %, lo que significa que el consumo será más elevado a comparación de los aceites sintéticos o semi sintéticos.

Ventajas de los aceites base mineral:

- Menor costo
- Tolerancia a aguas duras

### **1.3.3.2. Aceites solubles semi sintéticos**

Este tipo de lubricantes poseen estabilidad en aguas de moderada dureza, poseen una elevada resistencia a la formación de bacterias y hongos que degraden la solución. Debido a que su aceite base es en parte mineral se adhieren mejor al metal lo cual beneficia la lubricación del proceso. Su apariencia es de tonalidad opaca o translúcida, el porcentaje de concentración es un poco menor que el de un aceite mineral.

Ventajas de los aceites semisintéticos:

- Baja generación de espuma, lo cual protege al equipo de bombeo
- Adherencia a las superficies
- Elevada protección ante la formación de hongos y bacterias
- Buenas propiedades de refrigeración y lubricación al proceso



### **1.3.3.3. Aceites solubles sintéticos**

Estos lubricantes son diseñados para trabajar en soluciones de baja concentración sin que esto afecte sus funciones principales las cuales son refrigerar y lubricar el proceso. Pueden ser aplicados en aguas de elevada dureza sin afectar su estabilidad, debido a su base sintética resisten la formación de hongos y bacterias que puedan degradar la solución. Los lubricantes solubles de base sintéticos son los más utilizados en el proceso de producción de tuberías, debido a que necesitan menor mantenimiento y son muy resistentes a ambientes con alto grado de contaminación. Una de sus principales desventajas es el alto costo que este tipo de aceites tiene.

Ventajas de los aceites sintéticos:

- Brindan protección contra la corrosión al producto terminado durante un tiempo determinado.
- Adherencia a las superficies por lubricar.
- Alto rendimiento.
- Menor consumo de lubricante para revitalizar las soluciones.
- Excelentes propiedades de refrigeración y lubricación del proceso.
- No son tóxicos al contacto con la piel.

### **1.3.4. Concentración de lubricante en una solución**

Las mediciones de concentración en una solución son de suma importancia, debido a que esta permite conocer el porcentaje de lubricante presente en la solución y con ello podemos determinar los momentos adecuados para realizar las recargas a la solución.

Existen varios métodos para realizar las mediciones de concentración, tales como el método de alcalinidad, ruptura acida y la medición del índice de refracción, el último método es el más utilizado debido a su bajo costo, facilidad y rapidez de medición.

#### **1.3.4.1. Medición de concentraciones por refractómetro**

Este método es el más utilizado debido a su rapidez, economía y exactitud, consiste en tomar una muestra de la solución y realizar mediciones con un refractómetro, estas mediciones darán el índice de refracción de la solución en grados Brix, posteriormente se deben multiplicar las mediciones obtenidas por el índice de refracción del lubricante soluble. Como resultado se obtendrá el porcentaje de concentración de la solución.

Este método tiene como inconveniente que, si no se conoce el índice de refracción del lubricante, no es posible determinar el porcentaje de concentración, es importante mencionar que cada lubricante tiene diferente índice de refracción.

#### **1.3.4.2. Porcentajes de concentración**

Como cada lubricante tiene distinto índice de refracción, el rango de porcentajes para que la solución trabaje adecuadamente también es diferente para cada tipo de aceite. Generalmente para procesos de conformado de tubos que utilizan soluciones con lubricantes solubles sintéticos, la concentración de lubricante debe estar entre 5 y 10 %.

El cálculo del porcentaje de concentración utilizando el método de medición por refracción, depende de la medición registrada por el refractómetro y el índice de refracción del lubricante, para lo cual se usa la siguiente ecuación.

$$\% \text{ de concentración} = \text{Brix} * \text{Indice de refraccion del lubricante}$$

#### **1.3.4.3. Importancia del nivel óptimo de concentración de lubricante en la solución sintética**

Es de suma importancia mantener dentro de los parámetros establecidos por el fabricante del lubricante el porcentaje concentración de la solución, debido a que si existe una baja en la concentración y esta no es atendida a tiempo pueden provocarse problemas como:

- Elevación en la temperatura del proceso, lo cual degradará más rápidamente la solución.
- Aparición inmediata de óxido en el producto terminado.
- Desgaste en los rodos del molino.
- Marcas en los tubos.
- Aparición de hongos y bacterias que degraden la solución.

#### **1.3.4.4. pH para soluciones con lubricantes solubles**

El pH es una medida de alcalinidad o acidez en una sustancia, siendo ácida desde 0 a 7 y básica desde 7 a 14. Generalmente el pH para soluciones con aceites solubles debe ser básica, debido a que, si se tiene una solución ácida, esta puede ser propensa a la producción de bacterias y hongos que la degraden.

La medición del pH en una solución de suma importancia, debido a que si la solución se acidifica pueden presentarse problemas como:

- Aparición excesiva de hongos y bacterias.
- Malos olores.
- Aparición de manchas en la piel de los operarios al tener contacto con la solución.
- Degradación de la solución.
- Aumento en el consumo de lubricante.

Las mediciones de pH pueden realizarse por medio de tiras que cambian de color al entrar en contacto con la emulsión o utilizando un medidor de pH digital que mida directamente el valor de pH.

## **2. FASE DE INVESTIGACIÓN**

### **2.1. Descripción del equipo para realizar las mediciones en la solución**

El equipo que se utilizará para realizar las mediciones en la solución consiste en un refractómetro, un medidor de pH digital y un frasco para muestras.

#### **2.1.1. Refractómetro**

El refractómetro es un instrumento de medición óptico que se utiliza para realizar las mediciones del índice de refracción de una solución en grados Brix y posteriormente multiplicarlo por el factor de refracción del lubricante utilizado y así obtener el porcentaje de lubricante.

El refractómetro utilizado para la investigación es de las siguientes características:

- Marca: ATAGO
- Escala mínima de medición: 0,2 Brix
- Escala máxima de medición: 53 Brix
- Rango de temperatura de operación: automático
- Exactitud: +/- 0,2 %
- Repetibilidad: +/- 0,1 %

Partes principales del refractómetro:

- Prismas: es la parte en donde se colocan las muestras por medir.

- Tornillo de ajuste de escala: este se utiliza para la calibración del refractómetro.
- Ocular: consiste en un lente ajustable para enfocar la escala según las necesidades del usuario.
- Escala de medición: en esta parte se reflejan las mediciones de grados Brix de la solución medida.

Figura 3. **Refractómetro ATAGO**



Fuente: elaboración propia.

### **2.1.2. Medidor de pH**

El medidor de pH digital es utilizado para la medición de pH de alguna sustancia, es un equipo muy preciso y exacto el cual da mediciones rápidas y directas.

Este tipo de equipo debe ser calibrado constantemente con un kit de soluciones para mantener la precisión y exactitud del medidor.

El medidor digital de pH utilizado durante la elaboración del proyecto tiene las siguientes características:

- Marca: HANNAH INSTRUMENTS
- Rango de medición de pH: 0 a 14
- Resolución: +/- 0,1 pH
- Exactitud: +/- 0,2 pH
- Electrodo: HI1271
- Rango de temperatura de operación: 0 a 50 C

La calibración del medidor se realiza por medio de dos soluciones, una con pH de 4,1 y otra con pH 7,1, la calibración se realiza de manera automática cuando se coloca el equipo en la opción de calibración y se sumerge el electrodo en las distintas soluciones.

Para tener un mejor registro de las mediciones de pH, la calibración del equipo debe ser semanalmente. El medidor de pH es muy sencillo de utilizar, solo se debe sumergir el electrodo en la muestra de solución y ver el valor en la pantalla digital.

### Partes principales del medidor de pH

- Pantalla: en esta parte podemos observar las mediciones de pH.
- Botón: se utiliza para encendido y apagado del medidor, también se utiliza para su calibración.
- Cuerpo del medidor: es la parte de donde se manipular el instrumento mientras se realizan las mediciones.
- Electrodo: es la sección que se sumerge en la emulsión y la cual mide el pH.

Figura 4. **Medidor de pH digital**



Fuente: elaboración propia.



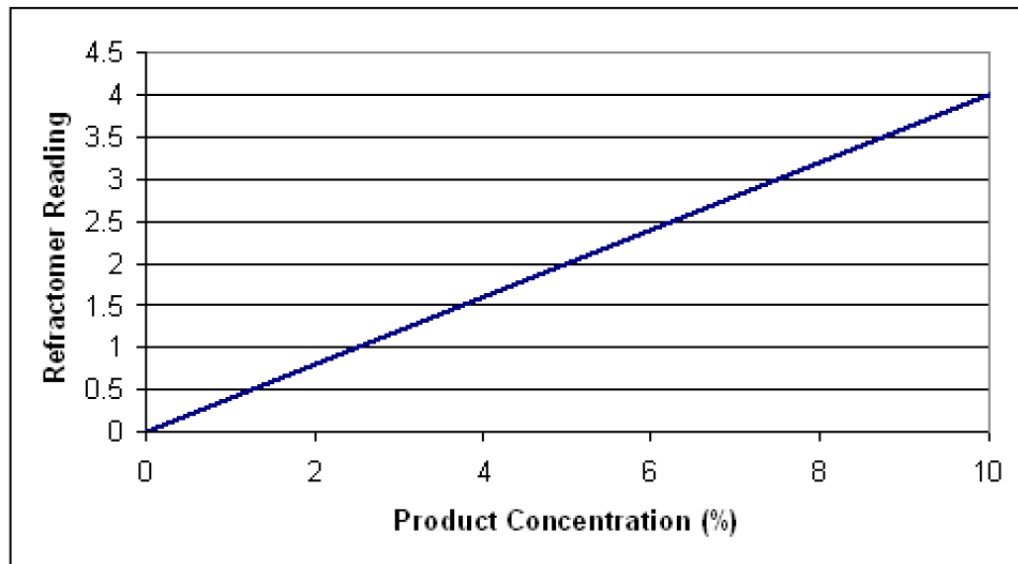
## 2.2. Descripción del lubricante Iloform TRS 185

El lubricante Iloform TRS 185, es un lubricante soluble sintético que tiene excelentes propiedades de limpieza y estabilidad al proceso en donde se esté utilizando, es idea para utilizarlo en sistemas de recirculación.

### Características

- Debido a su gran estabilidad, este lubricante puede ser utilizado en aguas blandas y duras sin que se vea afectada las propiedades de la solución.
- Brinda protección temporal contra la corrosión al producto terminada que se almacenen en interiores.
- Decante la suciedad en el sistema, por lo cual brinda una excelente limpieza a los rodillos del molino.
- No general espuma al agitarse, lo cual protege los equipos de bombeo.
- El rango de concentraciones de lubricante en la solución para su óptimo desempeño es de 5 a 8 %.
- Resistente a la formación de hongos y bacterias aun en ambientes con alta contaminación.
- El rango de pH para una solución al 5 % es de 8,8 a 9.
- El índice de refracción del lubricante para obtener las concentraciones en solución es de 2,5.
- Por tratarse de un lubricante sintético, el mantenimiento a la solución es mínimo.
- La dilución del lubricante en el agua es continua e inmediata, lo cual brinda una concentración continua en toda la solución.

Figura 5. **Curva del factor de refracción del lubricante Iloform TRS 185**



Fuente: elaboración propia.

### 2.3. Revitalizaciones

Las revitalizaciones son adiciones de solución que nivelan la cantidad de fluido para el proceso de formado de tubos, estas adiciones son necesarias para mantener el nivel óptimo de fluido y el porcentaje de concentración. Es importante mencionar que es inevitable realizar revitalizaciones periódicamente a la solución, debido a que durante el proceso de fabricación de tubería existe cierto consumo.

Al utilizar una solución con lubricante sintético, estas adiciones serán menores y en un porcentaje de concentración bajo (si la comparamos con las adiciones que se le realizan a una solución que utiliza un lubricante mineral), debido a que un lubricante sintético soporta más eficientemente las elevadas temperaturas que pueden presentarse en este tipo de procesos.

### **2.3.1. Tipos de consumo en la solución**

A continuación, se describen los tipos más importantes de consumo de solución que se dan en el proceso de producción de tubería:

#### **2.3.1.1. Consumo por salpicadura**

Este tipo de consumo se debe a que gran parte del molino está expuesto sin ningún tipo de guarda, lo cual hace que al momento de estar sometiendo la lámina a esfuerzos de compresión parte del fluido es expulsado a los alrededores en donde no existe algún modo de recuperar de fluido.

#### **2.3.1.2. Consumo por impregnación del tubo**

Se debe a que durante el proceso de producción la lámina es completamente impregnada interna y externamente con solución, esta impregnación es continua y se da en todos los tubos por lo que este tipo de consumo es el más grande. Existen formas de disminuir este tipo de consumo, una de estas es instalando un sistema que quite el exceso externo de emulsión en los tubos y esta vuelva a caer en las canaletas de retorno.

#### **2.3.1.3. Consumo por evaporación**

A través de los rodos la lámina es sometida a esfuerzos de compresión hasta llevarla a la zona elástica, provocando una elevación en la temperatura del proceso la cual trae consigo evaporación de la solución. Sin embargo, el mayor consumo por evaporación se da en la costura de soldara, debido a que es en esta sección del molino en donde se registra la temperatura más alta del proceso.

## **2.4. Mediciones de pH**

Las mediciones de pH a la solución son responsabilidad de los supervisores de control de calidad, estas mediciones se realizan cada 15 con tiras que cambian de color dependido del nivel de pH.

Este dato es de suma importancia, debido a que este indica si la solución se está acidificando, provocando el ambiente adecuado para el cultivo excesivo de bacterias y hongos que degraden la solución.

## **2.5. Proceso para realizar las mediciones de la solución durante la fase de investigación**

A continuación, se describen los procedimientos para realizar las medidas de los parámetros de la solución.

### **2.5.1. Mediciones de concentración**

Procedimiento:

- Se tomaban muestras de solución en cada sección del molino.
- Se realizaba la medición del índice de refracción de cada muestra con el refractómetro.
- Se realizaba el cálculo de porcentaje de concentración de cada medición, en gran mayoría las mediciones en las distintas secciones del molino daban el mismo valor, debido a que el lubricante Iloform TRS 185 es un lubricante que se disuelve uniformemente en toda la solución.
- Se realizaba el cálculo del promedio de los porcentajes de concentración para tomarlo como dato general de la medición.

- Se documentaba el dato general.
- Este procedimiento se realizaba tres veces a la semana.

### 2.5.2. Mediciones de pH

Procedimiento:

- Se tomaban muestras de solución en cada sección del molino.
- Se realizaban mediciones de pH en cada muestra, generalmente el pH de cada sección del molino era el mismo.
- Se realizaba el cálculo del promedio de las mediciones de pH y se tomaba como dato general.
- Se documentaba el dato general.
- Este procedimiento se realizaba tres veces a la semana.

### 2.5.3. Consumos de lubricante

El lubricante Iloform TRS 185 que es utilizado en este proceso viene en barriles los cuales tiene las siguientes dimensiones:

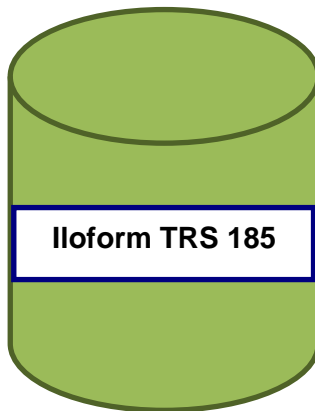
Tabla I. **Características del barril del lubricante Iloform TRS 185**

Lubricante	Iloform TRS 185
Volumen (galones)	55
Altura del aceite en barril (centímetros)	82
Diámetro interno del barril (centímetros)	57

Fuente: elaboración propia.

Para realizar las mediciones de consumo, se consideró al barril de Iloform TRS 185 como un cilindro ideal de altura de fluido de 82 cm y diámetro 57cm, cuando está totalmente lleno.

Figura 6. **Tonel de Iloform TRS 185 considera un cilindro ideal**



Fuente: elaboración propia.

Procedimiento para calcular el consumo de lubricante:

- Con una varilla calibrada en centímetros, se medía la altura del aceite en el barril.
- Se realizaba el cálculo del volumen de aceite en el barril con la siguiente ecuación.

$$V = \pi r^2 h$$

Dónde:  $V$  es volumen en  $m^3$ ,  $r$  es el radio en  $m$  y  $h$  es la altura en  $m$ , la única variable era la altura del aceite al bajar de nivel conforme se consumía el lubricante.

- Posteriormente se calculaba la cantidad de galones consumidos realizando las conversiones respectivas de volumen.
- Se calculaba el porcentaje restante del tonel, considerando el 100 % 55 galones con una altura de 82 cm de la siguiente manera.

$$\% \text{ restante de lubricante} = \text{lubricante restante en el barril gal} \frac{100}{55 \text{ gal}}$$

Ejemplo No.1 de cálculo de porcentaje de lubricante en el barril de Iloform TRS 185.

$$\% \text{ restante de lubricante} = 40 \text{ gal} \frac{100}{55 \text{ gal}}$$

$$\% \text{ restante de lubricante} = 72.7 \%$$

Ejemplo No.2 de cálculo de porcentaje de lubricante en el barril de Iloform TRS 185.

$$\% \text{ restante de lubricante} = 23 \text{ gal} \frac{100}{55 \text{ gal}}$$

$$\% \text{ restante de lubricante} = 41,8 \%$$

- Cada tonel utilizado para realizar las recargas era marcado para no tener confusiones.
- Esta medición se realizaba tres veces a la semana.

