



**FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE COAHUILA**

REPORTE GENERAL DE CARACTERIZACIÓN DE COMPONENTES DE VÁLVULAS GLOBO DE 4”

- SERVICIO DE ANÁLISIS DE DOS MUESTRAS: ANÁLISIS QUÍMICOS, PRUEBAS DE ENSAYOS MECÁNICOS Y ANÁLISIS METALOGRAFICO
- ESTUDIO DE EVALUACIÓN DE DESGASTE A PIEZAS METALICAS DE ACERO 316L
- SERVICIOS DE CARACTERIZACIÓN POR ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS DE LOTE REPRESENTATIVO DE PIEZAS DE VÁLVULAS TIPO GLOBO
- ENSAYO DE CORROSIÓN ACELERADA EN CÁMARA SALINA POR 120 HORAS A SEIS MUESTRAS. ANÁLISIS SUPERFICIAL Y DE PERFIL DE MUESTRAS SOMETIDAS A ENSAYOS DE CORROSIÓN ACELRADA EN CÁMARA SALINA

Atención,
M.C. Horacio Villarreal
Fundición de Aleaciones Especiales de México S.A. de C.V.





**FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE COAHUILA**

***SERVICIO DE ANÁLISIS DE DOS MUESTRAS:
ANÁLISIS QUÍMICOS, PRUEBAS DE ENSAYOS MECÁNICOS Y ANÁLISIS
METALOGRÁFICO***

20 julio 2016

Atención,
M.C. Horacio Villarreal
Fundición de Aleaciones Especiales de México S.A. de C.V.



Presenta,
Dra. Ana Claudia Lara Ceniceros
Facultad de Ciencias Químicas



1. ANTECEDENTES

Se recibió por parte de la empresa **FUNDICIÓN DE ALEACIONES ESPECIALES DE MÉXICO S.A. DE C.V.** el día 29 de junio de 2016, dos muestras metálicas identificadas como: Pieza vaciada cuerpo y pieza vaciada bonete de válvula globo (ver fotografías 1 y 2 respectivamente). El cliente solicita se realice los análisis y ensayos que se mencionan en la tabla.

IDENTIFICACIÓN SOLICITANTE	ANÁLISIS Y/O ENSAYO	REGISTRO LABORATORIO FACULTAD
Pieza vaciada cuerpo	<ul style="list-style-type: none">- Análisis químico.- Análisis metalográfico- Ensayo de pruebas mecánicas.	16ME287
Pieza vaciada bonete	<ul style="list-style-type: none">- Análisis químico.- Análisis metalográfico- Ensayo de pruebas mecánicas.	16ME288



FOTOGRAFÍA 1. CUERPO DE VÁLVULA GLOBO



FOTOGRAFÍA 2. BONETE DE VÁLVULA GLOBO



2. RESULTADOS

- ANÁLISIS QUÍMICO

El análisis se realiza mediante la siguiente técnica: % de Carbono (C) y % de Azufre (S), por combustión y detección infrarroja, ASTM E1019/2008. El resto de los elementos por Espectrometría de Plasma (ICP).

ELEMENTO	16ME287
C	0,028
S	0,007
Fe	BAL.
Mn	1,45
P	0,013
Si	1,36
Cr	19,14
Ni	11,50
Mo	2,07
Cu	0,10
V	0,032
Ti	0,024
Nb	0,006
Al	0,008
W	<0,005
Co	0,119
Pb	<0,005
Sb	<0,005

ELEMENTO	16ME288
C	0,025
S	0,004
Fe	BAL.
Mn	1,48
P	0,015
Si	1,42
Cr	21,00
Ni	12,00
Mo	2,09
Cu	0,12
V	0,016
Ti	<0,005
Nb	<0,005
Al	0,006
W	0,009
Co	0,094
Pb	<0,005
Sb	<0,005

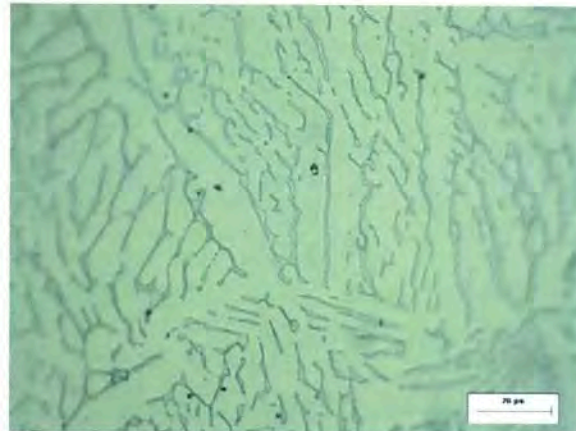
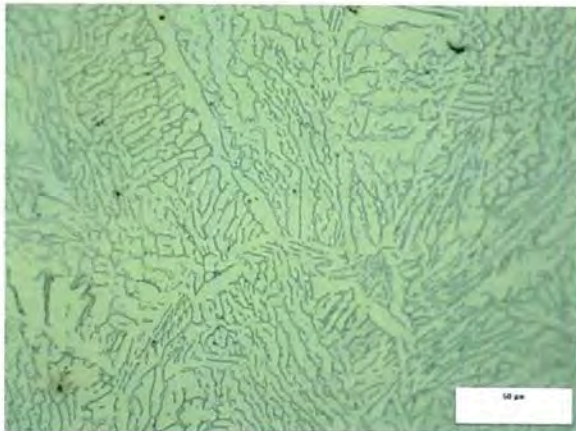
*(<) Indica que el valor obtenido es menor al límite de cuantificación de la curva de calibración



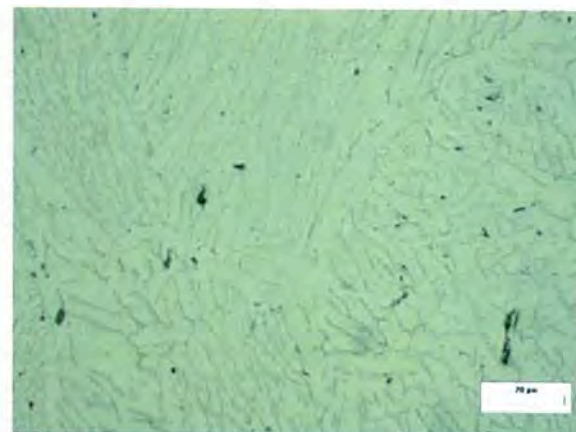
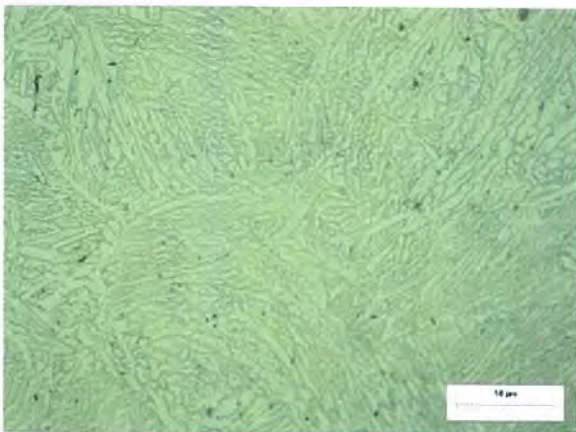
- ANÁLISIS METALGRÁFICO

PIEZA VACIADA CUERPO (16ME287)

La microestructura que presentan tres zonas distintas, consiste en una red interdendrítica con algunos precipitados de carburos en el límite de grano en una matriz de austenita. Ver fotomicrografías 1 – 4.