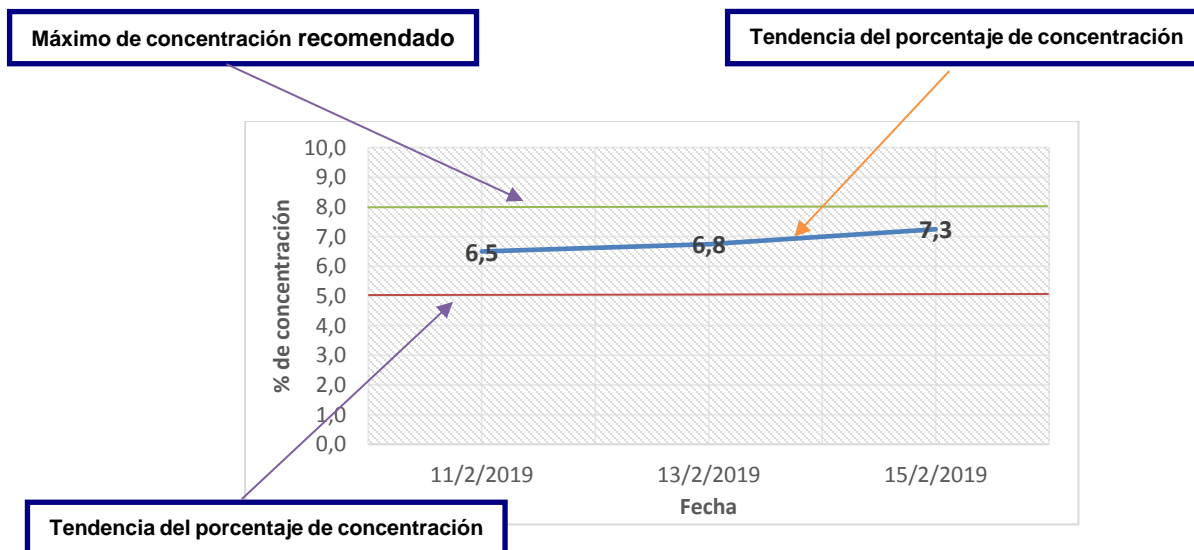
## 2.6. Mediciones obtenidas durante la fase de investigación

A continuación, se detallan las mediciones de concentración, pH de la solución, pH de la fuente de alimentación de agua y consumos de lubricante realizado durante la fase de investigación que duro 17 semanas.

Se realizaron los cálculos de los promedios de las mediciones por cada semana.

También se realizaron graficas del porcentaje de concentración respecto de las fechas de medición. En las gráficas, la línea inferior indica el mínimo y la línea superior indica el máximo de concentración recomendado por el fabricante del lubricante para su correcto funcionamiento.

Figura 7. Descripción de las gráficas, tendencias de concentración



Fuente: elaboración propia.



### 2.6.1. Semana 1

Del 20 al 24 de agosto de 2018.

Tabla II. Mediciones realizadas semana 1

Fecha de medición	Brix (°Bx)	Concentración	pH	pH suministro de agua	% de Tonel Iloform TRS 185	Cambio de tonel
20/8/2018	1,1	2,8	9,0	8,9	50	X
22/8/2018	1,2	3,0	9,0	8,9	0	
24/8/2018	1,1	2,8	9,0	8,9	0	

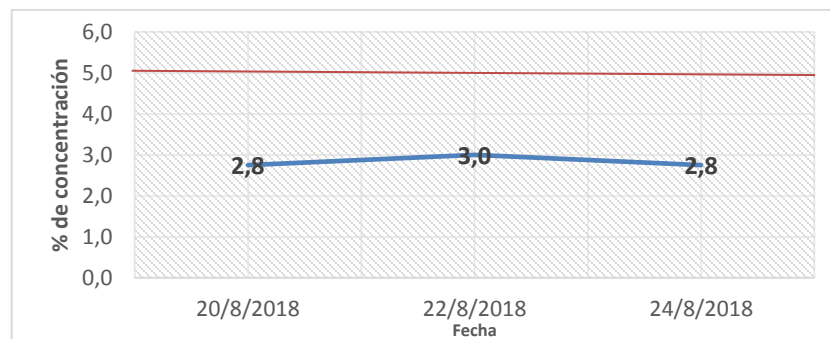
Fuente: elaboración propia.

Tabla III. Promedio de mediciones realizadas semana 1

Semana	Promedio Brix (°Bx)	Promedio % Concentración	Promedio pH	Promedio pH suministro de agua	Consumo Iloform TRS 185, galones
1	1,13	2,8	9,0	8,9	27,5

Fuente: elaboración propia.

Figura 8. Porcentaje de concentración semana 1



Fuente: elaboración propia.

## 2.6.2. Semana 2

Del 27 al 31 de agosto de 2018.

Tabla IV. Mediciones realizadas semana 2

Fecha de medición	Brix (°Bx)	Concentración	pH	pH suministro de agua	% de Tonel Iloform TRS 185	Cambio de tonel
27/8/2018	1,1	2,8	9,0	8,8	0	
29/8/2018	1,1	2,8	8,9	8,8	0	
31/8/2018	1,1	2,8	8,9	8,7	0	

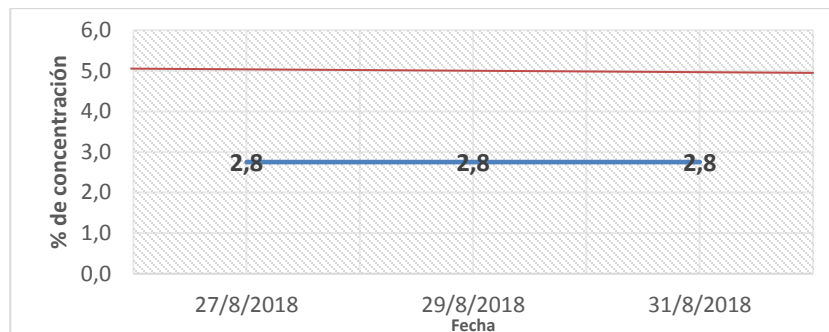
Fuente: elaboración propia.

Tabla V. Promedio de mediciones realizadas semana 2

Semana	Promedio Brix (°Bx)	Promedio % Concentración	Promedio pH	Promedio pH suministro de agua	Consumo Iloform TRS 185, galones
2	1,10	2,8	8,9	8,8	0

Fuente: elaboración propia.

Figura 9. Porcentaje de concentración semana 2



Fuente: elaboración propia.

### 2.6.3. Semana 3

Del 3 al 7 de septiembre de 2018.

Tabla VI. Mediciones realizadas semana 3

Fecha de medición	Brix (°Bx)	Concentración	pH	pH suministro de agua	% de Tonel Iloform TRS 185	Cambio de tonel
3/9/2018	1,2	3,0	8,9	8,8	0	
5/9/2018	1,1	2,8	9,0	8,8	0	
7/9/2018	1,0	2,5	8,9	8,8	0	

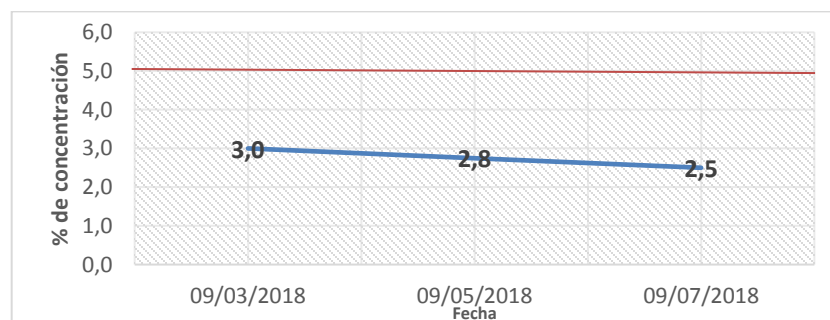
Fuente: elaboración propia.

Tabla VII. Promedio de mediciones realizadas semana 3

Semana	Promedio Brix (°Bx)	Promedio % Concentración	Promedio pH	Promedio pH suministro de agua	Consumo Iloform TRS 185, galones
3	1,1	2,8	8,9	8,8	0

Fuente: elaboración propia.

Figura 10. Porcentaje de concentración semana 3



Fuente: elaboración propia.

### 2.6.4. Semana 4

Del 10 al 14 de septiembre de 2018.

Tabla VIII. Mediciones realizadas semana 4 (a)

Fecha de medición	Brix (°Bx)	Concentración	pH	pH suministro de agua	% de Tonel Iloform TRS 185	Cambio de tonel
10/9/2018	0,5	1,3	8,8	8,9	0	
12/9/2018	0,5	1,3	8,9	8,8	0	
14/9/2018	1	2,5	8,9	8,7	60	x

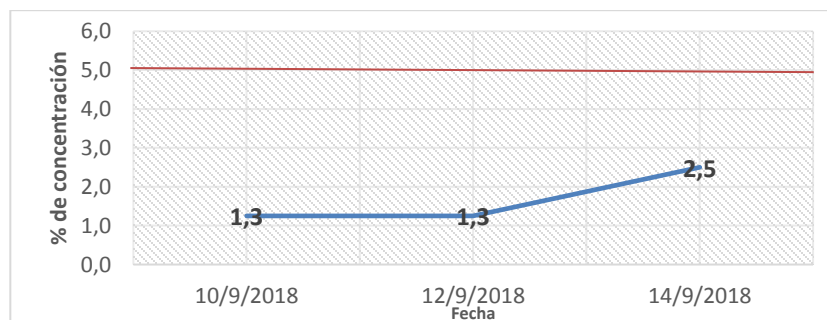
Fuente: elaboración propia.

Tabla IX. Mediciones realizadas semana 4 (b)

Semana	Promedio Brix (°Bx)	Promedio % Concentración	Promedio pH	Promedio pH suministro de agua	Consumo Iloform TRS 185, galones
4	0,67	1,7	8,9	8,8	55

Fuente: elaboración propia.

Figura 11. Porcentaje de concentración semana 4



Fuente: elaboración propia.

### 2.6.5. Semana 5

Del 17 al 21 de septiembre de 2018.

Tabla X. **Mediciones realizadas semana 5**

Fecha de medición	Brix (°Bx)	Concentración	pH	pH suministro de agua	% de Tonel Iloform TRS 185	Cambio de tonel
17/9/2018	0,5	1,3	8,9	8,8	0	
19/9/2018	0,5	1,3	8,9	8,7	0	
21/9/2018	0,5	1,3	8,9	8,8	0	

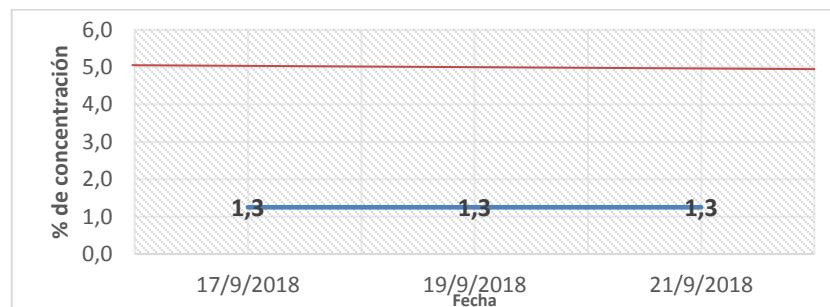
Fuente: elaboración propia.

Tabla XI. **Promedio de mediciones realizadas semana 5**

Semana	Promedio Brix (°Bx)	Promedio % Concentración	Promedio pH	Promedio pH suministro de agua	Consumo Iloform TRS 185, galones
5	0,50	1,3	8,9	8,8	0

Fuente: elaboración propia.

Figura 12. **Porcentaje de concentración semana 5**



Fuente: elaboración propia.

### 2.6.6. Semana 6

Del 24 al 28 de septiembre de 2018.

Tabla XII. Mediciones realizadas semana 6

Fecha de medición	Brix (°Bx)	Concentración	pH	pH suministro de agua	% de Tonel Iloform TRS 185	Cambio de tonel
24/9/2018	0,3	0,8	8,8	8,8	0	
26/9/2018	0,7	1,8	8,9	8,8	0	
28/9/2018	0,7	1,8	8,9	8,9	0	

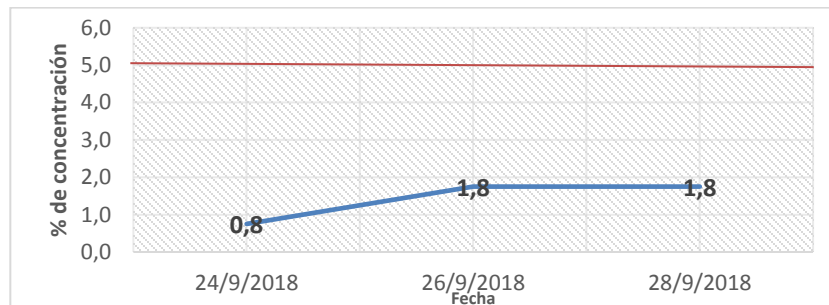
Fuente: elaboración propia.

Tabla XIII. Promedio de mediciones realizadas semana 6

Semana	Promedio Brix (°Bx)	Promedio % Concentración	Promedio pH	Promedio pH suministro de agua	Consumo Iloform TRS 185, galones
6	0,57	1,4	8,9	8,8	0

Fuente: elaboración propia.

Figura 13. Porcentaje de concentración semana 6



Fuente: elaboración propia.

### 2.6.7. Semana 7

Del 1 al 5 de octubre de 2018.

Tabla XIV. Mediciones realizadas semana 7

Fecha de medición	Brix (°Bx)	Concentración	pH	pH suministro de agua	% de Tonel Iloform TRS 185	Cambio de tonel
1/10/2018	0,7	1,8	8,9	7,9	0	
3/10/2018	0,7	1,8	8,9	8,8	0	
5/10/2018	0,9	2,3	8,9	8,1	0	

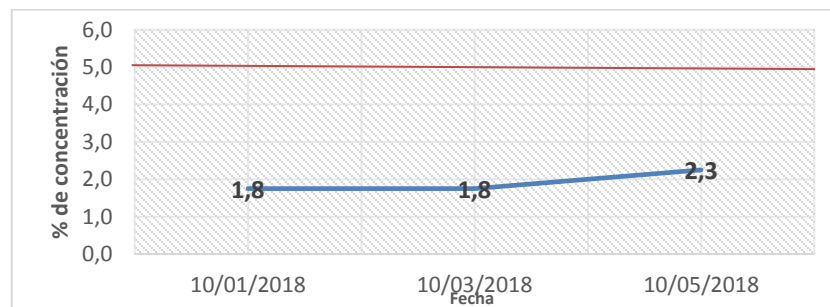
Fuente: elaboración propia.

Tabla XV. Promedio de mediciones realizadas semana 7

Semana	Promedio Brix (°Bx)	Promedio % Concentración	Promedio pH	Promedio pH suministro de agua	Consumo Iloform TRS 185, galones
7	0,77	1,9	8,9	8,3	0

Fuente: elaboración propia.

Figura 14. Porcentaje de concentración semana 7



Fuente: elaboración propia.

### 2.6.8. Semana 8

Del 8 al 12 de octubre de 2018.

Tabla XVI. Mediciones realizadas semana 8

Fecha de medición	Brix (°Bx)	Concentración	pH	pH suministro de agua	% de Tonel Iloform TRS 185	Cambio de tonel
8/10/2018	0,5	1,3	8,9	8,9	0	
10/10/2018	0,5	1,3	8,9	8,7	75	x
12/10/2018	0,5	1,3	9,1	9,1	0	

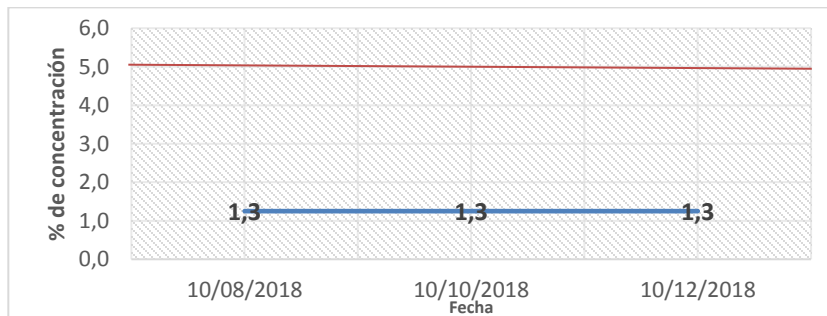
Fuente: elaboración propia.

Tabla XVII. Promedio de mediciones realizadas semana 8

Semana	Promedio Brix (°Bx)	Promedio % Concentración	Promedio pH	Promedio pH suministro de agua	Consumo Iloform TRS 185, galones
8	0,50	1,3	9,0	8,9	55

Fuente: elaboración propia.

Figura 15. Porcentaje de concentración semana 8



Fuente: elaboración propia.



### 2.6.9. Semana 9

Del 15 al 19 de octubre de 2018.

Tabla XVIII. Mediciones realizadas semana 9

Fecha de medición	Brix (°Bx)	Concentración	pH	pH suministro de agua	% de Tonel Iloform TRS 185	Cambio de tonel
15/10/2018	0,9	2,3	9,1	7,8	0	
17/10/2018	0,9	2,3	9,1	8,7	80	x
19/10/2018	1,0	2,5	8,9	8,3	0	

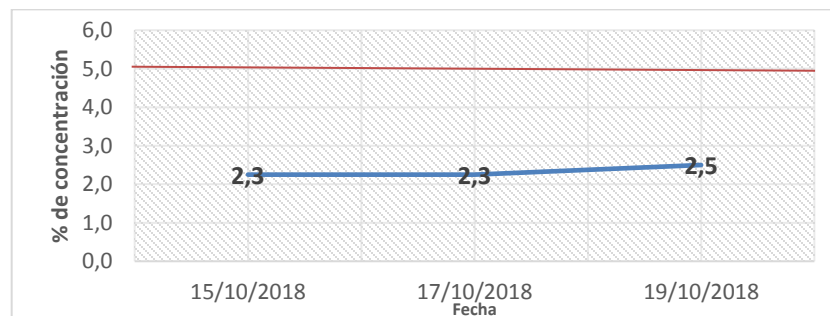
Fuente: elaboración propia.

Tabla XIX. Promedio de mediciones realizadas semana 9

Semana	Promedio Brix (°Bx)	Promedio % Concentración	Promedio pH	Promedio pH suministro de agua	Consumo Iloform TRS 185, galones
9	0,93	2,3	9,0	8,3	55

Fuente: elaboración propia.

Figura 16. Porcentaje de concentración semana 9



Fuente: elaboración propia.

### 2.6.10. Semana 10

Del 22 al 26 de octubre de 2018.

Tabla XX. **Mediciones realizadas semana 10**

Fecha de medición	Brix (°Bx)	Concentración	pH	pH suministro de agua	% de Tonel Iloform TRS 185	Cambio de tonel
22/10/2018	1,8	4,5	9,0	8,0	0	
24/10/2018	1,3	3,3	9,0	8,0	0	
26/10/2018	1,7	4,3	9,0	8,0	0	

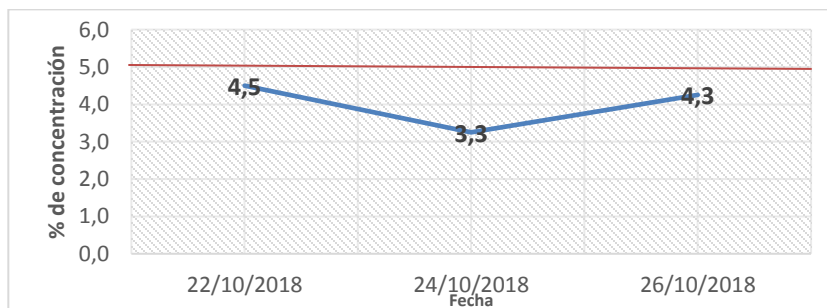
Fuente: elaboración propia.

Tabla XXI. **Promedio de mediciones realizadas semana 10**

Semana	Promedio Brix (°Bx)	Promedio % Concentración	Promedio pH	Promedio pH suministro de agua	Consumo Iloform TRS 185, galones
10	1,60	4,0	9,0	8,0	0

Fuente: elaboración propia.

Figura 17. **Porcentaje de concentración semana 10**



Fuente: elaboración propia.

### 2.6.11. Semana 11

Del 29 de octubre al 2 de noviembre de 2018.

Tabla XXII. **Mediciones realizadas semana 10**

Fecha de medición	Brix (°Bx)	Concentración	pH	pH suministro de agua	% de Tonel Iloform TRS 185	Cambio de tonel
29/10/2018	1,7	4,3	9,1	9,0	0	
31/10/2018	1,2	3,0	9,1	8,7	0	
2/11/2018	1,7	4,3	8,9	8,8	0	

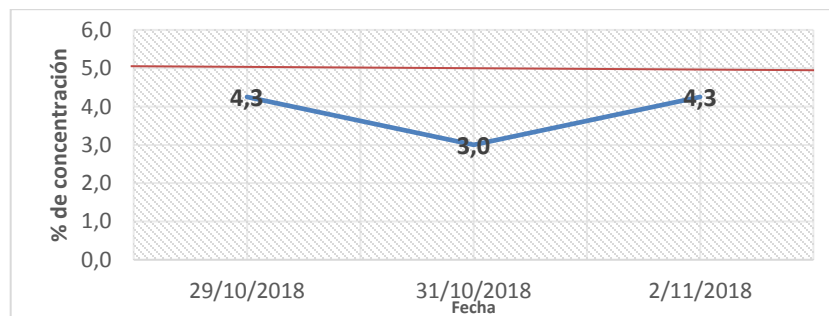
Fuente: elaboración propia.

Tabla XXIII. **Promedio de mediciones realizadas semana 11**

Semana	Promedio Brix (°Bx)	Promedio % Concentración	Promedio pH	Promedio pH suministro de agua	Consumo Iloform TRS 185, galones
11	1,53	3,8	9,0	8,8	0

Fuente: elaboración propia.

Figura 18. **Porcentaje de concentración semana 11**



Fuente: elaboración propia.

## 2.6.12. Semana 12

Del 5 al 9 de noviembre de 2018.

Tabla XXIV. Mediciones realizadas semana 12

Fecha de medición	Brix (°Bx)	Concentración	pH	pH suministro de agua	% de Tonel Iloform TRS 185	Cambio de tonel
5/11/2018	1,3	3,3	9,1	9,0	0	
7/11/2018	1,7	4,3	9,1	8,7	0	
9/11/2018	1,7	4,3	8,9	8,8	85	x

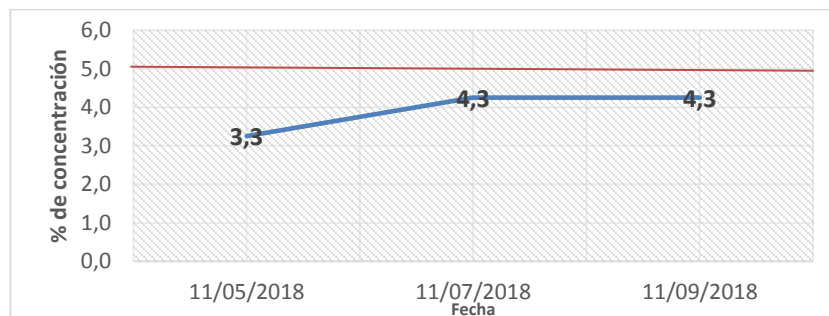
Fuente: elaboración propia.

Tabla XXV. Promedio de mediciones realizadas semana 12

Semana	Promedio Brix (°Bx)	Promedio % Concentración	Promedio pH	Promedio pH suministro de agua	Consumo Iloform TRS 185, galones
12	1,57	3,9	9,0	8,8	55

Fuente: elaboración propia.

Figura 19. Porcentaje de concentración semana 12



Fuente: elaboración propia.

### 2.6.13. Semana 13

Del 12 al 16 de noviembre de 2018.

Tabla XXVI. **Mediciones realizadas semana 13**

Fecha de medición	Brix (°Bx)	Concentración	pH	pH suministro de agua	% de Tonel Iloform TRS 185	Cambio de tonel
12/11/2018	1,5	3,8	9,1	9,0	0	
14/11/2018	1,2	3,0	9,1	8,7	40	x
16/11/2018	1,2	3,0	8,9	8,8	20	

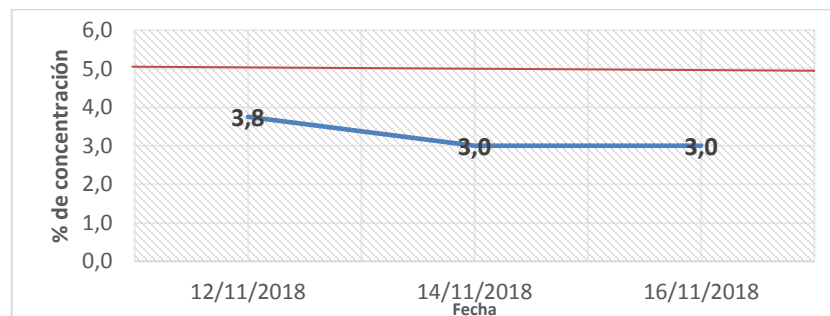
Fuente: elaboración propia.

Tabla XXVII. **Promedio de mediciones realizadas semana 13**

Semana	Promedio Brix (°Bx)	Promedio % Concentración	Promedio pH	Promedio pH suministro de agua	Consumo Iloform TRS 185, galones
13	1,30	3,3	9,1	9,0	55

Fuente: elaboración propia.

Figura 20. **Porcentaje de concentración semana 13**



Fuente: elaboración propia.

### 2.6.14. Semana 14

Del 19 al 23 de noviembre de 2018.

Tabla XXVIII. Mediciones realizadas semana 14

Fecha de medición	Brix (°Bx)	Concentración	pH	pH suministro de agua	% de Tonel Iloform TRS 185	Cambio de tonel
19/11/2018	1,2	3,0	9,0	9,1	0	
21/11/2018	1,1	2,8	9,1	8,7	40	x
23/11/2018	1,9	4,8	8,9	9,0	10	

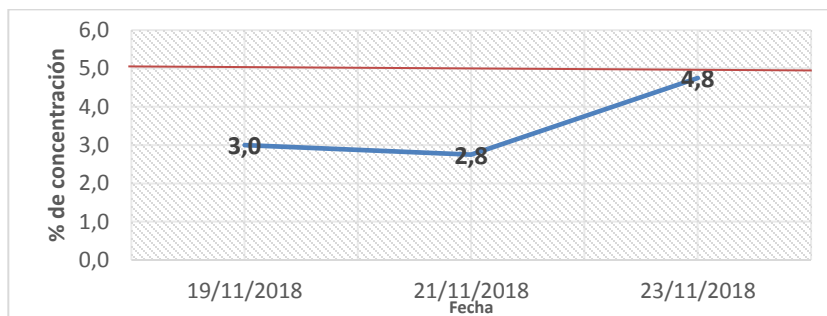
Fuente: elaboración propia.

Tabla XXIX. Promedio de mediciones realizadas semana 14

Semana	Promedio Brix (°Bx)	Promedio % Concentración	Promedio pH	Promedio pH suministro de agua	Consumo Iloform TRS 185, galones
14	1,40	3,5	9,0	8,9	55

Fuente: elaboración propia.

Figura 21. Porcentaje de concentración semana 14



Fuente: elaboración propia.

### 2.6.15. Semana 15

Del 26 al 20 de noviembre de 2018.

Tabla XXX. **Mediciones realizadas semana 15**

Fecha de medición	Brix (°Bx)	Concentración	pH	pH suministro de agua	% de Tonel Iloform TRS 185	Cambio de tonel
26/11/2018	1,5	3,8	8,9	9,0	0	
28/11/2018	1,5	3,8	9,1	9,1	0	
30/11/2018	1,9	4,8	9,1	9,2	15	x

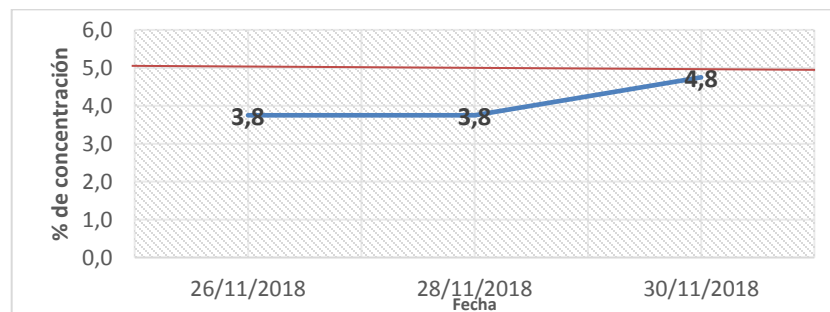
Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXI. **Promedio de mediciones realizadas semana 15**

Semana	Promedio Brix (°Bx)	Promedio % Concentración	Promedio pH	Promedio pH suministro de agua	Consumo Iloform TRS 185, galones
15	1,63	4,1	9,0	9,1	55

Fuente: elaboración propia.

Figura 22. **Porcentaje de concentración semana 15**



Fuente: elaboración propia.

### 2.6.16. Semana 16

Del 3 al 7 de diciembre de 2018.

Tabla XXXII. **Mediciones realizadas semana 16**

Fecha de medición	Brix (°Bx)	Concentración	pH	pH suministro de agua	% de Tonel Iloform TRS 185	Cambio de tonel
3/12/2018	1,5	3,8	8,8	8,7	0	
5/12/2018	1,9	4,8	9,1	9,0	70	x
7/12/2018	1,9	4,8	8,9	8,8	70	

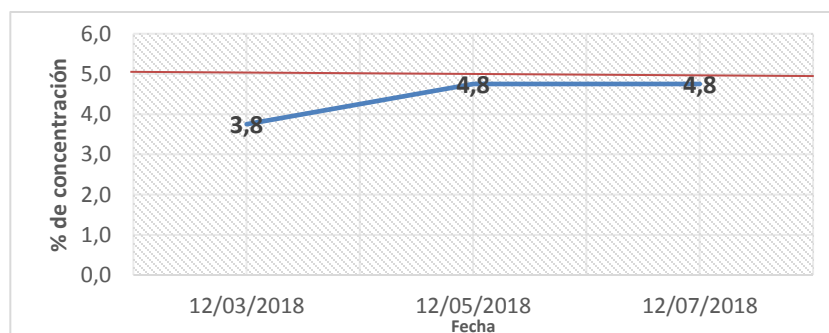
Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXIII. **Promedio de mediciones realizadas semana 16**

Semana	Promedio Brix (°Bx)	Promedio % Concentración	Promedio pH	Promedio pH suministro de agua	Consumo Iloform TRS 185, galones
16	1,77	4,4	8,9	8,8	55

Fuente: elaboración propia.

Figura 23. **Porcentaje de concentración semana 16**



Fuente: elaboración propia.



### 2.6.17. Semana 17

Del 10 al 14 de diciembre de 2018.

Tabla XXXIV. **Mediciones realizadas semana 17**

Fecha de medición	Brix (°Bx)	Concentración	pH	pH suministro de agua	% de Tonel Iloform TRS 185	Cambio de tonel
10/12/2018	1,9	4,8	9,1	8,5	50	x
12/12/2018	1,7	4,3	9,1	8,7	0	
14/12/2018	1,7	4,3	8,9	8,3	0	

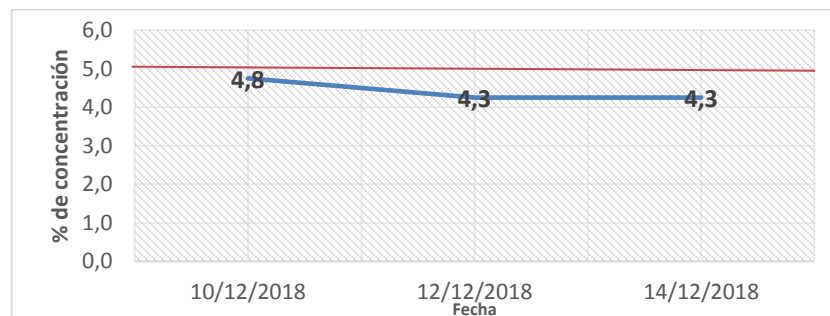
Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXV. **Promedio de mediciones realizadas semana 17**

Semana	Promedio Brix (°Bx)	Promedio % Concentración	Promedio pH	Promedio pH suministro de agua	Consumo Iloform TRS 185, galones
17	1,77	4,4	9,0	8,5	55

Fuente: elaboración propia.

Figura 24. **Porcentaje de concentración semana 17**



Fuente: elaboración propia.

### 2.6.18. Mediciones obtenidas mes 1

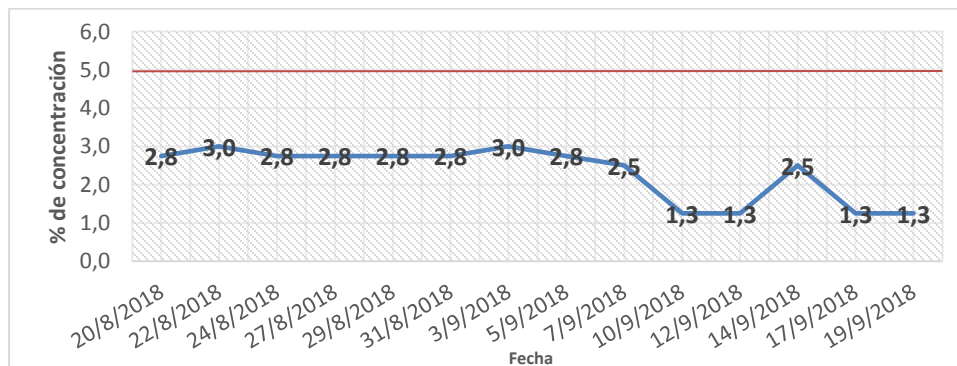
Del 20 de agosto al 19 de septiembre de 2018.