Fotomicrografías 1 -2. Zona 1: 200 y 500X, respectivamente

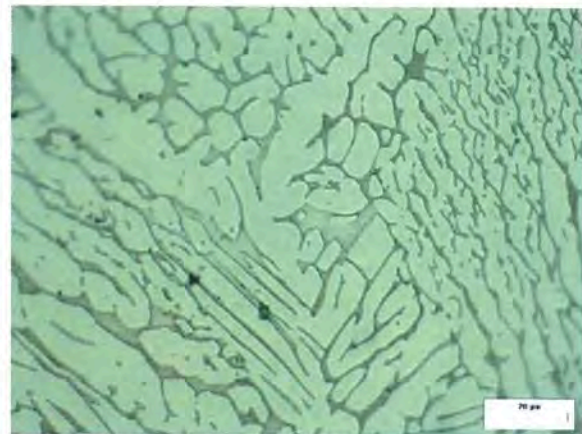
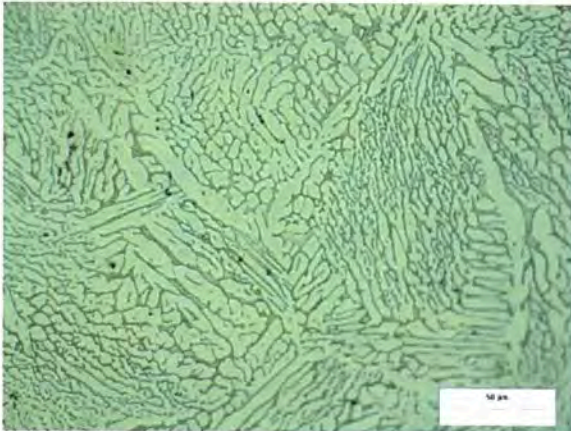


Fotomicrografías 3 -4. Zona 1: 200 y 500X, respectivamente

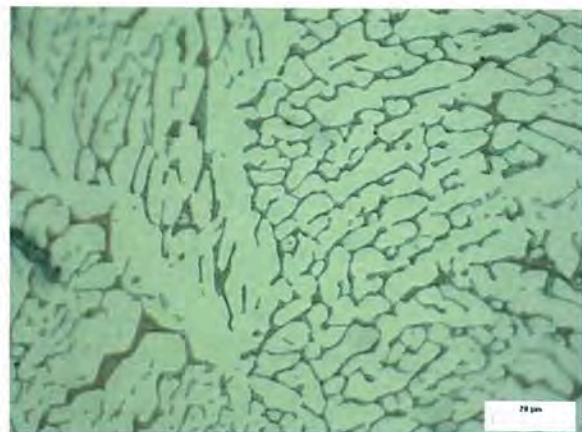
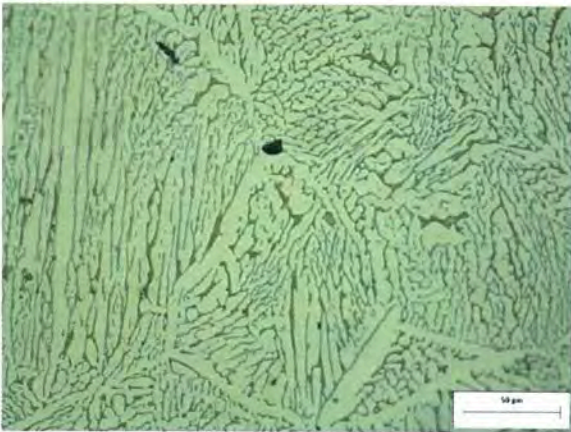


PIEZA VACIADA BONETE (16ME288)

Las fotomicrografías muestran una red interdendrítica con pequeños trazos de límite de grano en una matriz de austenita. Ver fotomicrografías 5 -8.



Fotomicrografías 5 -6. Zona 1: 200 y 500X, respectivamente



Fotomicrografías 7 -8. Zona 1: 200 y 500X, respectivamente



- ENSAYO DE PRUEBAS MECÁNICAS

ENSAYO DE DUREZA: ASTM E18/12

Se realizó un total seis indentaciones sobre el espesor de la muestra 16ME288, aplicando una carga de 100 kgf, con penetrador de 1,5875° de diámetro en escala Rockwell B. Los valores obtenidos se muestran en la siguiente tabla.

IDENTIFICACIÓN	LECTURAS HRB	PROMEDIO HRB
16ME288	71,64	71,08
	72,18	
	71,18	
	69,33	
	72,18	
	70,02	

ENSAYO DE TENSIÓN: ASTM E8/03

Se realizó ensayo de tensión para las dos muestras (16ME287, 16ME288). Los valores obtenidos se muestran en la siguiente tabla.

Identificación	Diámetro, mm	Longitud, mm	Área, mm ²	Carga Máxima, kg	Carga al 0.2% de def, kg	Esfuerzo Máx, Mpa	Esfuerzo de Cedencia, Mpa	% de Alargamiento
16ME287	6,20	25,4	31,00	1798	803,9	686	362	27
16ME288	6,21	25,4	31,20	1692	740,46	651	341	32

Nota: Los resultados emitidos en este informe solo corresponden a las muestras ensayadas proporcionados por el Cliente.



**FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE COAHUILA**

SERVICIO DE ANÁLISIS:

***ESTUDIO DE EVALUACIÓN DE DESGASTE A PIEZAS METÁLICAS DE ACERO
316L***

23 de octubre de 2016

Atención,
M.C. Horacio Villarreal
Fundición de Aleaciones Especiales de México S.A. de C.V.



Presenta,
Dra. Ana Claudia Lara Ceniceros
Facultad de Ciencias Químicas



CONTENIDO

1. ANTECEDENTES	1
2. RESULTADOS	2
2.1 Prueba de desgaste	2
2.2 Evaluación Microestructural	5
2.3 Análisis Macroestructural	7
2.4 Microscopía de Barrido	7
2.4.1 Evaluación macroestructural en superficie externa	7
2.4.2 Evaluación Microestructural en superficie transversal de la muestra	9
3. CONCLUSIONES	10
Anexo 1	12
Anexo 2	19
Anexo 3	26



1. ANTECEDENTES

Se solicita por parte de la empresa **FUNDICIÓN DE ALEACIONES ESPECIALES DE MÉXICO, S.A DE C.V.**, a través del Ing. Horacio Villarreal, realizar una evaluación de un material con tres cupones metálicos de acero 316L inoxidable. Ver Fotografía No. 1.1 y 1.2. La identificación de la pieza se aprecia en la tabla No.1.

Tabla 1. Identificación de muestras

REGISTRO LABORATORIO FACULTAD	IDENTIFICACIÓN CLIENTE	FOTOGRAFÍA
16ME430	Pieza 1 Inox.316	1.1 , 1.2
16ME431	Pieza 2 Inox.316	
16ME432	Pieza 3 Inox.316	



Fotografía 1.1. Aspecto general de las muestras para su evaluación.



Fotografía 1.2 Aspecto general de las muestras para el ensayo de desgaste

2. RESULTADOS

2.1 Prueba de desgaste

Se llevaron a cabo las pruebas de desgaste sobre un acero 316L en un tribómetro Anton Paar modelo TBR, el cual se muestra en la figura 2.1 con sus componentes principales identificados. Dichas pruebas se realizaron en seco, en modo “Ball-on-Disk” utilizando una carga de 8 N y una velocidad lineal constante de 12.57 cm/s figura 2.2. Con estas condiciones, una bola de acero 100 Cr con un radio de 3 mm se hizo pasar 200 veces por el mismo punto (200 vueltas) a un radio de longitud del brazo de prueba de 3 mm. El tamaño de las muestras para este ensayo fue de 1 ½” de diámetro en la cara y 0.5 pulgadas de espesor. Tanto la carga como el número de vueltas se seleccionaron sobre la base de experiencias previas y después de una serie de pruebas preliminares.

El comportamiento del coeficiente de fricción con respecto al desplazamiento de la bola (especificado como el número de vueltas) sobre la superficie de la muestra, se obtuvo mediante el software “Tribometer Software” del mismo equipo. Una vez concluida la



prueba, las huellas de desgaste en cada muestra se analizaron por microscopía electrónica de barrido, utilizando un microscopio TESCAN MIRA3; adicional a ello las muestras se analizaron por microscopía óptica con un objetivo de magnificación 50X.