Tabla XXXVI. Mediciones obtenidas durante el mes 1

Fecha de medición	Brix (°Bx)	Concentración	pH	pH suministro de agua	% de Tonel lloform TRS 185	Cambio de tonel
20/8/2018	1,1	2,8	9,0	8,9	50	X
22/8/2018	1,2	3,0	9,0	8,9	0	
24/8/2018	1,1	2,8	9,0	8,9	0	
27/8/2018	1,1	2,8	9,0	8,8	0	
29/8/2018	1,1	2,8	8,9	8,8	0	
31/8/2018	1,1	2,8	8,9	8,7	0	
3/9/2018	1,2	3,0	8,9	8,8	0	
5/9/2018	1,1	2,8	9,0	8,8	0	
7/9/2018	1,0	2,5	8,9	8,8	0	
10/9/2018	0,5	1,3	8,8	8,9	0	
12/9/2018	0,5	1,3	8,9	8,8	0	
14/9/2018	1,0	2,5	8,9	8,7	60	x
17/9/2018	0,5	1,3	8,9	8,8	0	
19/9/2018	0,5	1,3	8,9	8,7	0	

Fuente: elaboración propia.

Figura 25. Porcentajes de concentración mes 1



Fuente: elaboración propia.

### 2.6.19. Mediciones obtenidas mes 2

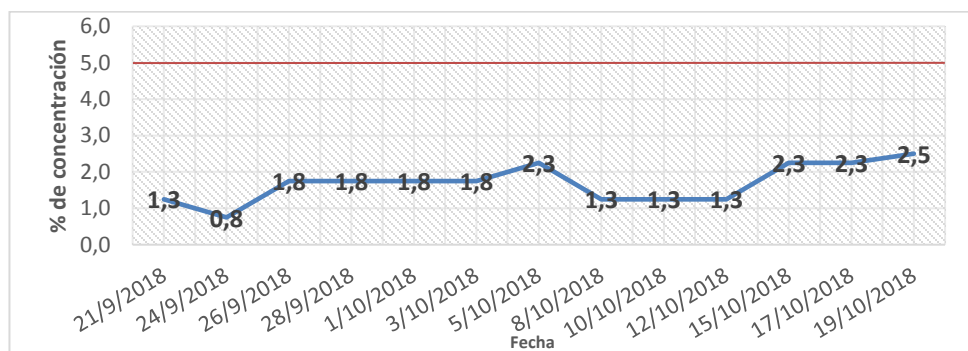
Del 21 de septiembre al 19 de octubre de 2018.

Tabla XXXVII. Mediciones obtenidas durante el mes 2

Fecha de medición	Brix (°Bx)	Concentración	pH	pH suministro de agua	% de Tonel lloform TRS 185	Cambio de tonel
21/9/2018	0,5	1,3	8,9	8,8	0	
24/9/2018	0,3	0,8	8,8	8,8	0	
26/9/2018	0,7	1,8	8,9	8,8	0	
28/9/2018	0,7	1,8	8,9	8,9	0	
1/10/2018	0,7	1,8	8,9	8,9	0	
3/10/2018	0,7	1,8	8,9	8,9	0	
5/10/2018	0,9	2,3	8,9	8,9	0	
8/10/2018	0,5	1,3	8,9	8,9	0	
10/10/2018	0,5	1,3	8,9	8,7	75	x
12/10/2018	0,5	1,3	9,1	9,1	0	
15/10/2018	0,9	2,3	9,1	9,0	0	
17/10/2018	0,9	2,3	9,1	8,7	80	x
19/10/2018	1,0	2,5	8,9	8,8	0	

Fuente: elaboración propia.

Figura 26. Porcentajes de concentración mes 2



Fuente: elaboración propia.

### 2.6.20. Mediciones obtenidas mes 3

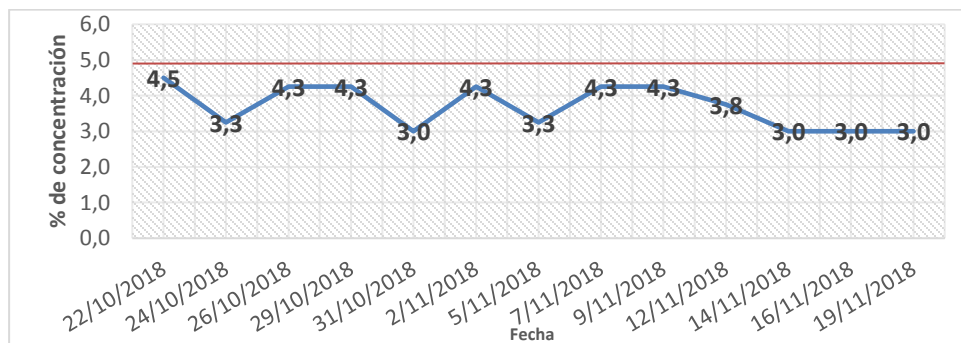
Del 22 de octubre al 19 de noviembre de 2018.

Tabla XXXVIII. Mediciones obtenidas durante el mes 3

Fecha de medición	Brix (°Bx)	Concentración	pH	pH suministro de agua	% de Tonel Iloform TRS 185	Cambio de tonel
22/10/2018	1,8	4,5	9,0	8,0	0	
24/10/2018	1,3	3,3	9,0	8,0	0	
26/10/2018	1,7	4,3	9,0	8,0	0	
29/10/2018	1,7	4,3	9,1	9,0	0	
31/10/2018	1,2	3,0	9,1	8,7	0	
2/11/2018	1,7	4,3	8,9	8,8	0	
5/11/2018	1,3	3,3	9,1	9,0	0	
7/11/2018	1,7	4,3	9,1	8,7	0	
9/11/2018	1,7	4,3	8,9	8,8	85	x
12/11/2018	1,5	3,8	9,1	9,0	0	
14/11/2018	1,2	3,0	9,1	8,7	40	x
16/11/2018	1,2	3,0	8,9	8,8	20	
19/11/2018	1,2	3,0	9,0	9,1	0	

Fuente: elaboración propia.

Figura 27. Porcentajes de concentración mes 3



Fuente: elaboración propia.

### 2.6.21. Mediciones obtenidas mes 4

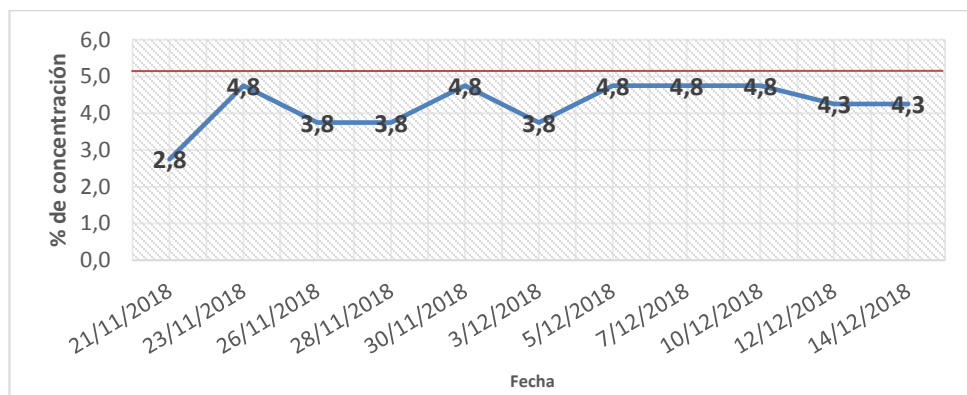
Del 21 de noviembre al 14 de diciembre de 2018.

Tabla XXXIX. Mediciones obtenidas durante el mes 4

Fecha de medición	Brix (°Bx)	Concentración	pH	pH suministro de agua	% de Tonel lloform TRS 185	Cambio de tonel
21/11/2018	1,1	2,8	9,1	8,7	40	x
23/11/2018	1,9	4,8	8,9	9,0	10	
26/11/2018	1,5	3,8	8,9	9,0	0	
28/11/2018	1,5	3,8	9,1	9,1	0	
30/11/2018	1,9	4,8	9,1	9,2	15	x
3/12/2018	1,5	3,8	8,8	8,7	0	
5/12/2018	1,9	4,8	9,1	9,0	70	x
7/12/2018	1,9	4,8	8,9	8,8	50	
10/12/2018	1,9	4,8	9,1	8,5	50	
12/12/2018	1,7	4,3	9,1	8,7	0	
14/12/2018	1,7	4,3	8,9	8,3	0	

Fuente: elaboración propia.

Figura 28. Porcentajes de concentración mes 4



Fuente: elaboración propia.

## 2.6.22. Promedios de las mediciones realizadas durante la fase de investigación

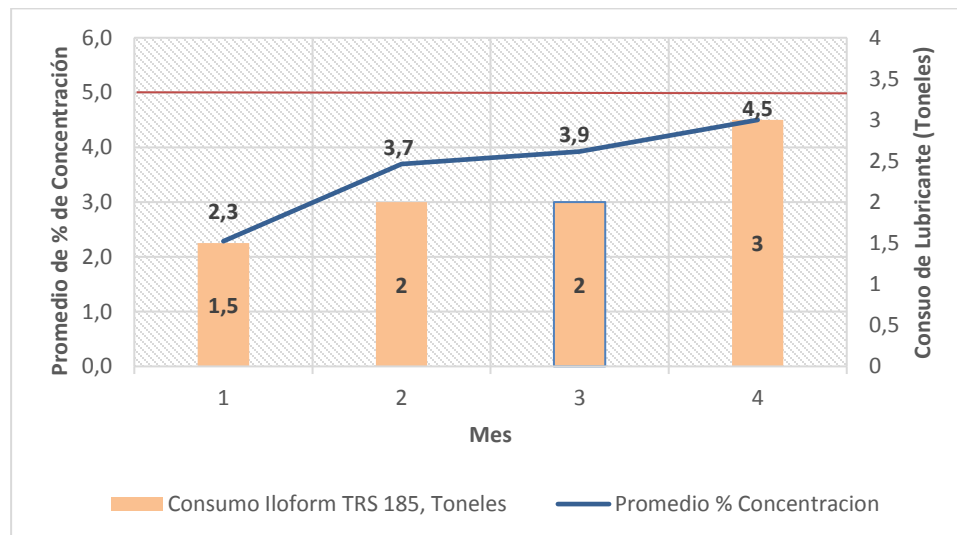
Del 20 de agosto al 14 de diciembre de 2018.

Tabla XL. Promedio de mediciones realizadas

Mes	Promedio Brix (°Bx)	Promedio % Concentración	Promedio pH	Promedio pH suministro de agua	Consumo Iloform TRS 185, galones	Consumo Iloform TRS 185, Toneles
1	0,91	2,3	9,0	8,7	82,5	1,5
2	1,48	3,7	9,0	9,0	110	2
3	1,57	3,9	9,0	8,9	110	2
4	1,80	4,5	9,0	8,6	165	3

Fuente: elaboración propia.

Figura 29. Comparativo, porcentaje de concentración y consumo de lubricante



Fuente: elaboración propia.

## **2.7. Interpretación y análisis de los resultados obtenidos**

Durante la fase de investigación se recabaron datos y parámetros medibles para realizar una estadística que nos mostrara el comportamiento y los motivos de la baja concentración de lubricante en la solución.

En la tabla XXXVI podemos apreciar que durante los primeros días la concentración de la solución se mantenía baja pero constantemente en 2,5 %, a partir del 10 de septiembre la concentración decayó a la mitad, esto se debe a que en el sistema de alimentación de agua se registró una fuga la cual llenó por completo la fosa. Esta elevación exagerada de nivel de la fosa se dio durante el 8 y 9 de septiembre y fue hasta el lunes siguiente que detectaron esta situación, el exceso de fluido fue extraído de la fosa. Este percance vino a contribuir aún más con la baja concentración.

### **2.7.1. Interpretación mes 1 (del 20 de agosto al 19 de septiembre)**

En la tabla XXXVI podemos apreciar el comportamiento de la solución durante el primer mes de la investigación. La concentración tuvo variaciones por lo descrito anteriormente, el pH se mantuvo constante entre 8,9 y 9,0, pero el comportamiento del consumo de lubricante fue anormal, el 20 de agosto el tonel de aceite tenía el 50 % y el 22 de agosto este tonel ya estaba vacío, lo cual quiere decir que se utilizó el 50 % de lubricante del tonel en solo dos días,

A partir del 22 de agosto la siguiente revitalización fue realizada hasta el 14 de septiembre, es decir, durante 3 semanas no hubo consumo de aceite, por lo cual no se realizaron revitalizaciones sino únicamente rellenos con agua. Para realizar la revitalización el 14 de septiembre se utilizó 40 % del tonel de aceite,

pero el 17 de septiembre el tonel ya estaba vacío, esto significa que un tonel de aceite fue consumido en 2 o 3 días, pero la concentración no aumento significativamente.

### **2.7.2. Interpretación mes 2 (del 21 de septiembre al 19 de octubre)**

En la figura 26 se puede apreciar que el porcentaje de concentración es bajo y en la tabla XXXVII podemos observar el comportamiento del pH el cual se mantuvo entre 9,1 y 8,9, el consumo de lubricante nuevamente fue anormal, la primera revitalización del mes fue realizada hasta el 10 de octubre y se utilizó el 25 % del tonel, el otro 75 % del tonel fue consumido en solo dos días, en las siguientes mediciones se registró una elevación en la concentración de la solución.

Durante este mes se consumieron 2 toneles de lubricante siguiendo prácticamente el mismo parámetro, el tonel de aceite se consume en 2 o 3 días sin ningún tipo de registro ni procedimiento para realizar las revitalizaciones.

### **2.7.3. Interpretación mes 3 (del 22 de octubre al 19 de noviembre)**

Durante el mes anterior se registró el consumo de 2 toneles en las últimas dos semanas (uno por cada semana), esto trajo como resultado la elevación de la concentración hasta 4,5 % la cual fue registrada el primer día (22 de octubre) de medición de este mes, en las dos semanas y media siguientes no se realizaron adiciones de aceite, fue hasta el 9 de noviembre que se realizó la primera recarga siguiendo el mismo parámetro de consumo registrado en los meses anteriores.



En la tabla XXXVIII podemos apreciar que el consumo de lubricante se dio en las últimas dos semanas del mes, las concentraciones registraron cierta elevación sin llegar al mínimo recomendado de 5 %, el pH estuvo entre 8,9 y 9,1.

#### **2.7.4. Interpretación mes 4 (del 21 de noviembre al 14 de diciembre)**

En la figura 28 se puede observar que el comportamiento de las concentraciones tuvo tendencia ascendente sin llegar al mínimo de concentración requerido, el consumo de lubricante fue de tres toneles y su comportamiento lo podemos apreciar en la tabla XXXIX, el cual fue un tanto más espaciado comparándola con los meses anteriores, el pH se mantuvo entre 8,9 y 9,1.

La elevación de concentración en la solución se debió a que en el final del mes 3 y durante el mes 4 se realizaron recargas durante todas las semanas y a que, durante el último mes el consumo de lubricante fue de 3 toneles. Lo anterior fue debió a que los operarios empezaron a notar que se estaban llevando registros y estadísticas del comportamiento de la solución y de la manera en la que ellos realizaban las revitalizaciones.

#### **2.7.5. Interpretación general de resultados**

En la figura 29 podemos observar que la tendencia de las concentraciones fue ascendente sin llegar al mínimo de concentración requerido. El mes que registró menor concentración fue el 1, debido a que en este mes se dio el problema antes descrito y el consumo de aceite durante este mes fue el más bajo, en los meses posteriores la concentración fue en aumento poco a poco, lo

cual puede deberse a que en gran medida los operarios se sentían en la obligación de registrar consumos debido a la estadística que se estaba llevando.

En la tabla XL podemos observar que los promedios de pH son iguales en los 4 meses, lo cual nos indica que no había una aparición elevada de bacterias ni hongos.

## **2.8. Causas de la baja concentración de lubricante en la solución sintética**

Las causas principales de la baja concentración se describen a continuación:

### **2.8.1. El mal procedimiento para realizar las revitalizaciones a la solución**

La causa principal de la baja concentración se debe a que el procedimiento que se utiliza para realizar las revitalizaciones no tiene ningún tipo de control y es empírico totalmente, lo cual provoca que varíe dependiendo del turno o persona encargada de realizar las adiciones.

Las revitalizaciones son responsabilidad del operario encargado del molino, y regularmente las realizan al notar una baja en el nivel de la fosa de almacenamiento, pero las mediciones de concentración y pH son responsabilidad del departamento de control de calidad.

A continuación, se detalla el procedimiento que actualmente utilizan los operarios para realizar las adiciones.

- Se realiza una inspección visual del nivel de la fosa de almacenamiento, si se nota una baja en el nivel, se procede a realizar una recarga.
- Para realizar la recarga, regularmente abren la llave de agua hasta llevar a nivelar el fluido.
- Posteriormente vierten directamente en la fosa 25 o 30 galones de lubricante Iloform TRS 185, esto varía según el turno o la persona encargada de realizar la adición.
- No se realiza ninguna medición de concentración antes ni después de realizar la recarga.
- Las mediciones de concentración las realizan semanalmente los supervisores de control de calidad.
- Si no hay lubricante disponible, las recargas las realizan únicamente con agua.

### **2.8.2. Poca o nula capacitación a los operarios del molino**

Los operarios encargados de realizar las revitalizaciones tienen poco o nulo conocimiento sobre:

- Las características y parámetros adecuados de funcionamiento del lubricante Iloform TRS 185.
- Cómo utilizar el refractómetro para medir las concentraciones de lubricantes en la solución.
- Del procedimiento adecuado para realizar las revitalizaciones.
- La importancia de mantener la concentración de lubricante en el rango de operaciones adecuado.

### **2.8.3. No existe historial de consumo de lubricante**

Esto contribuye a que no se realicen los requerimientos necesarios para solicitar lubricante al almacén general de la planta y en muchas ocasiones los turnos de noche se encuentran en la situación de que el nivel de la solución baja, por lo cual optan por nivelar solamente con agua y esto hace que la concentración baje y para volver a elevarla se necesite más lubricante.

El no tener un historial de consumos también contribuye a que en muchas ocasiones las revitalizaciones se realicen con semanas de intervalo y como no hay parámetros de comparación, no se sabe si se utilizó más o menos aceite.

### **2.8.4. El registro de las mediciones y estado de las concentraciones no es transmitido a los operarios**

Las mediciones de concentración son realizadas por el departamento de control de calidad, los cuales no transmiten esta información a los operarios del molino y esto trae como consecuencia que ellos no sepan cuándo y en cuánto la concentración está baja.

El uso del refractómetro es exclusivo para los supervisores de control de calidad y solo ellos tienen el conocimiento para utilizarlo.

## **2.9. Fin fase de investigación**

La fase de investigación concluyó el 14 de diciembre de 2018 debido a que la planta entraba en un periodo de mantenimiento hasta el 12 de enero de 2019 y durante este tiempo se le presentaría el plan de acción al departamento de producción para su evaluación y aprobación.

### **3. FASE TÉCNICO PROFESIONAL**

#### **3.1. Plan de trabajo y desarrollo para elevar la concentración de lubricante en la solución**

Para desarrollar el plan de trabajo para la elevación de la concentración de lubricante en la solución, la planta tubera brindó el apoyo con dos personas de mantenimiento.

##### **3.1.1. Extracción de la solución de la fosa**

Durante el periodo de mantenimiento del molino se extrajo la totalidad de la solución y se almacenó. El total de lo extraído fueron 15 toneles de solución con las siguientes características.

Tabla XLI. **Características de la solución extraída**

Volumen	17,5 toneles
Concentración	4,30 %
pH	9

Fuente: elaboración propia.

### **3.1.2. Limpieza a la fosa de almacenamiento**

Al extraer la solución se notó una gran acumulación de suciedad en el fondo de la fosa, por lo cual se procedió a extraer los lodos y suciedad. También se realizó la limpieza de las canales de retorno del fluido.

### **3.1.3. Determinar los niveles adecuados de solución en la fosa de almacenamiento**

Uno de los grandes factores encontrados que contribuían con la baja concentración era el proceso para realizar las revitalizaciones, este proceso era muy ambiguo y no contemplaba un nivel mínimo o máximo de solución en la fosa, por lo cual se procedió a determinar dichos niveles de la siguiente manera:

- Medición de la fosa de almacenamiento: tiene forma rectangular y sus dimensiones son: altura 1,9 m, ancho 1,6 m, largo 2,95 m total.
- Determinar el mínimo de fluido requerido en la fosa: tomando en cuenta que el largo y ancho son constantes, la única variable es la altura de la solución, esta altura no puede ser menor a 0,40 m, debido a que por debajo se encuentran las tuberías de succión del sistema de bombeo que alimente el molino. Considerando un factor de seguridad de 1,5 para que el sistema nunca se quede sin el nivel requerido para que el sistema de bombeo funcione correctamente, se estableció que el mínimo de altura de la solución es de 0,6 m cuando el sistema está en funcionamiento, por lo cual el volumen mínimo de solución en la fosa es de 2,83 m<sup>3</sup> que son el equivalente a 748 galones.

- Determinar el máximo de fluido requerido para el sistema: la altura máxima de solución en la fosa cuando el sistema está en funcionamiento se estableció en 0,8 m lo cual da un volumen de 3,7 m<sup>3</sup> equivalente a 1 000 galones. Esta altura fue establecida debido a que para realizar las revitalizaciones será utilizado un depósito externo de 250 galones, lo cual al ser vertido en la fosa aumentará 0,20 m a la altura del fluido. Establecer esta medida como máximo de altura nos ayudara a estandarizar la cantidad de fluido requerido para realizar las revitalizaciones y esto también contribuye al control del consumo de lubricante.

#### **3.1.4. Verter lo extraído nuevamente en la fosa**

La solución que fue extraída se volvió a depositar en la fosa de almacenamiento, pasando por un papel filtro de 5 micras para quitar la mayor parte de los sólidos presentes en el fluido y que este regresara a la fosa lo más limpio posible.

A la fosa fueron vertidos 17,5 toneles de fluido al 4,3 % de concentración lo cual es el equivalente a 3,64 m<sup>3</sup> (961 galones) y esto da una altura de fluido en la fosa de 0,76 m.

#### **3.1.5. Determinar la disminución de fluido cuando el sistema está en trabajo**

Al encender el equipo de bombeo del molino la altura del fluido disminuye en la fosa de almacenamiento, esta disminución se da por ser un sistema de recirculación que constantemente mantiene fluido en movimiento, dicha disminución se determinó de la siguiente manera:

- Se vertió nuevamente a la fosa de almacenamiento el fluido extraído.
- Se midió la altura del fluido en reposo, utilizando una varilla calibrada en cm, esta medición dio 77 cm, muy cercano a lo calculado teóricamente que fue 76 cm.
- Se procedió a encender el sistema de bombeo de la solución, y se dejó trabajar 5 minutos para que se llenaran tuberías, canaletas y las distintas secciones del molino.
- Con el sistema funcionando se midió nuevamente el nivel del fluido, esta medición dio 0,66 m, por lo cual la disminución del nivel de fluido es de 0,11 m, al realizar los cálculos respectivos se determinó que el sistema se mantiene fluyendo en el molino 0,5 m<sup>3</sup> equivalentes a 123 galones de solución.

### **3.1.6. Determinar el nivel de solución en la fosa cuando el sistema está en reposo**

Determinar el nivel de la solución en la fosa con el sistema en reposo es de suma importancia para realizar los cálculos respectivos de porcentaje de concentración y volumen de solución de la carga de choque.

El nivel de solución en la fosa con el sistema de bombeo en reposo se determinó de la siguiente manera:

- El nivel máximo establecido de la solución en la fosa cuando el sistema está en trabajo fue de 0,8 m en total.



- El nivel disminuye 0,11 m al estar en funcionamiento el equipo de bombeo.
- Por consiguiente, el nivel máximo de solución en la fosa es de 0,91 m cuando el sistema está en reposo.

### **3.1.7. Realizar una carga de choque a la solución**

Tomando en consideración la tendencia ascendente de la concentración y el comportamiento constante del pH registrado durante la fase de investigación se determinó corregir la baja concentración de la solución realizando una carga de choque que nivele la concentración hasta el rango recomendado.

Una carga de choque se define como una revitalización con elevada concentración en un volumen de solución relativamente pequeño que será mezclada con la solución con baja concentración y volumen mayor para nivelar la concentración total de la solución hasta el rango deseado.

Para realizar la carga de choque se tomaron en consideración los siguientes factores:

- El largo y ancho de la fosa son constantes y la única variable para determinar el volumen de la solución es su altura.
- El nivel total de solución teniendo el sistema en reposo debe ser de 0,91 m que son equivalentes a aproximadamente 1 136 galones.
- El nivel de la solución al 4,3 % que fue vertida nuevamente en la fosa fue de 0,77 m que son equivalentes a 961 galones.

- Por consiguiente, para llegar al nivel total de la fosa estando la solución en reposo se necesita adicionar 0,14 m de fluido, lo cual es equivalente a 175 galones de solución.
- La carga de choque debe ser de 175 galones.
- El departamento de control de calidad solicitó que la concentración de la solución después de la carga de choque fuera de 8 %.

### 3.1.7.1. Procedimiento para realizar la carga de choque

Una vez establecido el volumen de la carga de choque se procedió a determinar la concentración de aceite en la misma para que al mezclarse con la solución con baja concentración, dé como resultado la elevación de la concentración total al 8 %. El cálculo de la concentración de la carga de choque, se realizó de la siguiente manera.

$$V_{cc} * \% cc = V_t * \% t - V_f * \% f$$

Donde:  $V_{cc}$  es el volumen de la carga de choque,  $\% cc$  es la concentración de la carga de choque,  $V_t$  es el volumen total de solución,  $\% t$  es la concentración que requerimos,  $V_f$  es el volumen de solución en la fosa,  $\% f$  es la concentración de la solución en la fosa.

$$175 \text{ galones} * \% cc = 1\,136 \text{ galones} * 8 \% - 961 \text{ galones} * 4,3 \%$$

Despejando, el porcentaje de concentración de la carga de choque es de:

$$\%cc = 28 \%$$

La carga de choque debe contener 28 % de concentración, lo cual significa que necesitamos 49 galones de aceite y 126 galones de agua para un volumen total de solución de 175 galones con una concentración de lubricante al 28 %.

La carga de choque fue preparada en un depósito externo de la siguiente manera:

- Se vertieron 31,5 litros de agua.
- Posteriormente se vertieron 12,25 galones de aceite.
- Se introdujo aire a en la solución para que el agua y el aceite se mezclaran de manera uniforme.
- Este procedimiento se realizó tres veces más, hasta realizar los 175 galones de solución.
- Al tener el volumen total de la carga de choque se procedió a realizar las mediciones respectivas a la misma, dando como resultado.
  - El índice de refracción de la solución 11,3 Brix.
  - El porcentaje de concentración fue de 28,3 %.
  - pH 9,0.
- Después de verificar que los resultados teóricos y los reales son prácticamente iguales, se depositó la carga de choque en la fosa de almacenamiento.
- Para mezclar uniformemente la carga de choque con la solución en la fosa, se arrancó el sistema de bombeo durante 30 minutos.
- Posteriormente se realizaron mediciones en las distintas secciones del molino, las cuales arrojaron los siguientes resultados.

- El índice de refracción de la solución fue de 3,3 Brix
  - El porcentaje de concentración fue de 8,3 %
  - El pH 9,1
- Los resultados teóricos y reales fueron prácticamente los mismos.
  - El resultado de la carga de choque fue positiva, debido a que se logró el objetivo, elevar la concentración de la solución hasta el rango recomendado.

### **3.2. Plan de trabajo para mantener el porcentaje de concentración en el rango recomendado**

Elevar la concentración al rango recomendado no garantizaba que no volvería a disminuir, por lo cual se elaboró un plan de trabajo para mantener el nivel de concentración de la solución en el rango recomendado por el fabricante del lubricante el cual es 5 – 8 % de concentración.

#### **3.2.1. Revitalizaciones**

Uno de los mayores inconvenientes que se detectaron durante la fase de investigación fue la ambigüedad que se tenía para realizar las revitalizaciones, por lo cual se desarrolló un procedimiento que todos los operarios encargados de este tema deben seguir.

##### **3.2.1.1. Procedimiento para realizar las revitalizaciones**

- Realizar la medición de nivel de solución en la fosa con una varilla con escala en cm.

- Medir el nivel de la fosa con el sistema de bombeo encendido cuando inicie y en la mitad el turno de trabajo.
- Si el nivel es cercano o está por debajo de 60 cm, se debe realizar una recarga.
- Antes y después de realizar una revitalización se debe medir la concentración de la solución con el refractómetro.

#### **3.2.1.2. Preparación de las revitalizaciones**

El procedimiento para realizar las revitalizaciones es el siguiente:

- Las revitalizaciones serán preparadas en un depósito externo de 250 galones, como primer paso, se debe verter 75 galones de agua.
- Posteriormente se debe verter la mitad del aceite requerido para realizar la revitalización, este aceite dependerá del porcentaje de concentración que necesitemos en la recarga, por ejemplo.
  - Si necesitamos una concentración en la revitalización de 8 %, requeriríamos 20 galones de aceite.
  - Si necesitamos una concentración en la revitalización de 6 % requerimos 15 galones de aceite.
  - Si necesitamos una concentración en la revitalización de 5 % requerimos aproximadamente 12 galones de aceite.

- Para realizar correctamente lo anterior es de suma importancia realizar la medición de concentración antes de realizar la adición para saber si necesitamos una recarga fuerte o débil.
- Introducir aire comprimido a la solución para mezclarla.
- Verter 100 galones de agua.
- Verter la otra mitad de aceite requerido dependiendo de la concentración que se necesite.
- Verter el resto de agua para tener un volumen total de 250 galones de solución.
- Dejar el aire comprimido durante 3 minutos para terminar de mezclar la solución.
- Verter la solución en la fosa de almacenamiento del molino.

### **3.2.2. Control de concentraciones**

Para monitorear las concentraciones de lubricante, se implementó una hoja de control que contiene una tabla con las mediciones realizadas a la solución anteriormente y espacios en blanco que deben ser llenados con las mediciones hechas durante la semana, esta hoja también contiene una gráfica de concentración y la fecha que servirá como guía visual del comportamiento de las concentraciones en la solución. La hoja se actualizará semanalmente y estará ubicada en el mando electrónico del molino.

Ventajas de implementar la hoja de control de concentraciones:

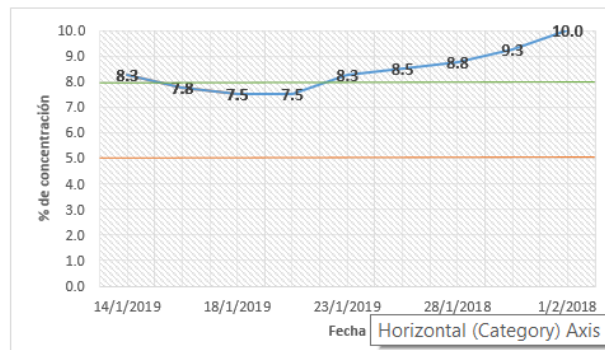
- Los operarios estarán enterados del comportamiento de la concentración de lubricante en la solución.
- Los supervisores de producción pueden verificar el estado de la concentración sin necesidad de medir.
- Al tener un registro del lubricante existente para realizar las adiciones, se puede prever con días de anticipación la solicitud de un tonel nuevo a bodega de suministros.

Figura 30. Hoja de control de mediciones



Hoja de control de concentraciones

Fecha de medición	Brix (°Bx)	Concentración	pH	pH suministro de agua	% de Tonel Iloform TRS 185	Cambio de tonel
14/1/2019	3.3	8.3	9.0	8.9	20	X
16/1/2019	3.1	7.8	9.0	8.9	20	
18/1/2019	3	7.5	9.0	8.9	20	
21/1/2019	3	7.5	9.1	8.8	20	
23/1/2019	3.3	8.3	8.9	8.9	50	x
25/1/2019	3.4	8.5	9.0	8.7	20	
28/1/2018	3.5	8.8	8.8	9.0	100	x
30/1/2018	3.7	9.3	9.0	8.8	40	
1/2/2018	4	10.0	8.8	8.6	90	x



- 🔍 La concentración debe mantenerse entre 5 y 10%
- 🔍 La línea roja indica el mínimo de concentración (5%)
- 🔍 La Línea verde indica el máximo de concentración (10%)

Fuente: elaboración propia.

### 3.3. Mediciones obtenidas después de elevar la concentración de lubricante

Las mediciones registradas después de realizar la carga de choque y establecer el proceso para realizar las revitalizaciones fueron las siguientes.



### 3.3.1. Semana 18

Del 14 al 18 de enero de 2019.

Tabla XLII. Mediciones realizadas semana 18

Fecha de medición	Brix (°Bx)	Concentración	pH	pH suministro de agua	% de Tonel Iloform TRS 185	Cambio de tonel
14/1/2019	3,3	8,3	9,0	8,9	20	X
16/1/2019	3,1	7,8	9,0	8,9	20	
18/1/2019	3,0	7,5	9,0	8,9	20	

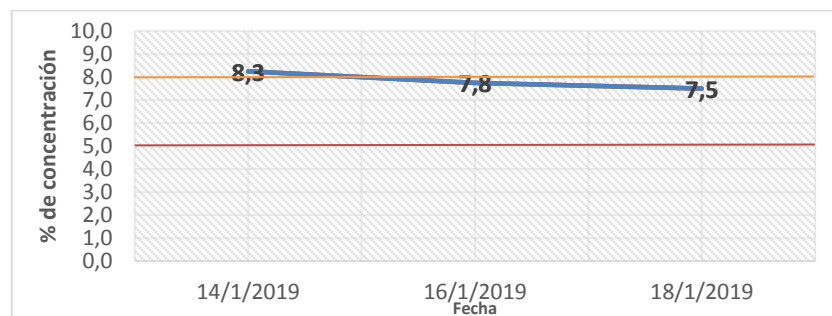
Fuente: elaboración propia.