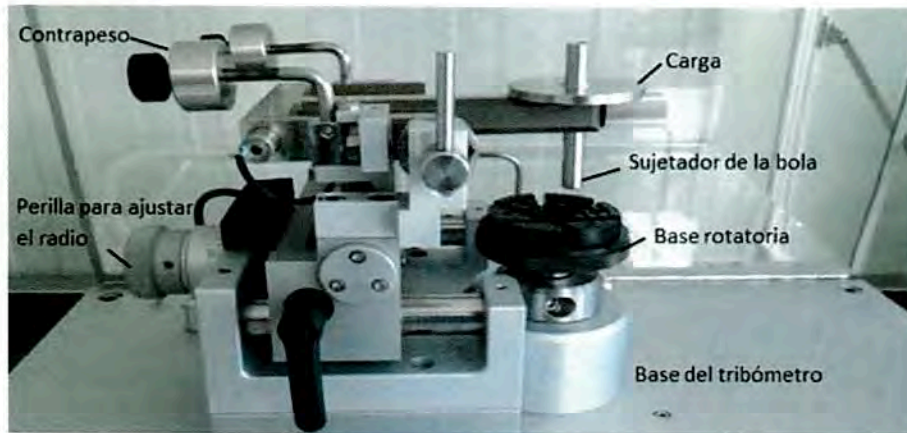


Figura 2.1 Imagen del tribómetro empleado para la prueba.

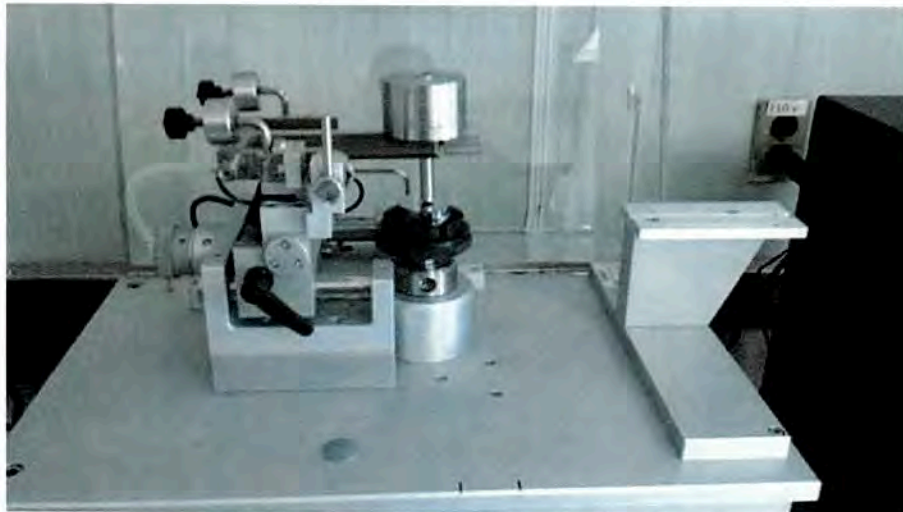


Figura 2.2. Aspecto general de las muestras para el ensaye de desgaste



Huellas de desgaste

En la tabla 2 se muestran los resultados obtenidos por microscopía óptica después de aplicada la prueba de desgaste, utilizando un radio de desgaste de 3mm, en donde se observa un círculo desgastado generado por el contacto entre la bola de acero y la superficie de la probeta, se realizaron 5 mediciones en cada muestra obteniéndose un promedio de lecturas como se muestra en la tabla 3, para el cálculo de volumen perdido reportado, se realizó en referencia la normal ASTM G99.

Tabla 2. Aspecto de la muestra sometida a una prueba de desgaste.

Aumentos	50X
16ME430	
16ME431	
16ME432	



Tabla 3. Resumen de resultados de dimensiones de la huella y estimación de volumen perdido.

Muestra	Ancho de la huella (mm)	Volumen perdido (mm ³)
16ME430	0.7253	0.1998
16ME431	0.9579	0.4603
16ME432	0.9713	0.4798

2.2 Evaluación Microestructural

La evaluación microestructural fue realizado con un microscopio óptico de platina invertida, utilizando objetivos de 100x y 200x para la toma de imágenes, los resultados se muestran a continuación:

PIEZA 16ME 430

En las figuras 2.3 y 2.4 se muestra imágenes obtenidas a 100X y 200X respectivamente. La Microestructura muestra una red de ferrita y partículas de carburos de cromo, en una matriz de austenita.

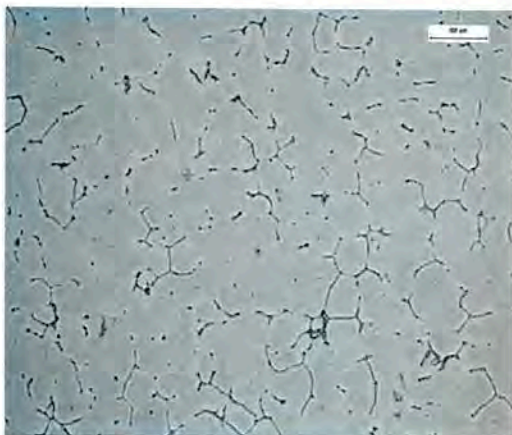


Figura 2.3. Micrografía Red de Ferrita en matriz de austenita.100x

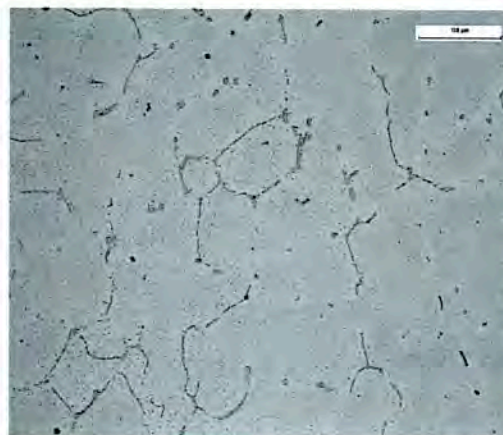


Figura 2.4. Micrografía Red de Ferrita en matriz de austenita. 200x



PIEZA 16ME431

En la figuras 2.5 y 2.6 se muestra imágenes obtenidas a 100X y 200X respectivamente. Su microestructura muestra una red de ferrita y partículas de carburos de cromo, en una matriz de austenita.

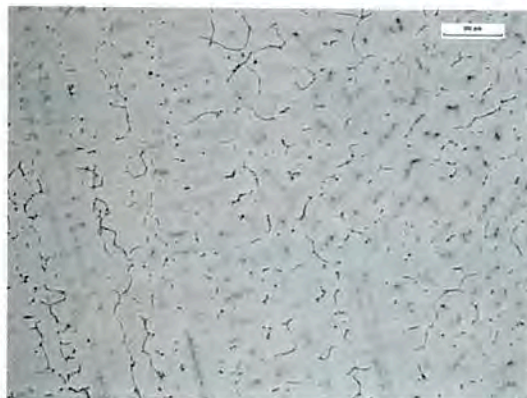


Figura 2.5 Micrografía Red de Ferrita en matriz de austenita.100x

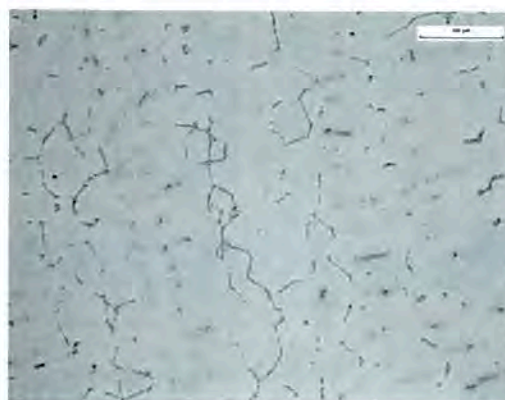


Figura 2.6 Micrografía Red de Ferrita en matriz de austenita. 200x

PIEZA 16ME432

En las figuras 2.7 y 2.8 se muestra imágenes obtenidas a 100X y 200X respectivamente. La evaluación microestructural, revela una red de ferrita y partículas de carburos de cromo, en una matriz de austenita.