Tabla XLIII. Promedio de mediciones realizadas semana 18

Semana	Promedio Brix (°Bx)	Promedio % Concentración	Promedio pH	Promedio pH suministro de agua	Consumo Iloform TRS 185, galones
18	3,13	7,8	9,0	8,9	0

Fuente: elaboración propia.

Figura 31. Porcentaje de concentración semana 18



Fuente: elaboración propia.

### 3.3.2. Semana 19

Del 21 al 25 de enero de 2019.

Tabla XLIV. Mediciones realizadas semana 19

Fecha de medición	Brix (°Bx)	Concentración	pH	pH suministro de agua	% de Tonel Iloform TRS 185	Cambio de tonel
21/1/2019	3	7,5	9,1	8,8	20	
23/1/2019	3,3	8,3	8,9	8,9	50	x
25/1/2019	3,4	8,5	9,0	8,7	20	

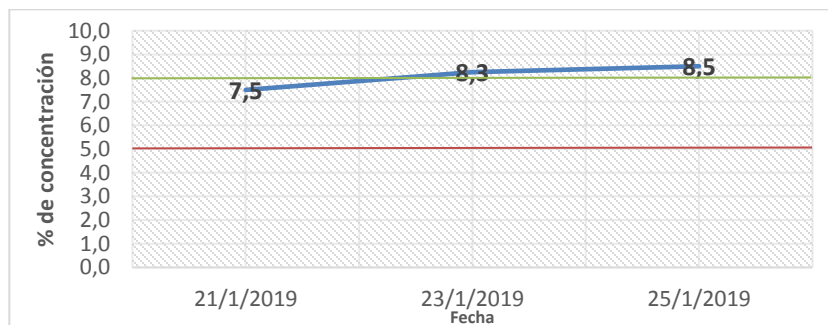
Fuente: elaboración propia.

Tabla XLV. Promedio de mediciones realizadas semana 19

Semana	Promedio Brix (°Bx)	Promedio % Concentración	Promedio pH	Promedio pH suministro de agua	Consumo Iloform TRS 185, galones
19	3,23	8,1	9,0	8,8	66

Fuente: elaboración propia.

Figura 32. Porcentaje de concentración semana 19



Fuente: elaboración propia.

### 3.3.3. Semana 20

Del 28 de enero al 1 de febrero de 2019.

Tabla XLVI. **Mediciones realizadas semana 20**

Fecha de medición	Brix (°Bx)	Concentración	pH	pH suministro de agua	% de Tonel Iloform TRS 185	Cambio de tonel
28/1/2019	3,5	8,8	8,8	9,0	100	x
30/1/2019	3,7	9,3	9,0	8,8	40	
1/2/2019	4,0	10,0	8,8	8,6	90	x

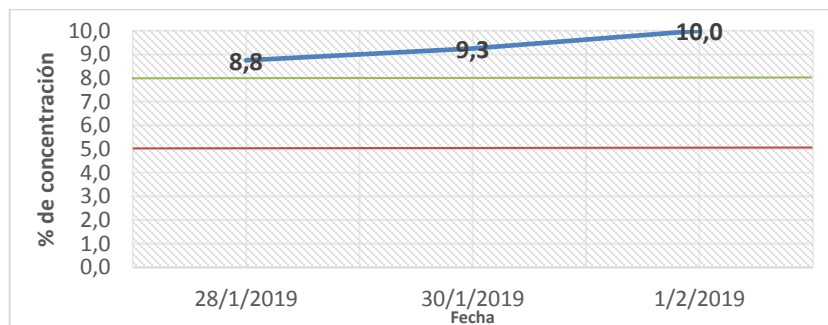
Fuente: elaboración propia.

Tabla XLVII. **Promedio de mediciones realizadas semana 20**

Semana	Promedio Brix (°Bx)	Promedio % Concentración	Promedio pH	Promedio pH suministro de agua	Consumo Iloform TRS 185, galones
20	3,73	9,3	8,9	8,8	60,5

Fuente: elaboración propia.

Figura 33. **Porcentaje de concentración semana 20**



Fuente: elaboración propia.

### 3.3.4. Semana 21

Del 4 al 8 de febrero de 2019.

Tabla XLVIII. Mediciones realizadas semana 21

Fecha de medición	Brix (°Bx)	Concentración	pH	pH suministro de agua	% de Tonel Iloform TRS 185	Cambio de tonel
4/2/2019	3,6	9,0	8,9	8,9	90	
6/2/2019	3,2	8,0	8,8	9,1	80	
8/2/2019	2,9	7,3	8,8	8,7	50	

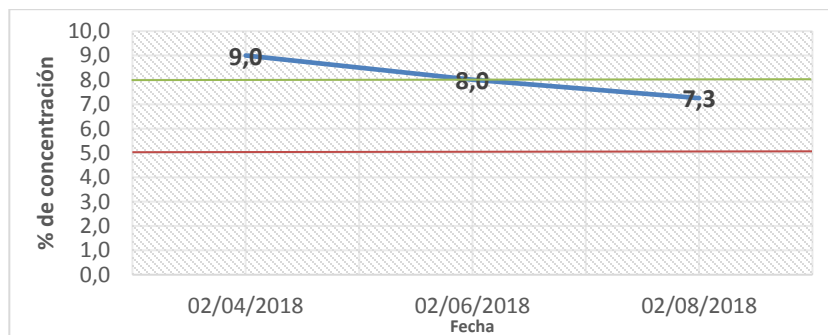
Fuente: elaboración propia.

Tabla XLIX. Promedio de mediciones realizadas semana 21

Semana	Promedio Brix (°Bx)	Promedio % Concentración	Promedio pH	Promedio pH suministro de agua	Consumo Iloform TRS 185, galones
21	3,23	8,1	8,8	8,9	38,5

Fuente: elaboración propia.

Figura 34. Porcentaje de concentración semana 21



Fuente: elaboración propia.

### 3.3.5. Semana 22

Del 11 al 15 de febrero de 2019.

Tabla L. Mediciones realizadas semana 22

Fecha de medición	Brix (°Bx)	Concentración	pH	pH suministro de agua	% de Tonel Iloform TRS 185	Cambio de tonel
11/2/2019	2,6	6,5	8,6	9,0	20	
13/2/2019	2,7	6,8	9,0	8,8	100	x
15/2/2019	2,9	7,3	9,1	8,9	60	

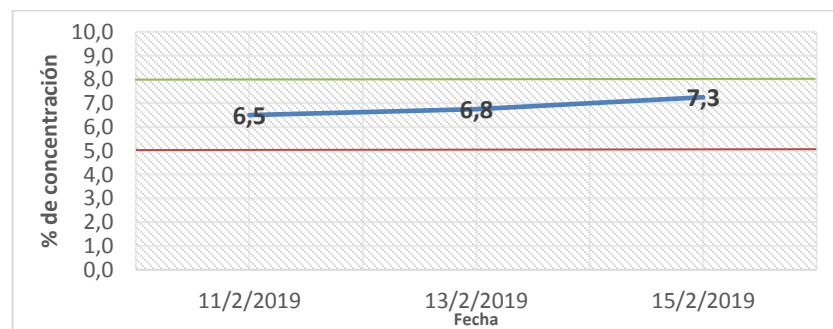
Fuente: elaboración propia.

Tabla LI. Promedio de mediciones realizadas semana 22

Semana	Promedio Brix (°Bx)	Promedio % Concentración	Promedio pH	Promedio pH suministro de agua	Consumo Iloform TRS 185, galones
22	2,73	6,8	8,9	8,9	55

Fuente: elaboración propia.

Figura 35. Porcentaje de concentración semana 22



Fuente: elaboración propia.

### 3.3.6. Semana 23

Del 18 al 22 de febrero de 2019.

Tabla LII. **Mediciones realizadas semana 23**

Fecha de medición	Brix (°Bx)	Concentración	pH	pH suministro de agua	% de Tonel Iloform TRS 185	Cambio de tonel
18/2/2019	3	7,5	9,1	9,1	20	
20/2/2019	3,2	8,0	8,9	8,8	90	x
22/2/2019	3,3	8,3	8,9	9,0	30	

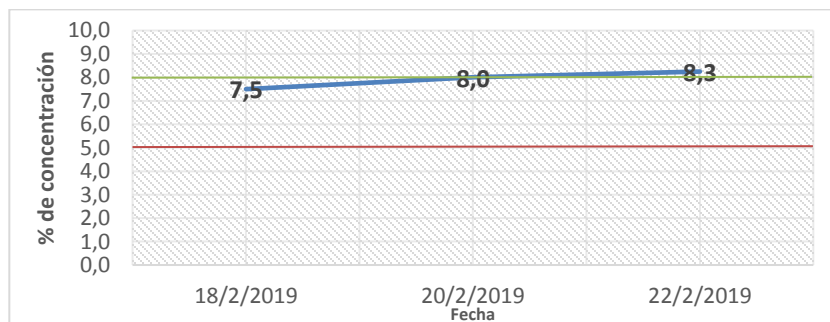
Fuente: elaboración propia.

Tabla LIII. **Promedio de mediciones realizadas semana 23**

Semana	Promedio Brix (°Bx)	Promedio % Concentración	Promedio pH	Promedio pH suministro de agua	Consumo Iloform TRS 185, galones
23	3,17	7,9	9,0	9,0	49,5

Fuente: elaboración propia.

Figura 36. **Porcentaje de concentración semana 23**



Fuente: elaboración propia.

### 3.3.7. Semana 24

Del 25 de febrero al 1 de marzo de 2019.

Tabla LIV. Mediciones realizadas semana 24

Fecha de medición	Brix (°Bx)	Concentración	pH	pH suministro de agua	% de Tonel Iloform TRS 185	Cambio de tonel
25/2/2019	2,8	7,0	8,7	8,5	30	
27/2/2019	2,5	6,3	8,9	8,8	0	
1/3/2019	2,7	6,8	9,0	9,0	90	x

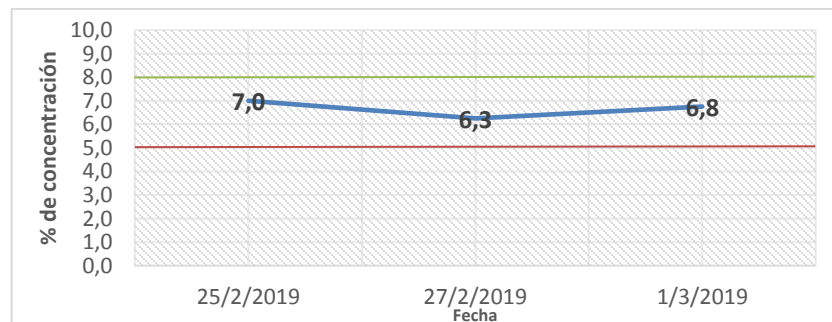
Fuente: elaboración propia.

Tabla LV. Promedio de mediciones realizadas semana 24

Semana	Promedio Brix (°Bx)	Promedio % Concentración	Promedio pH	Promedio pH suministro de agua	Consumo Iloform TRS 185, galones
24	2,67	6,7	8,9	8,8	38,5

Fuente: elaboración propia.

Figura 37. Porcentaje de concentración semana 24



Fuente: elaboración propia.

### 3.3.8. Semana 25

Del 4 al 8 de marzo de 2019.

Tabla LVI. **Mediciones realizadas semana 25**

Fecha de medición	Brix (°Bx)	Concentración	pH	pH suministro de agua	% de Tonel Iloform TRS 185	Cambio de tonel
4/3/2019	2,5	6,3	9,2	9,1	60	
6/3/2019	2,4	6,0	9,0	8,7	40	
8/3/2019	2,2	5,5	9,0	9,1	0	

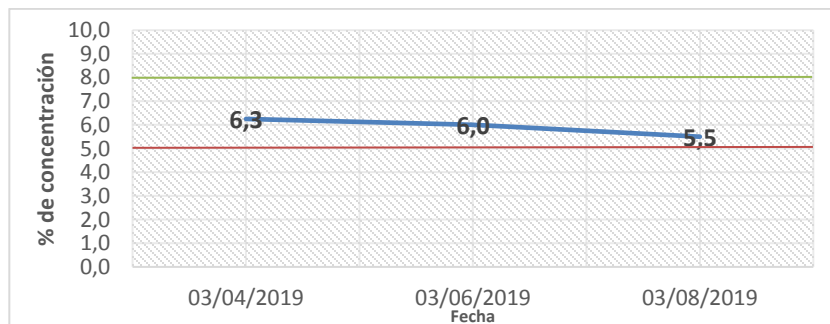
Fuente: elaboración propia.

Tabla LVII. **Promedio de mediciones realizadas semana 25**

Semana	Promedio Brix (°Bx)	Promedio % Concentración	Promedio pH	Promedio pH suministro de agua	Consumo Iloform TRS 185, galones
25	2,37	5,9	9,1	9,0	33

Fuente: elaboración propia.

Figura 38. **Porcentaje de concentración semana 25**



Fuente: elaboración propia.



### 3.3.9. Semana 26

Del 11 al 15 de marzo de 2019.

Tabla LVIII. Mediciones realizadas semana 26

Fecha de medición	Brix (°Bx)	Concentración	pH	pH suministro de agua	% de Tonel Iloform TRS 185	Cambio de tonel
11/3/2019	2,2	5,5	8,9	8,7	100	x
13/3/2019	2,7	6,8	9,1	8,9	50	
15/3/2019	2,3	5,8	8,9	8,9	20	

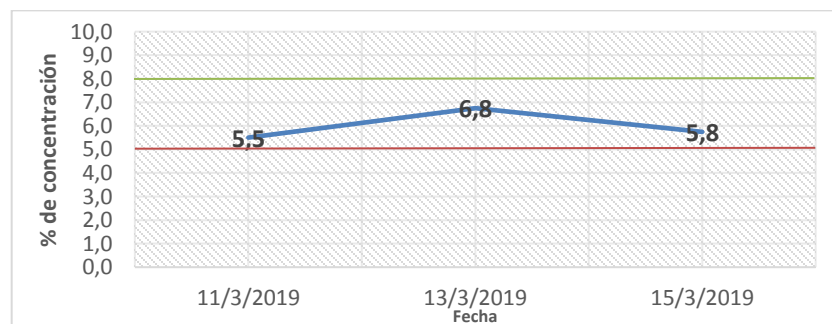
Fuente: elaboración propia.

Tabla LIX. Promedio de mediciones realizadas semana 26

Semana	Promedio Brix (°Bx)	Promedio % Concentración	Promedio pH	Promedio pH suministro de agua	Consumo Iloform TRS 185, galones
26	2,40	6,0	9,0	8,8	55

Fuente: elaboración propia.

Figura 39. Porcentaje de concentración semana 26



Fuente: elaboración propia.

### 3.3.10. Semana 27

Del 18 al 22 de marzo de 2019.

Tabla LX. **Mediciones realizadas semana 27**

Fecha de medición	Brix (°Bx)	Concentración	pH	pH suministro de agua	% de Tonel Iloform TRS 185	Cambio de tonel
18/3/2019	2,5	6,3	9,0	8,8	100	x
20/3/2019	2,6	6,5	9,0	8,9	30	
22/3/2019	2,5	6,3	9,0	8,7	30	

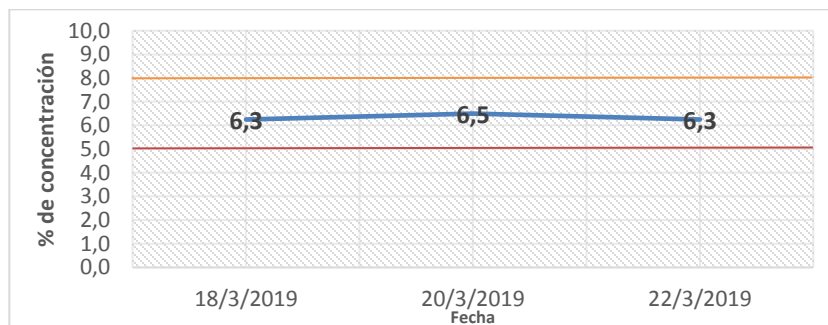
Fuente: elaboración propia.

Tabla LXI. **Promedio de mediciones realizadas semana 27**

Semana	Promedio Brix (°Bx)	Promedio % Concentración	Promedio pH	Promedio pH suministro de agua	Consumo Iloform TRS 185, galones
27	2,53	6,3	9,0	8,8	55

Fuente: elaboración propia.

Figura 40. **Porcentaje de concentración semana 27**



Fuente: elaboración propia.

### 3.3.11. Semana 28

Del 25 al 29 de marzo de 2019.