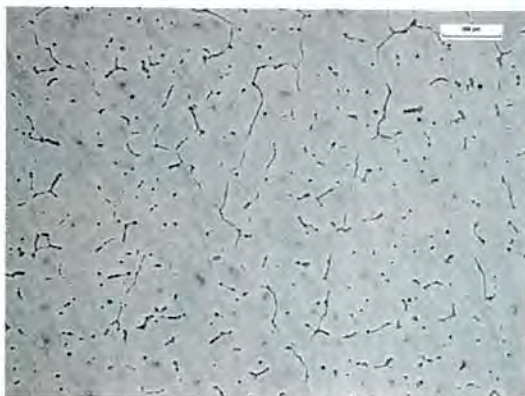


Figura 2.7 Micrografía Red de Ferrita en matriz de austenita.100x

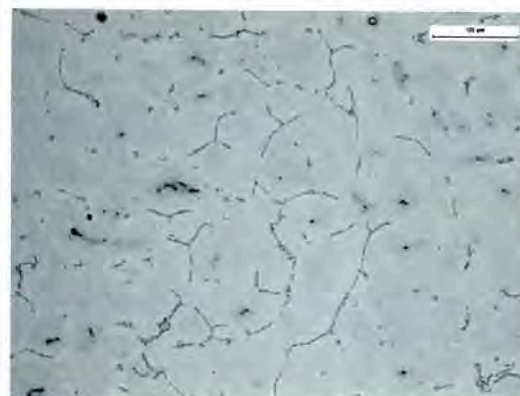


Figura 2.8. Micrografía Red de Ferrita en matriz de austenita. 200x



2.3 Análisis Macroestructural

La evaluación macroestructural fue realizado con un estereoscopio óptico marca Nikon utilizando los objetivos de 0,67x para la toma de imágenes, los resultados se muestran a continuación.

En la figura 2.9, se muestran la evaluación macro estructural de los tres cupones. Se revela la apariencia de la superficie después de la prueba de desgaste, se aprecia que la circunferencia generada no es completamente lisa sino presenta zonas que sugieren acumulación de material o arranque no homogéneo de este, presentando un patrón similar en las tres pruebas.

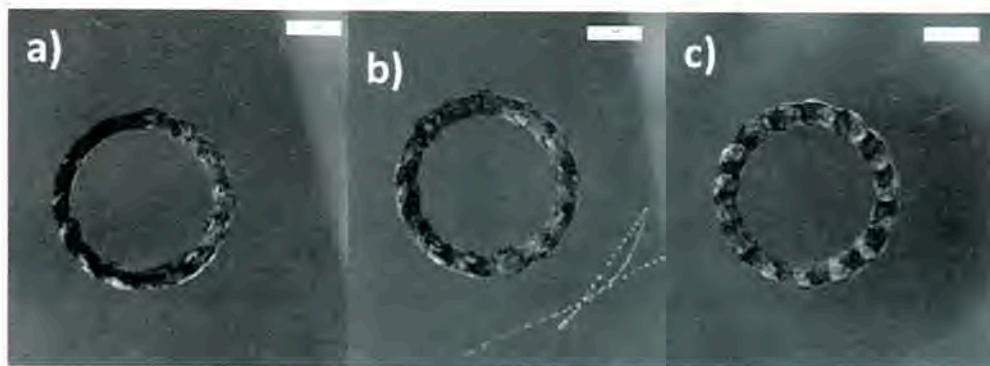


Figura 2.9 Aspecto de prueba de Desgaste 0,67x, de las pruebas 1, 2 y 3. a, b y c respectivamente

2.4 Microscopía de Barrido

2.4.1 Evaluación macroestructural en superficie externa

Para la evaluación de la zona de desgaste, fue realizado mediante la técnica de Microscopía Electrónica de Barrido a diferentes aumentos, utilizando la técnica de electrones



secundarios y electrones retrodispersados, los resultados se muestran en las siguientes fotografías.

A continuación se muestran los resultados obtenidos en la muestra 1, la evaluación macro estructural, revela la apariencia de la superficie después de la prueba de desgaste. En la figura 2.10 se muestra que el desgaste es no homogéneo al presentar zonas como pequeños nudos. Al magnificar la imagen a 100 X se observa zona donde el material es embarrado en las orillas presentando una coloración oscura típico en procesos de oxidación por calentamiento y al centro se observan canales de desprendimiento de material lo cual sugiere que las partículas desprendidas actúan de forma abrasiva formando surcos en él, ver Figura 2.11. En la Figura 2.12 se muestra la magnificación a 1000X esta sugiere que el mecanismo que evidencia el material es una combinación entre deformación plástica y micro abrasión en mayor medida.

Cabe hacer mención que el mismo comportamiento se presenta en los otros cupones analizados, las imágenes obtenidas se muestran en el Anexo I.



Figura 2.10 Micrografía Superficie 20X. SE

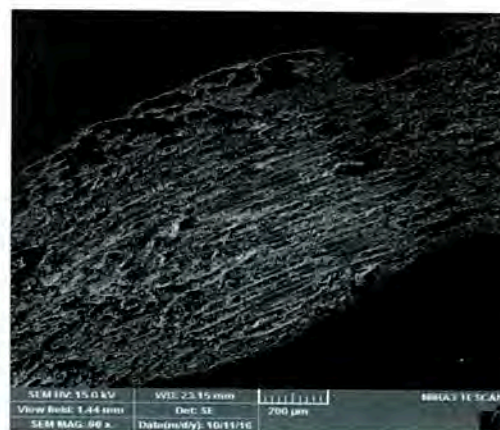


Figura 2.11 Micrografía Superficie 100X. SE

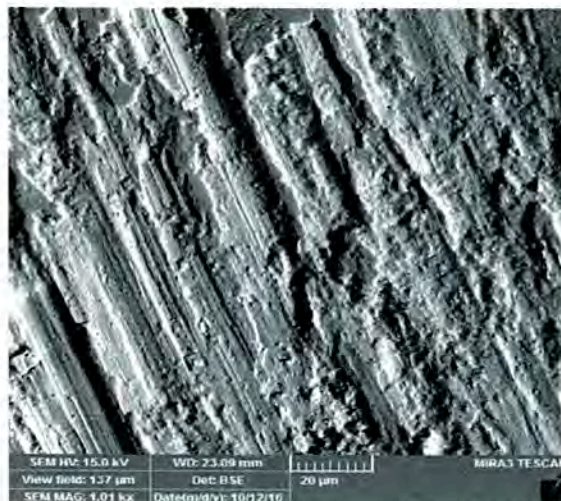


Figura 2.12 Micrografía Superficie 1000 X. SE

2.4.2 Evaluación Microestructural en superficie transversal de la muestra

Para la evaluación de la zona de desgaste, fue realizado mediante la técnica de Microscopia Electrónica de Barrido a diferentes aumentos, utilizando la técnica de electrones secundarios y electrones retro dispersados, los resultados se muestran en las siguientes fotografías.

En la Figura 2.13 se muestra la imagen obtenida a 113X de la muestra 16ME430 / prueba 1, se observa que la longitud transversal de la zona de desgaste es del orden de 531 micras. En la Figura 2.14 se muestra un acercamiento de la superficie a 5090X, se observa la zona desgastada sin embargo no se observa alguna línea de flujo del material. Es importante mencionar el mismo comportamiento se presentó en los otros cupones, las imágenes obtenidas y evaluaciones se muestran en el Anexo II. Sin embargo el volumen de desgaste presentado en el material fue el doble en las muestras 2 y 3, esto se puede atribuir a factores como desprendimiento de material, presencia de poros etc. Lo cual se ilustra en la Figura 2.15.



Figura 2.13 Micrografía Superficie 113X. SE

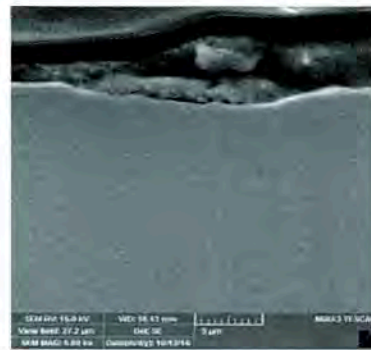


Figura 2.14 Micrografía Superficie 5090X. SE



Figura 2.15 Micrografía Superficie 60X. SE

3. CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados de las evaluaciones realizadas a las 3 piezas metálicas identificadas como acero inoxidable 316L, se determina lo siguiente:

- ❖ En base a su evaluación microestructural, este nos evidencio que las piezas metálicas no corresponde a un acero inoxidable 316L, este se asemeja a un acero vaciado inoxidable CF8M, de acuerdo al perfil microestructural que presento.



- ❖ En cuanto a la evaluación de macroestructural mediante un estereoscopio óptico, se muestra que el desgaste en la muestra no es 100% homogéneo presentado zonas de embarre en las orillas y al centro desgarré del material.
- ❖ El estudio realizado en el MEB sugiere que las orillas presentan deformación plástica y el resto del material presenta evidencia de micro abrasión en mayor medida, siendo estos los mecanismos de desgaste.
- ❖ Las tres muestras evidencian el mismo mecanismo de desgaste, siendo el valor promedio de ancho de la huella 0.9646 mm y el volumen perdido de 0.47mm³.

Nota: Los resultados emitidos en este informe solo corresponden a las muestras ensayadas proporcionados por el Cliente.



Anexo 1
MEB vista superior



PIEZA 16ME430

La evaluación macro estructural, revela la apariencia de la superficie después de la prueba de desgaste, observándose en todas las imágenes arrastre y/o desprendimiento de material. Ver figuras de la No.1 a 7.

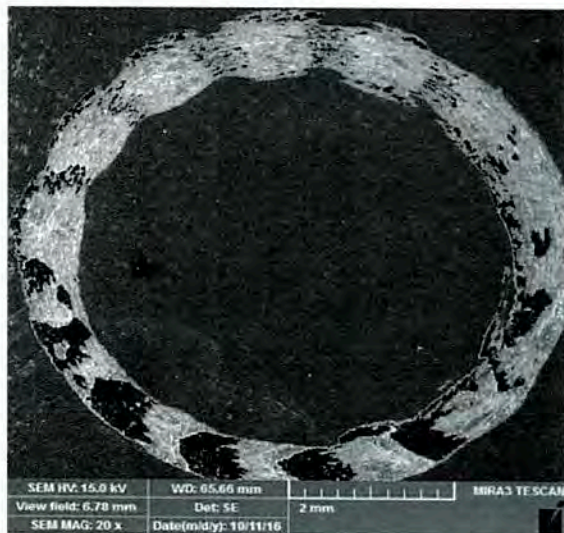


Figura 1. Micrografía Superficie 20X. SE

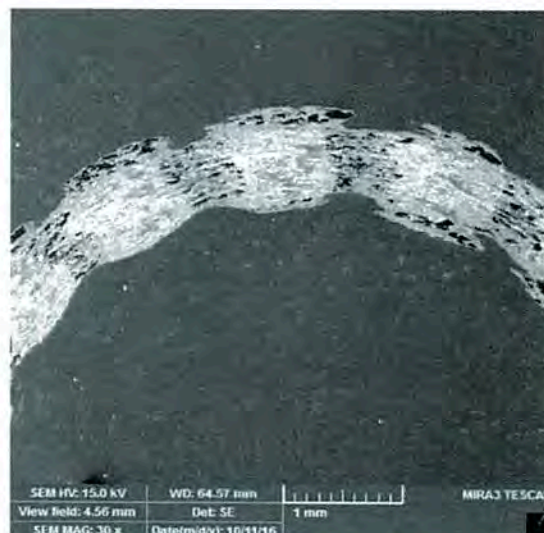


Figura 2. Micrografía Superficie 30X. SE

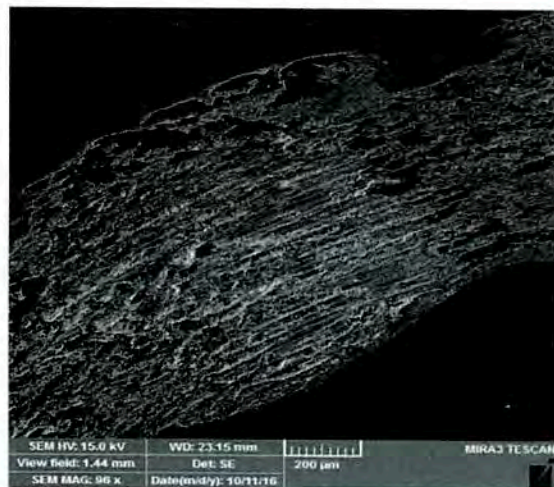


Figura 3. Micrografía Superficie 100X. SE

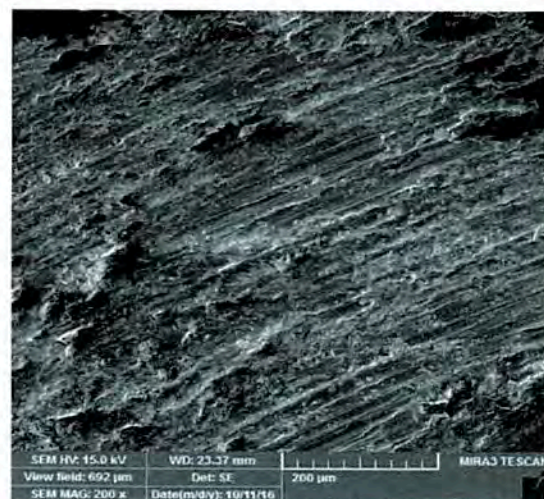


Figura 4. Micrografía Superficie 200X. SE

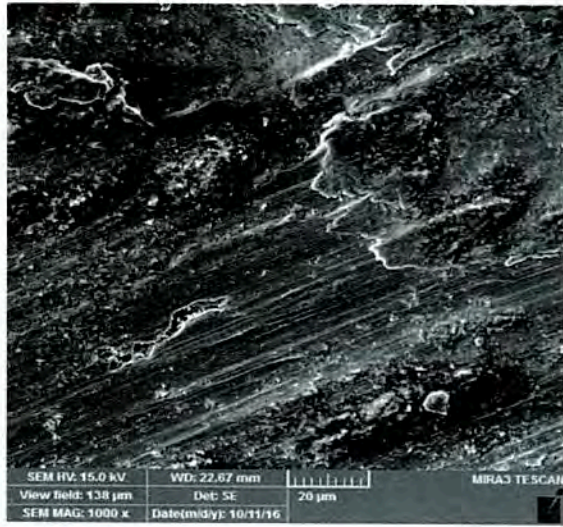


Figura 5. Micrografía Superficie 1.0 KX. SE

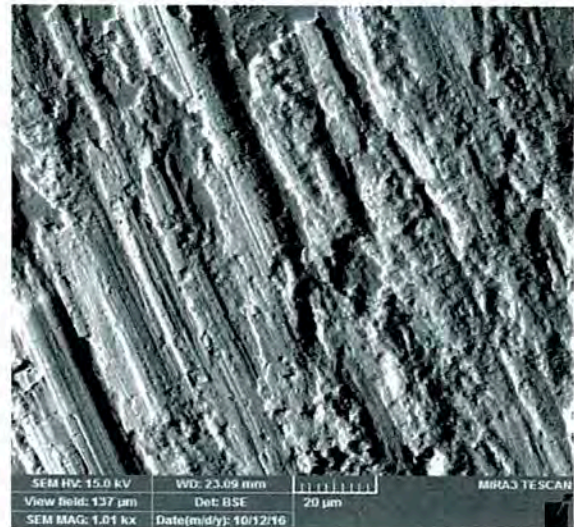


Figura 6. Micrografía Superficie 1.0 KX BSE

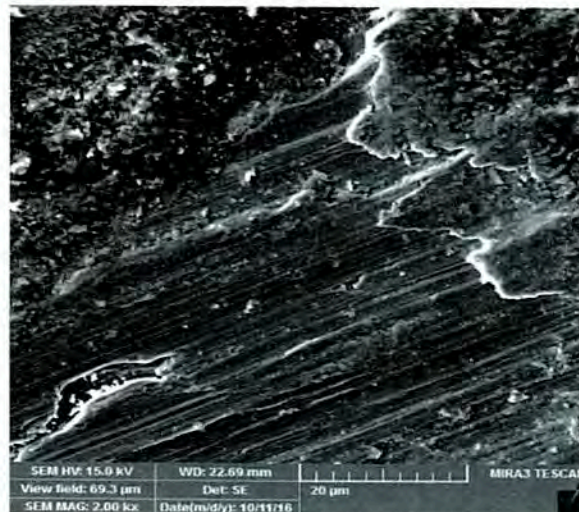


Figura 7. Micrografía Superficie 113X. SE



PIEZA 16ME431

La evaluación macro estructural, revela la apariencia de la superficie después de la prueba de desgaste, observándose en todas las imágenes arrastre y/o desprendimiento de material. Ver figuras de la No.8 a 14.