Tabla LXII. Mediciones realizadas semana 28

Fecha de medición	Brix (°Bx)	Concentración	pH	pH suministro de agua	% de Tonel Iloform TRS 185	Cambio de tonel
25/3/2019	2,5	6,3	8,9	9,0	100	x
27/3/2019	2,8	7,0	9,1	8,8	75	
29/3/2019	2,6	6,5	9,0	8,7	25	

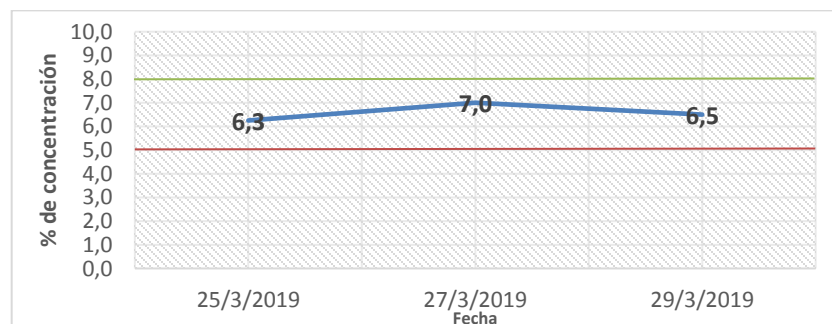
Fuente: elaboración propia.

Tabla LXIII. Promedio de mediciones realizadas semana 28

Semana	Promedio Brix (°Bx)	Promedio % Concentración	Promedio pH	Promedio pH suministro de agua	Consumo Iloform TRS 185, galones
28	2,63	6,6	9,0	8,8	55

Fuente: elaboración propia.

Figura 41. Porcentaje de concentración semana 28



Fuente: elaboración propia.

### 3.3.12. Semana 29

Del 1 al 5 de abril de 2019.

Tabla LXIV. Mediciones realizadas semana 29

Fecha de medición	Brix (°Bx)	Concentración	pH	pH suministro de agua	% de Tonel Iloform TRS 185	Cambio de tonel
1/4/2019	2,8	7,0	8,8	8,8	90	x
3/4/2019	2,5	6,3	9,1	9,1	60	
5/4/2019	2,7	6,8	9,0	8,9	10	

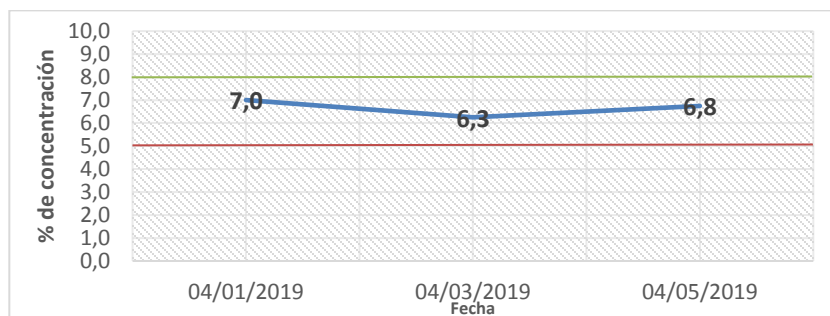
Fuente: elaboración propia.

Tabla LXV. Promedio de mediciones realizadas semana 29

Semana	Promedio Brix (°Bx)	Promedio % Concentración	Promedio pH	Promedio pH suministro de agua	Consumo Iloform TRS 185, galones
29	2,67	6,7	9,0	8,9	55

Fuente: elaboración propia.

Figura 42. Porcentaje de concentración semana 29



Fuente: elaboración propia.

### 3.3.13. Mediciones obtenidas mes 5

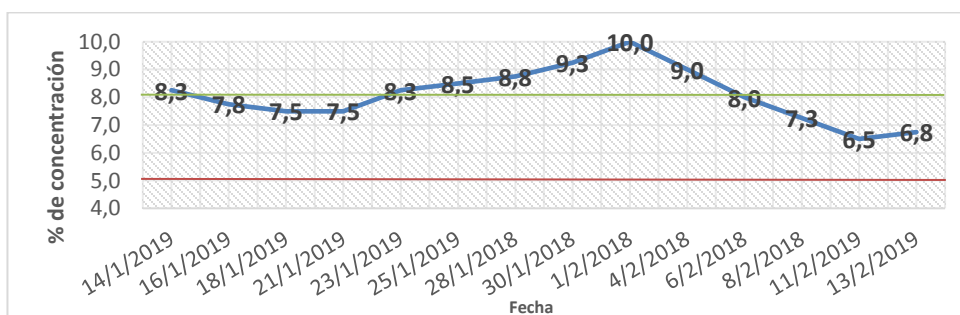
Del 14 de enero al 13 de febrero de 2019.

Tabla LXVI. Mediciones obtenidas durante el mes 5

Fecha de medición	Brix (°Bx)	Concentración	pH	pH suministro de agua	% de Tonel Iloform TRS 185	Cambio de tonel
14/1/2019	3,3	8,3	9,0	8,9	20	X
16/1/2019	3,1	7,8	9,0	8,9	20	
18/1/2019	3,0	7,5	9,0	8,9	20	
21/1/2019	3,0	7,5	9,1	8,8	20	
23/1/2019	3,3	8,3	8,9	8,9	50	x
25/1/2019	3,4	8,5	9,0	8,7	20	
28/1/2018	3,5	8,8	8,8	9,0	100	x
30/1/2018	3,7	9,3	9,0	8,8	40	
1/2/2018	4,0	10,0	8,8	8,6	90	x
4/2/2018	3,6	9,0	8,9	8,9	90	
6/2/2018	3,2	8,0	8,8	9,1	80	
8/2/2018	2,9	7,3	8,8	8,7	50	
11/2/2019	2,6	6,5	8,6	9,0	20	
13/2/2019	2,7	6,8	9,0	8,8	100	x

Fuente: elaboración propia.

Figura 43. Porcentajes de concentración mes 5



Fuente: elaboración propia.

### 3.3.14. Mediciones obtenidas mes 6

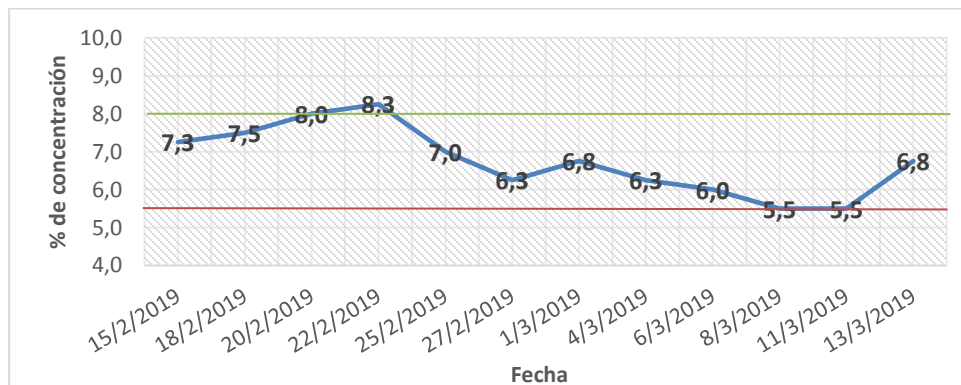
Del 15 de febrero al 13 de marzo de 2019.

Tabla LXVII. Mediciones obtenidas durante el mes 6

Fecha de medición	Brix (°Bx)	Concentración	pH	pH suministro de agua	% de Tonel lloform TRS 185	Cambio de tonel
15/2/2019	2,9	7,3	9,1	8,9	60	
18/2/2019	3	7,5	9,1	9,1	15	
20/2/2019	3,2	8,0	8,9	8,8	90	x
22/2/2019	3,3	8,3	8,9	9,0	30	
25/2/2019	2,8	7,0	8,7	8,5	30	
27/2/2019	2,5	6,3	8,9	8,8	0	
1/3/2019	2,7	6,8	9,0	9,0	90	x
4/3/2019	2,5	6,3	9,2	9,1	60	
6/3/2019	2,4	6,0	9,0	8,7	40	
8/3/2019	2,2	5,5	9,0	9,1	0	
11/3/2019	2,2	5,5	8,9	8,7	100	x
13/3/2019	2,7	6,8	9,1	8,9	50	

Fuente: elaboración propia.

Figura 44. Porcentajes de concentración mes 6



Fuente: elaboración propia.

### 3.3.15. Mediciones obtenidas mes 7

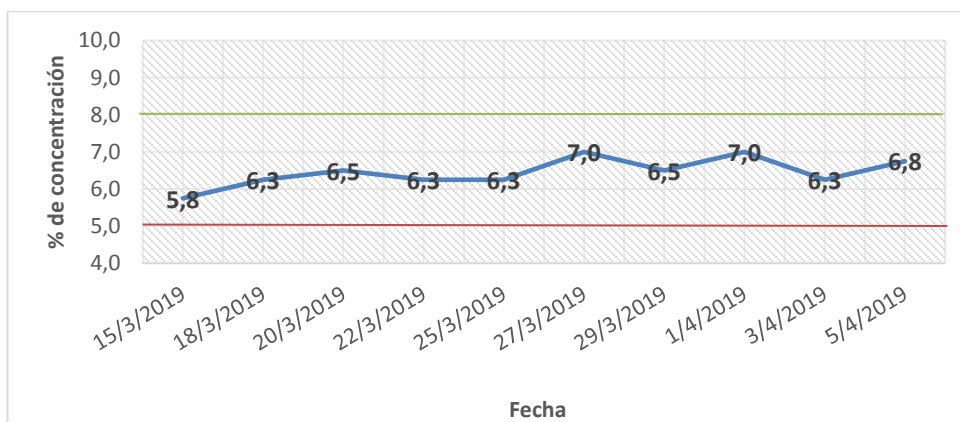
Del 15 de marzo al 5 de abril de 2019.

Tabla LXVIII. Mediciones obtenidas durante el mes 7

Fecha de medición	Brix (°Bx)	Concentración	pH	pH suministro de agua	% de Tonel lloform TRS 185	Cambio de tonel
15/3/2019	2,3	5,8	8,9	8,9	20	
18/3/2019	2,5	6,3	9,0	8,8	100	x
20/3/2019	2,6	6,5	9,0	8,9	30	
22/3/2019	2,5	6,3	9,0	8,7	30	
25/3/2019	2,5	6,3	8,9	9,0	100	x
27/3/2019	2,8	7,0	9,1	8,8	75	
29/3/2019	2,6	6,5	9,0	8,7	25	
1/4/2019	2,8	7,0	8,8	8,8	90	x
3/4/2019	2,5	6,3	9,1	9,1	60	
5/4/2019	2,7	6,8	9,0	8,9	10	

Fuente: elaboración propia

Figura 45. Porcentajes de concentración mes 7



Fuente: elaboración propia.

### 3.3.16. Promedios de las mediciones realizadas después de elevar la concentración de lubricante en la solución

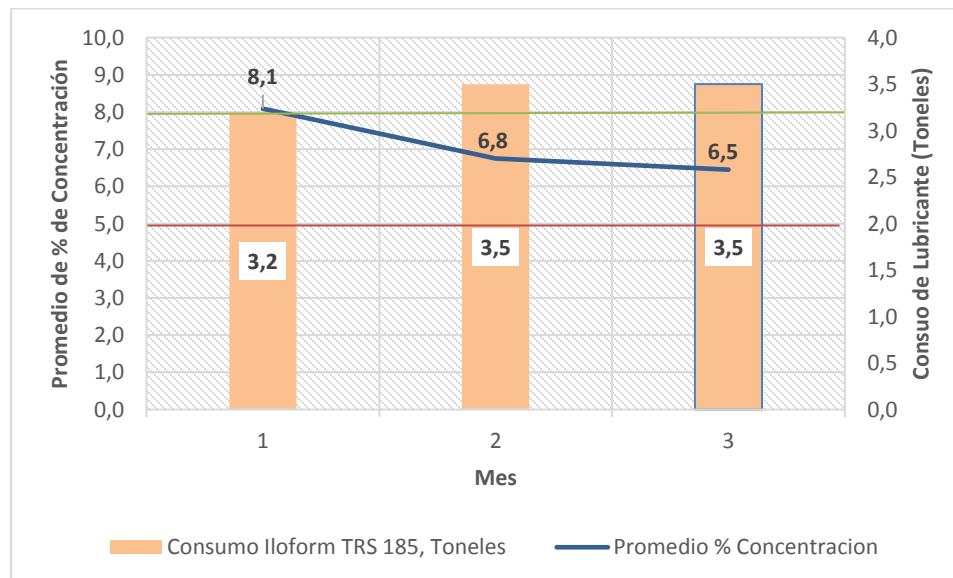
Del 14 de enero al 5 de abril de 2019.

Tabla LXIX. Promedio de mediciones realizadas

Mes	Promedio Brix (°Bx)	Promedio % Concentración	Promedio pH	Promedio pH suministro de agua	Consumo Iloform TRS 185, galones	Consumo Iloform TRS 185, Toneles
5	3,24	8,1	8,9	8,9	176	3,2
6	2,70	6,8	9,0	8,9	192,5	3,5
7	2,58	6,5	9,0	8,9	192,5	3,5

Fuente: elaboración propia.

Figura 46. Comparativo, porcentaje de concentración y consumo de lubricante



Fuente: elaboración propia.



### **3.4. Análisis de los datos obtenidos**

Después de elevar la concentración hasta 8 % con la carga de choque, se procedió a monitorear el comportamiento y tendencia de la solución durante aproximadamente tres meses para obtener una estadística y un historial de consumo de lubricante.

#### **3.4.1. Interpretación mes 1 (del 14 de enero al 13 de febrero)**

En la tabla LXVI podemos apreciar que la primera medición de concentración después de realizar la carga de choque fue realizada el 14 de enero de 2019 y dio como resultado 8,3 % de concentración.

El molino entró en un periodo de mantenimiento desde mediados de diciembre de 2018 hasta el 11 de enero de 2019, por consiguiente, en la semana del 14 al 19 de enero el molino entró en un periodo de calibración y pruebas. Esto disminuyó notablemente el tiempo efectivo de trabajo, y por ello durante la primera semana no fue necesario realizar revitalizaciones y la concentración no disminuyó significativamente.

La tendencia de la concentración y consumo de lubricante desde el 23 de enero hasta el 1 de febrero fue exageradamente ascendente, esto se debió a que los operarios estaban realizando revitalizaciones fuertes al 8 % por temor a que la concentración disminuyera y el departamento de control de calidad les llamara la atención. Para corregir esta situación se disminuyó la concentración de las adiciones a 4 % (lo cual también disminuyó el consumo de aceite), después de tomar esta acción la concentración empezó a disminuir lentamente sin bajar del mínimo de concentración recomendado.

El consumo de lubricante durante las semanas 20 y 21 fue de 1,1 toneles aproximadamente esto debido a que las adiciones se estaban realizando al 8 %. En la semana 23 se realizaron adiciones débiles al 4 % por lo cual el consumo bajó a 0,7 toneles.

Las mediciones de pH estuvieron dentro del rango recomendado por el fabricante del lubricante.

#### **3.4.2. Interpretación Mes 6 (del 15 de febrero al 13 de marzo)**

En la figura 44 se puede apreciar que la concentración estuvo dentro del rango recomendado, la concentración más elevada fue 8,3 % y la más baja 5,5 %.

La concentración más baja fue registrada en la semana 25, debido a que las revitalizaciones desde la semana 21 se estaban haciendo al 4 %. Por consiguiente, se procedió a elevar las adiciones a partir de esta fecha hasta el 6 % de lubricante.

El consumo de lubricante durante las semanas 23, 24 y 25 fue de 49,5 galones, 38,5 galones y 33 galones respectivamente, durante estas semanas se trabajaron revitalizaciones al 4 %, al percatarnos de la tendencia descendente de la concentración en la solución, se procedió a aumentar la concentración de las recargas a 6 % a partir de la semana 26.

El aumentar la concentración de las adiciones al 6 % durante la semana 26 provoca que el consumo de lubricante fuera de 55 galones, lo cual equivale a un tonel de aceite y la concentración de la solución en promedio durante esa semana fue de 6 %.

Lo descrito anteriormente nos dio el parámetro de que el consumo semanal de lubricante que el molino requiere para mantener la solución entre 6 y 6,5 % de concentración es de, aproximadamente, 55 galones.

Las mediciones de pH realizadas a la solución durante este mes se mantuvieron dentro del rango recomendado.

### **3.4.3. Interpretación mes 7 (del 15 de marzo al 5 de abril)**

A partir de la semana 26 se realizaron recargas con 6 % de concentración lo cual estabilizó el porcentaje de concentración de solución en 6,5%, esto se ve reflejado en la figura 45 en donde se puede apreciar que el comportamiento de la solución fue constante.

El consumo de lubricante durante las últimas 4 semanas de proyecto fue de 55 galones por semana realizando las adiciones al 6 % y manteniendo la concentración de la solución en 6 % y 6,5 %.

Lo anterior da el parámetro de que el consumo semanal de lubricante debe estar muy cercano a 55 galones para una concentración de solución al 6 %.

Las mediciones de pH fueron muy constantes, y se mantuvieron dentro del rango recomendado, lo cual nos indica la solución no registro tendencia a acidificarse o volverse básica.

El pH de la fuente de alimentación de agua utilizada para las adiciones, registro comportamiento constante lo cual contribuye a la estabilidad de la solución.

#### **3.4.4. Interpretación general de resultados**

En la figura 46 podemos observar el comportamiento promedio de la concentración en cada mes frente al consumo registrado.