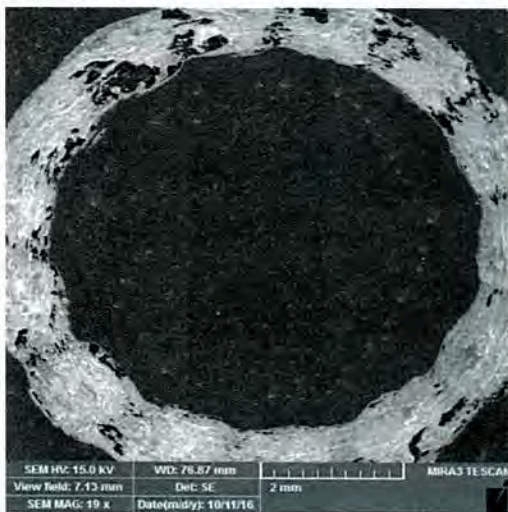


Figura 8. Micrografía Superficie 19X. SE

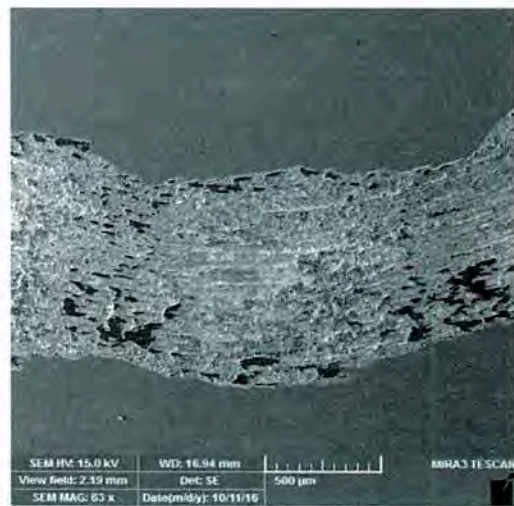


Figura 9. Micrografía Superficie 63X. SE

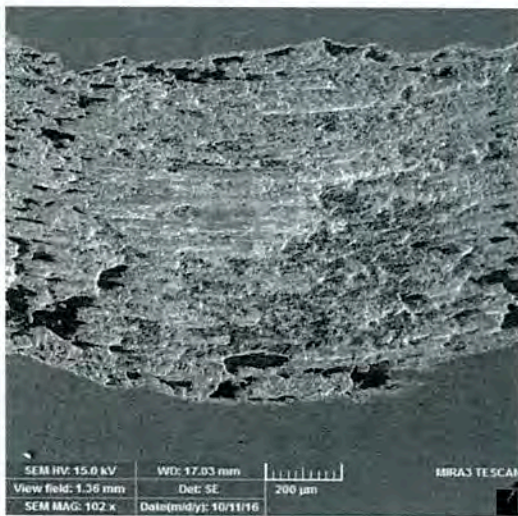


Figura 10. Micrografía Superficie 102X. SE

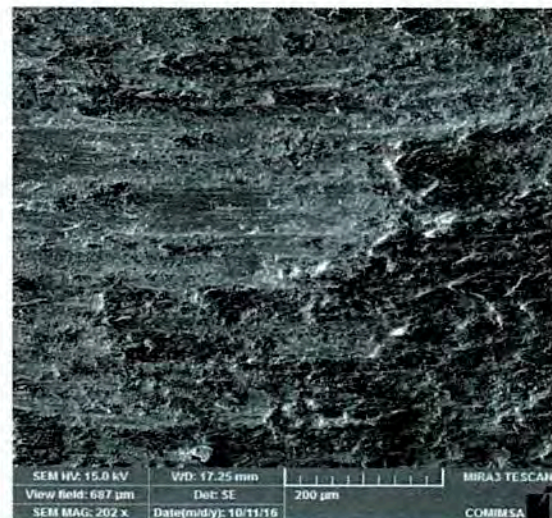


Figura 11. Micrografía Superficie 202X. SE

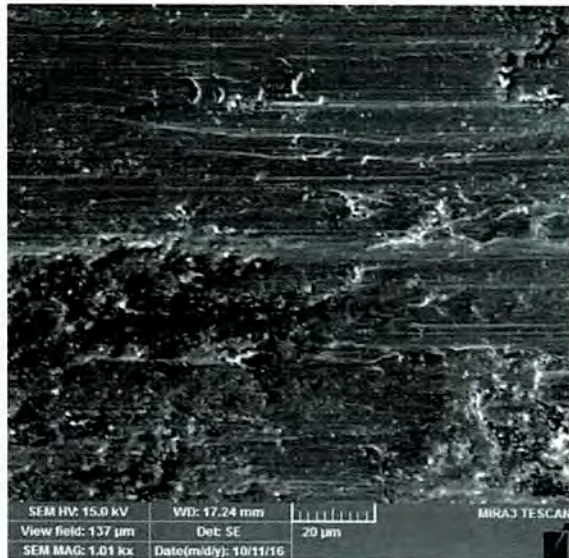


Figura 12. Micrografía Superficie 1.01KX. SE

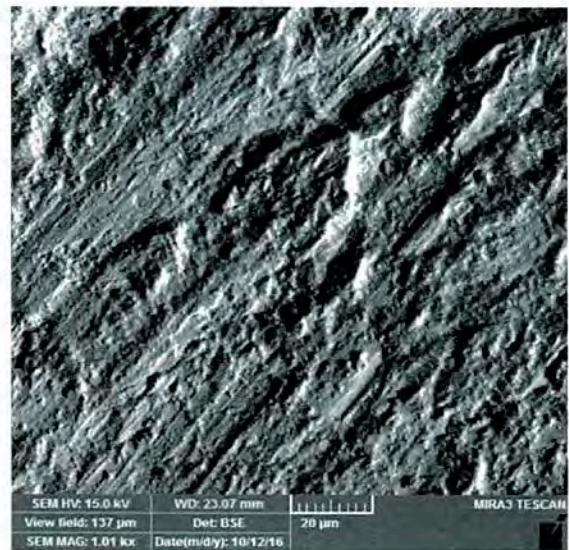


Figura 13. Superficie Micrografía 1.01KX. BSE



Figura 14. Micrografía Superficie 2.01 KX. SE



PIEZA 16ME432

La evaluación macro estructural, revela la apariencia de la superficie después de la prueba de desgaste, observándose en todas las imágenes arrastre y/o desprendimiento de material. Ver fotografía No.15 a 21.