En la tabla LXIX observamos que el mes que menos consumo de lubricante registró fue el 7 debido a que durante la primera semana de este mes no se registró consumo alguno por el poco tiempo efectivo de trabajo del molino. El mayor promedio de concentración en la solución también se registró durante este mes, debido a que desde el inicio la solución ya se encontraba al 8 % y durante las dos últimas semanas del mes de enero y los primeros días de febrero se realizaron revitalizaciones al 8 %.

Al registrarse la elevación exagerada en la solución hasta el 10 % se procedió a realizar adiciones con 4 % de lubricante lo cual ayudó a disminuir la concentración hasta el rango recomendado. Durante el mes 6 la concentración se comportó de manera descendente sin estar fuera del límite mínimo recomendado. La menor medición registrada de concentración se dio durante este mes y fue de 5,5 %, por lo cual, a partir de la semana 26 se aumentó el porcentaje de aceite a las adiciones a 6 % lo cual dio como resultado que en promedio durante las últimas 4 semanas del proyecto, la concentración osciló entre 6 y 6 % y el consumo de lubricante se estabilizara en 55 galones por semana.

El consumo de lubricante en los dos últimos meses fue similar al igual que el porcentaje de concentración.

Las mediciones de pH a la solución registradas fueron muy constantes y estuvieron dentro del rango recomendado del fabricante del lubricante.

### 3.5. Proyección de ahorro de lubricante

Para determinar el ahorro de lubricante para mantener la solución a un porcentaje de concentración de 6 % se compararán el último mes de la fase de investigación en el cual los operarios comenzaron a realizar revitalizaciones más constantes pero sin ningún tipo de procedimiento y el último mes del proyecto en donde ya se tenía una proyección del consumo de lubricante.

Tabla LXX. **Comparativo de consumos y porcentaje de concentración mes 4 y 7**

Mes	Consumo del mes (Tns)	% Concentración promedio
4	3	4,5
7	3,5	6,5

Fuente: elaboración propia.

Haciendo una relación sencilla donde la variable por determinar es la cantidad de lubricante necesario que se requiriese en ambos meses (4 y 7) para llevar la concentración de lubricante a 6 %, el consumo queda de la siguiente manera.

Tabla LXXI. **Proyección de consumos para un porcentaje de concentración al 6 %**

Mes	Consumo del mes (Tns)	% Concentración promedio
4	4	6
7	3,2	6

Fuente: elaboración propia.

El ahorro en consumo de lubricante para una solución al 6 % se proyecta en un 20 %, de lo cual se debe considerar que durante el mes 4 no había un control del volumen de solución y, por ende, la cantidad de aceite para revitalizar la solución debía ser mucho mayor en comparación del mes 7, donde ya se tenían los parámetros bien establecidos.

### 3.6. Proyección de ahorro económico

En la siguiente tabla se puede observar el consumo real frente al porcentaje de concertaje de concentración real de los meses 4 y 7, así como el gasto económico en lubricante.

El precio unitario del tonel de lubricante Iloform TRS 185 es de 12 051,2 Q.

Tabla LXXII. **Costo económico de lubricante en los meses 4 y 7 del proyecto**

Mes	Consumo del mes (Tns)	Inversión Económica de Lubricante en Q	% Concentración promedio
4	3	36 153,06	4,5
7	3,5	42 178,57	6,5

Fuente: elaboración propia.

En la tabla anterior podemos observar que el consumo de lubricante fue menor en el mes 4 y, por consiguiente, también el gasto económico, pero el porcentaje de concentración registrado está por debajo del mínimo recomendado por el fabricante del aceite que es 5 %. El promedio de concentración en el mes 7 es de 6,5 % y esto elevó de manera controlada el consumo hasta 3,5 toneles.

Realizando una relación simple para calcular el consumo teórico de lubricante en el mes 4 para tener una concentración igual a la del mes 7, obtenemos los siguientes resultados.

**Tabla LXXIII. Costo del lubricante con porcentaje de concentración teórico al 6,5 % en el mes 4**

	Mes	Consumo del mes (Tns)	Inversión Económica de Lubricante en Q	% Concentración promedio
<b>Teórico</b>	<b>4</b>	<b>4,3</b>	<b>51 819,4</b>	<b>6,5</b>
<b>Real</b>	<b>7</b>	<b>3,5</b>	<b>42 178,6</b>	<b>6,5</b>

Fuente: elaboración propia.

El consumo teórico para una concentración al 6,5 % en el mes 4 es de 4,3 toneles, lo cual aumenta en 1,3 el consumo real registrado, estos datos comparándolos con el consumo real del mes 7 después de realizar el plan de mantenimiento de la solución nos da un ahorro de:

**Tabla LXXIV. Proyección mensual de ahorro económico comparando el consumo teórico de lubricante del mes 4 frente al consumo real del mes 7**

Porcentaje (%) de ahorro en lubricante al mes	Ahorro en Q al mes	% de concentration
<b>18,6</b>	<b>8 966,0</b>	<b>6,5</b>

Fuente: elaboración propia.

El ahorro económico después de realizar el proyecto es de 18,6 %, lo cual disminuye los costos en lubricante en casi 9 000 quetzales mensuales teniendo una concentración de lubricante al 6,5.



## **4. FASE DOCENTE**

Como parte del proyecto se impartieron una serie de capacitaciones para los operarios del molino, con el fin de contribuir a la mejora del proceso de mantenimiento de la solución sintética, dichas capacitaciones abarcaron los siguientes temas.

### **4.1. Las buenas prácticas al manipular lubricantes**

Durante la manipulación de lubricantes debe ser utilizar el equipo de protección personal que consiste en:

- Guantes de protección
- Lentes de protección
- Camisa de manga larga
- Pantalones sin agujeros
- Botas de seguridad industrial

Los lubricantes deben ser manipulados en un área con excelente ventilación. Al manipular lubricantes en lugares cerrados, se debe usar una mascarilla que evite la inhalación de los vapores.

Los lubricantes no deben almacenarse en recipientes plásticos no adecuados, en muchas ocasiones, los lubricantes son almacenados en recipientes de bebidas gaseosas lo cual puede provocar que en algún momento alguna persona pueda beberlo e intoxicarse.

Todos los recipientes en donde se almacenen lubricantes deben ser debidamente identificados con el respectivo rombo de seguridad.

## **4.2. Refractómetro**

El refractómetro es un aparato de medición óptico que se utiliza para medir el índice de refracción de una solución.

### **4.2.1. Partes principales del refractómetro**

- Prismas: es la parte en donde se colocan las muestras por medir.
- Tornillo de ajuste de escala: este se utiliza para la calibración del refractómetro.
- Ocular: consiste en un lente ajustable para enfocar la escala según las necesidades del usuario.
- Escala de medición: en esta parte se reflejan las mediciones de grados Brix de la solución medida.

### **4.2.2. Uso del refractómetro**

El procedimiento correcto para usar el refractómetro es el siguiente:

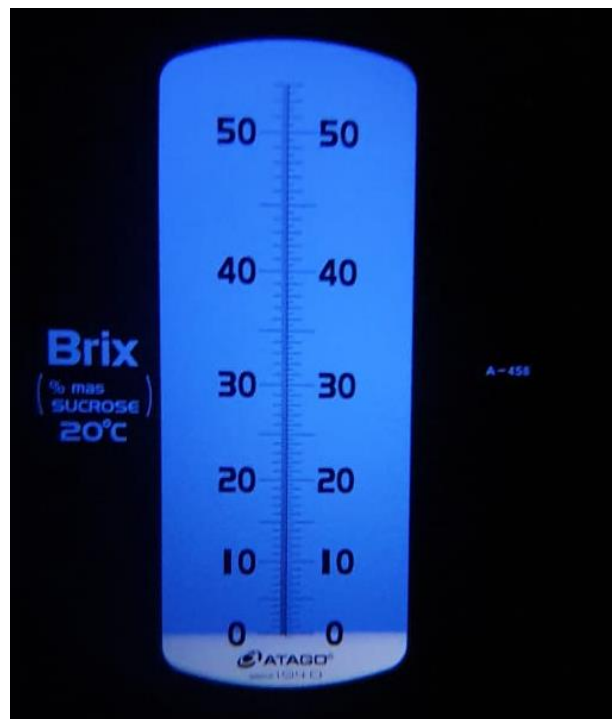
- Limpiar el prisma
- Tomar una muestra de solución
- Colocar una pequeña muestra de solución hasta cubrir todo el prisma
- Dirigir el refractómetro hacia alguna fuente de luz

- Ver a través del ocular el índice de refracción de la solución en grados Brix
- Limpiar la solución del prisma del refractómetro

#### 4.2.3. Cálculo del porcentaje de concentración de la solución

Al colocar una muestra de solución en el prisma del refractómetro, la lectura del índice de refracción se verá de la siguiente manera.

Figura 47. Lectura del refractómetro



Fuente: elaboración propia.

La parte blanca es la medida del índice de refracción, en este caso la medida es cero debido a que se usó agua destilada que no contenía ninguna

parte de aceite. Posteriormente, se debe multiplicar el índice de refracción obtenido por el factor de refracción del lubricante utilizado en la solución y el resultado será el porcentaje de concentración.

#### **4.2.4. Calibración del refractómetro**

El refractómetro como cualquier instrumento de medición debe ser calibrado cada cierto tiempo para asegurar que las mediciones que estamos realizando con él sean lo más exactas posible.

El refractómetro se calibra de la siguiente manera:

- Limpiar el prisma.
- Colocar una muestra de agua destilada en el prisma.
- La lectura debe ser cero.
- Si no es cero se debe girar el tornillo de calibración hasta que la medición sea cero.
- Limpiar el prisma.
- La calibración del refractómetro se debe realizar una vez a la semana.

#### **4.3. Lubricantes para conformado de tubos**

Para el proceso de fabricación de tubos por conformado, se debe utilizar un lubricante que cumpla con las siguientes características:

- Debe ser un aceite soluble.
- Que refrigere y limpie el proceso.
- Proteja la superficie de los tubos cuando están sometidos a compresión por los rodos de formado.

- Deben tener excelente estabilidad.
- Debe ser resistentes a ambientes con alta contaminación.
- No debe ser agresivo con el medio ambiente.

#### **4.3.1. Tipos de lubricantes solubles**

- Lubricantes minerales
- Lubricantes semisintéticos
- Lubricantes sintéticos

#### **4.4. Importancia de la concentración de lubricante en la solución sintética**

La solución que se utiliza durante el proceso de conformado de tubos cumple diversas funciones, entre las cuales destacan.

- La refrigeración y lubricación del proceso de producción de tubería.
- Limpiar el proceso de los contaminantes.
- Decantar los contaminantes para que estos no sigan circulando en las tuberías de recirculación de la solución.
- Protección contra la corrosión en un corto periodo de tiempo al producto terminado.
- Protección a la superficie de los tubos, lo cual da como resultado un acabado más fino en el producto.
- Protección contra el desgaste a los rodos.
- Protección contra la corrosión al molino.

Si la concentración de lubricante en la solución se mantiene por debajo de los rangos recomendados, pueden registrarse problemas que pueden derivar desde el desgaste de los rodos hasta la ruptura definitiva de la solución por lo cual se debe reemplazar por completo.

## CONCLUSIONES

1. La baja concentración de lubricante en la solución se debía al mal proceso para realizar las revitalizaciones, lo cual era consecuencia directa de no tener un plan de trabajo definido para guiar a los operarios encargados de realizar las adiciones.
2. El no tener definidos los parámetros adecuados de funcionamiento de la solución contribuía significativamente en la baja concentración, así como la poca o nula capacitación de los operarios y el no tener un registro de los consumos e historial de la tendencia de las concentraciones.
3. Para elevar la concentración se realizó una carga de choque que equilibrara la concentración total de la solución a 8 % y se desarrolló un plan de trabajo para estabilizar y mantener la concentración de la solución al 6 %.
4. La capacitación a los operarios contribuyó significativamente en la estabilización y constancia de la concentración, debido a que adquirieron los conocimientos básicos sobre la importancia de mantener el óptimo nivel de concentración en la solución.





## RECOMENDACIONES

### A la gerencia general

1. Usar lubricantes sintéticos en los sistemas de recirculación de solución, debido que este tipo de procesos son muy propensos a la contaminación de medio ambiente y esta contaminación contribuye significativamente a la degradación de la solución.

### Al Gerente de Control de Calidad

2. Realizar la limpieza a la fosa de almacenamiento y canaletas de retorno de solución cada seis meses para evitar que se den las condiciones necesarias para la formación de bacterias y hongos que degraden la solución.

### A los operarios

3. Continuar con las mediciones de concentración, pH e historial de consumos de lubricante para mantener la concentración de la solución dentro del rango recomendado.
4. Continuar con las mediciones de pH de la fuente de alimentación de agua que se utiliza para realizar las adiciones debido a que en algún momento se puede registrar una baja en el pH que dé la impresión de que la solución se está acidificando por alguna formación excesiva de hongos y bacterias.



## BIBLIOGRAFÍA

1. División CIMCOOL, *Reporte técnico, fluidos para trabajos de metales base agua – Prácticas apropiadas de mezclado*. s.l. s.e. 2004. 60 p.
2. LOPEZ, Macías. Ernestina. *Desarrollo de técnicas de cambios rápidos de producción para molinos formadores de tubería de acero*. Tesis en opción al grado de maestro en ciencias de la administración con especialidad en producción y calidad. Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Nuevo León de México. Nuevo León: s.e. 2000. 175 p.
3. RODRÍGUEZ HERNÁNDEZ, Diego Fernando. *Planificación del montaje de una maquina enderezadora de tubería y análisis de riesgos industriales, en la planta Tubac, S.A.* Trabajo de graduación de Ing. Mecánico. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2010. 130 p.



## ANEXOS

### Anexo 1. Molino de conformado de tubería



Fuente: ROLLFORMING. *Molino de tubería*. <http://www.rollforming-reliantt.es/images/pml-1.jpg>.

Consulta 10 enero 2020.

## Anexo 2. Hoja técnica Iloform TRS 185



### Product Data

## Iloform TRS 185 Synthetic Forming Fluid

### Description

Castrol Iloform™ TRS 185 is a synthetic, oil-rejecting fluid specifically formulated to continuously clean the forming rolls of mill scale buildup. Iloform TRS 185's clean running nature, in both hard and soft water, allows mill scale and dirt to drop quickly and split tramp oil. Iloform TRS 185 works well in central systems with little or no filtration. The product's rust protection package provides extended indoor protection.

### Applications

Iloform TRS 185 is engineered to meet the requirements of carbon steel structural tube forming. Iloform TRS 185 can be run effectively between 5% and 8% in water.

### Advantages

- Extended indoor rust protection.
- Remains stable in both hard and soft water.
- Quickly separates tramp oil and settles particulate to keep your fluid clean running, even in systems with high turnover rates and minimal retention times.
- Engineered to exhibit superior resistance to microbial attack for long system life regardless of system contamination.
- Unique lubrication package provides for long roll life.

### Typical Technical Characteristics

	Unit	Test Method	Value
Appearance of Concentrate	-	Visual	Clear, colorless to light amber liquid
Appearance of Dilution (10%, 125 ppm water)	-	Visual	Clear, colorless to light amber liquid
pH of dilution @ 5%	-	ASTM E70-97	8.8 – 9.3
Specific Gravity @ 60°F	-	ASTM D 1298	1.05 – 1.07
Bulk Density	lbs/gal	ASTM D 1298	8.8

## Continuación anexo 2.

Boron Free	Lubricity Additive	Formaldehyde Free
		✓

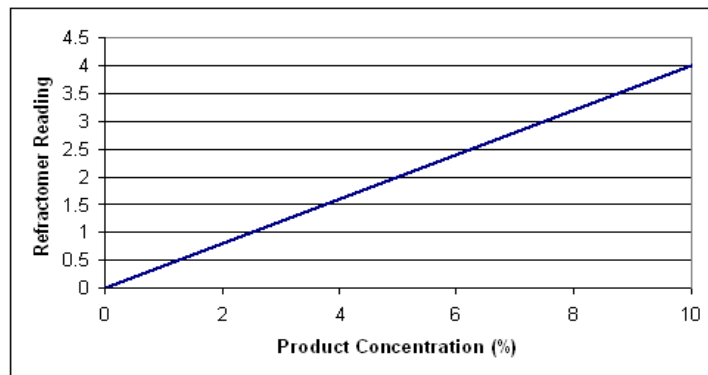
### User Advice

Iloform TRS 185 can be easily removed with alkaline cleaners.

Pressure filters or gravity filters are recommended for best results.

### Concentration Control

The concentration of the Iloform TRS 185 can be easily measured with an Atago Model N1 refractometer. The graph is a linear regression of actual readings from laboratory tests on laboratory prepared samples. It is important to realize that refractometer readings are dependent upon the type of refractometer and water used. Atago Model N1 refractometers are available through Castrol Industrial North America Inc



Castrol Iloform TRS 185

Fuente: Castrol. *Hoja técnica*. [https://msdspds.castrol.com/bpplis/FusionPDS.nsf/Files/3624157CCCFD49C380257DC100493B38/\\$File/BPXE-9TL23M.pdf](https://msdspds.castrol.com/bpplis/FusionPDS.nsf/Files/3624157CCCFD49C380257DC100493B38/$File/BPXE-9TL23M.pdf). Consulta 10 septiembre 2018.