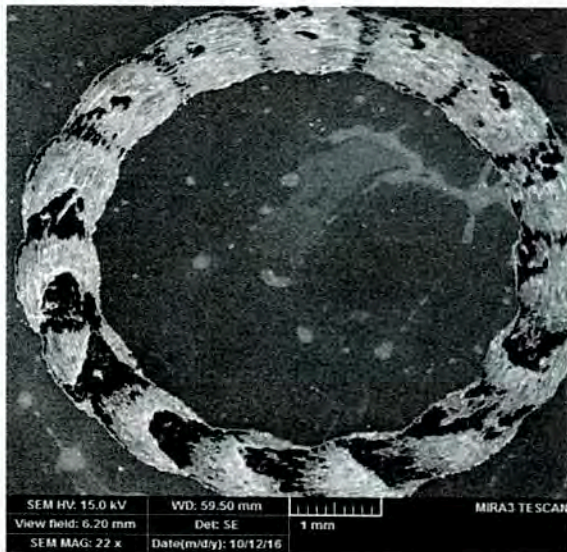


Figura 15. . Micrografía Superficie 22X. SE



Figura 16. Micrografía Superficie 50X. SE

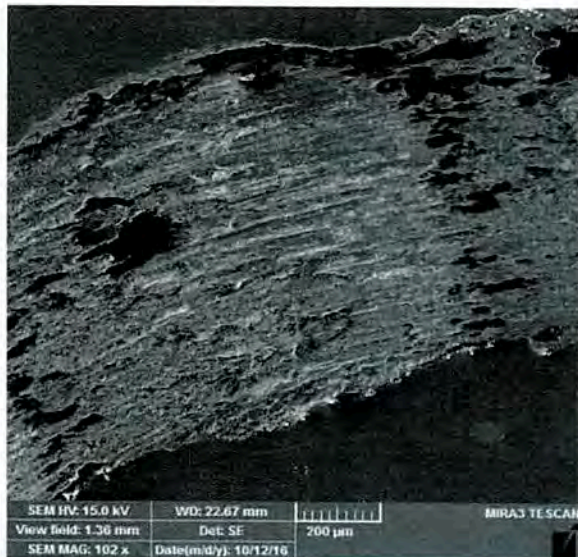


Figura 17. Micrografía Superficie 102X. SE

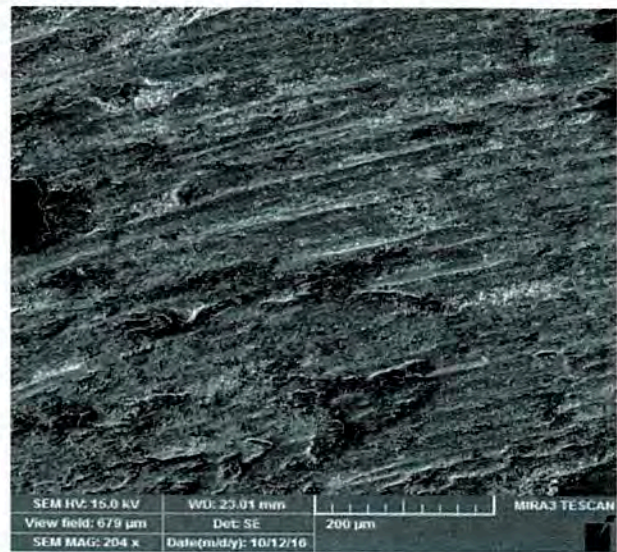


Figura 18. Micrografía Superficie 204X. SE

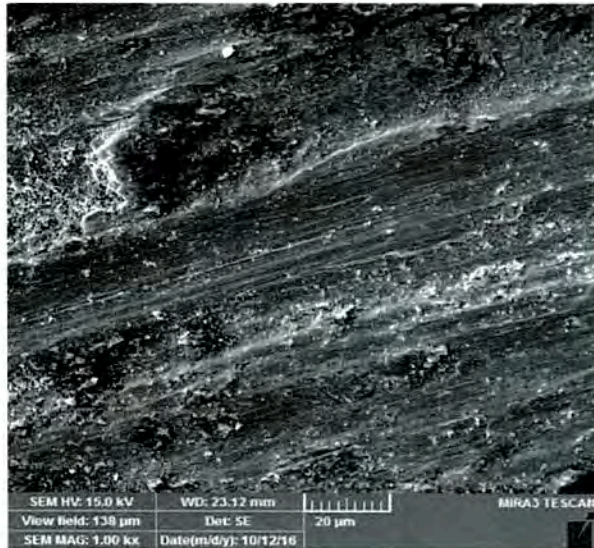


Figura 19. Micrografía Superficie 1.0KX. SE

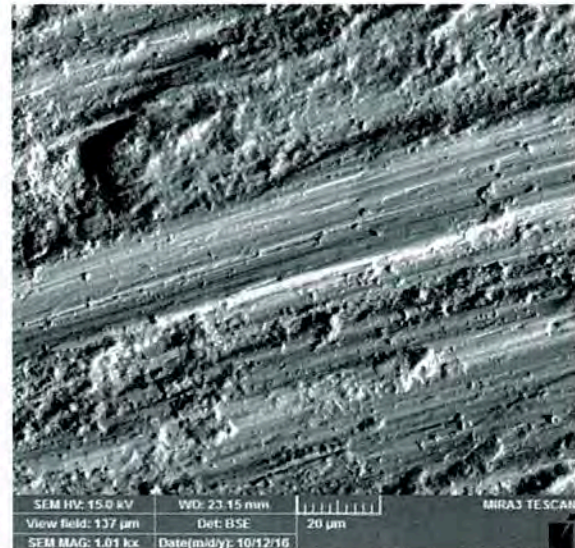


Figura 20. Micrografía Superficie 1.0KX.
BSE

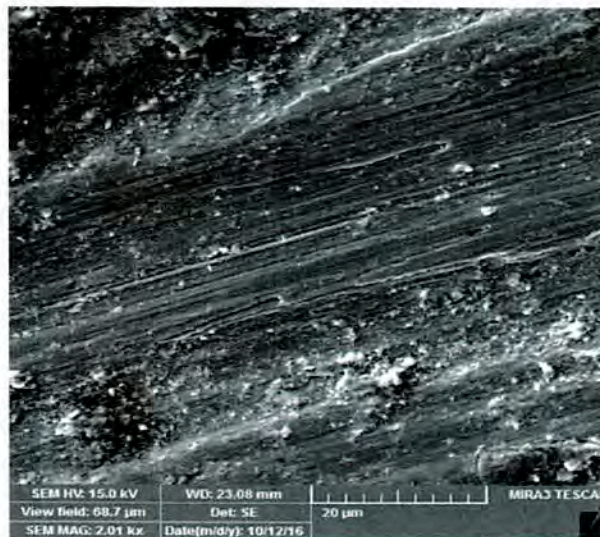


Figura 21. Micrografía Superficie 2.01X. SE



Anexo 2
MEB vista transversal



PIEZA 16ME430

La evaluación micro estructural, revela la apariencia de la superficie interna un mínimo desgaste, después de la prueba de fricción, observándose una pequeña protuberancia por el ensayo. Ver figuras No.22 a 30.

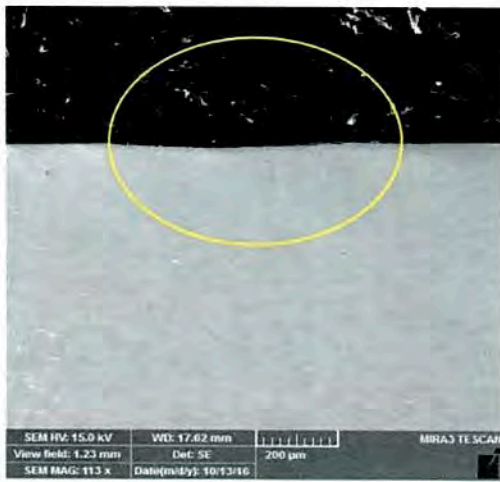


Figura 22. Micrografía Superficie 113X. SE



Figura 23. Micrografía Superficie 113X. SE

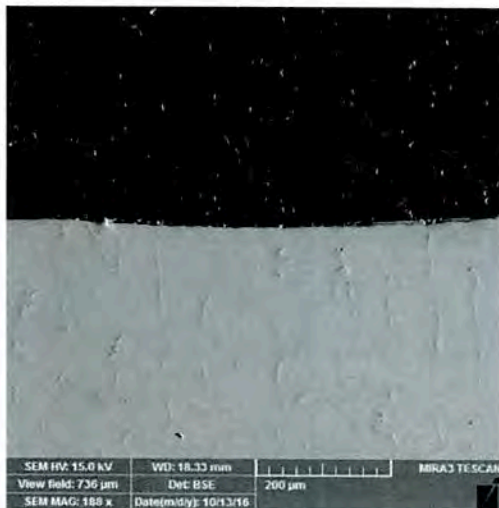


Figura 24. Micrografía Superficie 188X. BSE

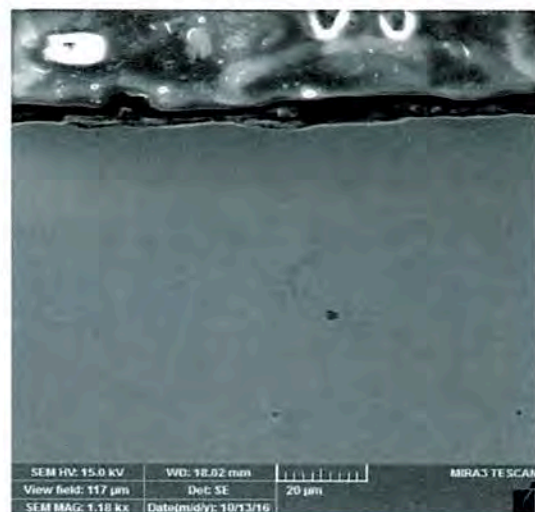


Figura 25. Micrografía Superficie 1.18KX. SE



Figura 25. Micrografía Superficie 1.17KX.
BSE

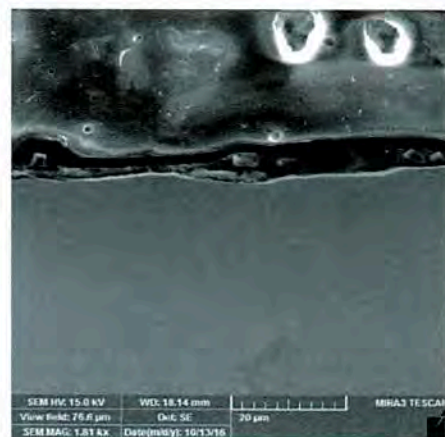


Figura 27. Micrografía Superficie 1.81KX.
SE



Figura 28. Micrografía Superficie 181KX.
BSE

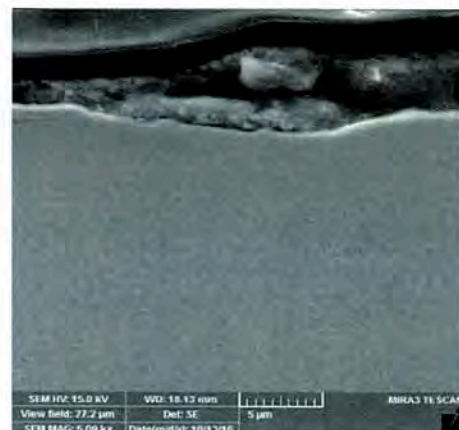


Figura 29. Micrografía Superficie 5.09KX.
SE

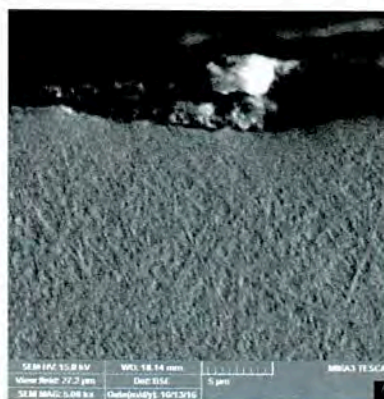


Figura 30. Micrografía Superficie 5.08 KX. BSE



PIEZA 16ME431

La evaluación micro estructural, revela la apariencia de la superficie interna un mínimo desgaste, después de la prueba de fricción, observándose una pequeña protuberancia por el ensayo. Ver figuras No.31 a 39.



Figura 31. Micrografía Superficie 60X. SE



Figura 32. Micrografía Superficie 60X. SE

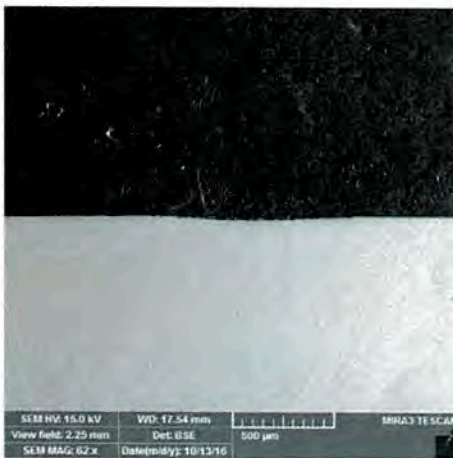


Figura 33. Micrografía Superficie 62X. BSE

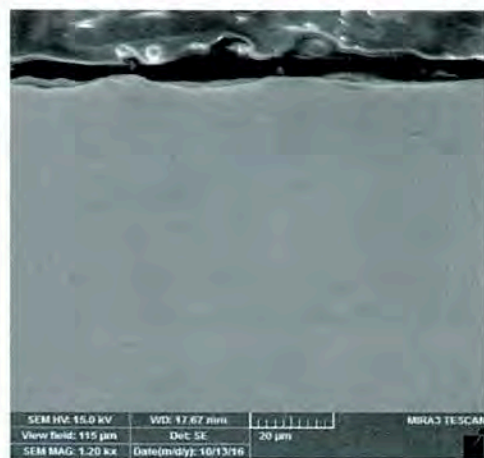


Figura 34. Micrografía Superficie 1.20KX. SE

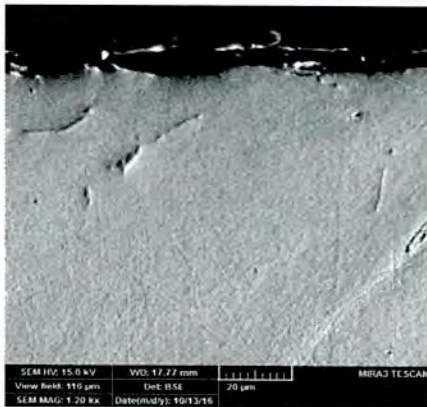


Figura 35. Micrografía Superficie 1.20KX.
BSE

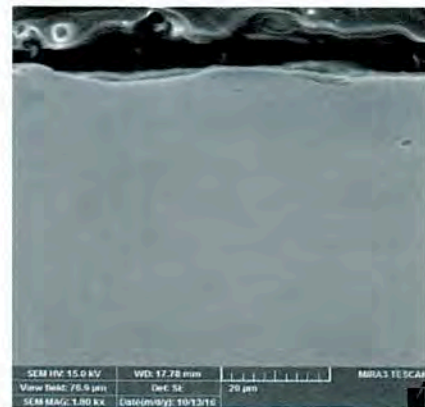


Figura 36. Micrografía Superficie 1.80kX. SE

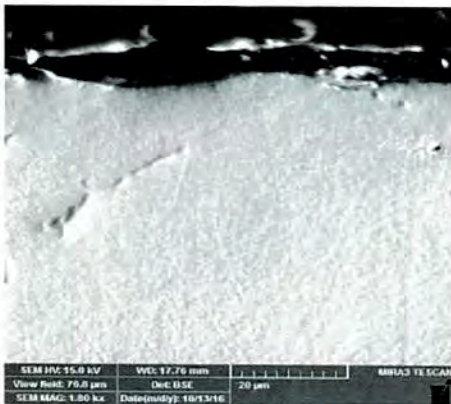


Figura 37. Micrografía Superficie 1.80KX.
BSE

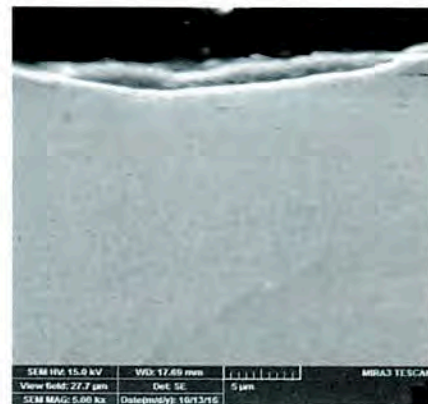


Figura 38. Micrografía Superficie 5.00 KX.
SE

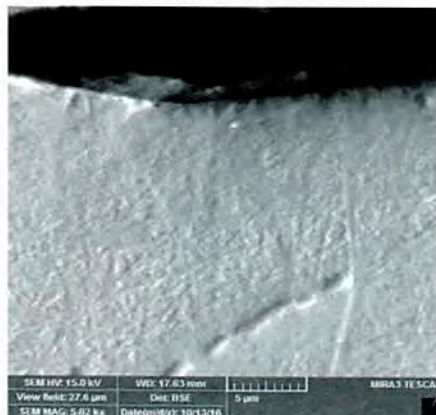


Figura 39. Micrografía Superficie 1,17Kx. BSE



PIEZA 16ME432

La evaluación micro estructural, revela la apariencia de la superficie interna un mínimo desgaste, después de la prueba de fricción, observándose una pequeña protuberancia por el ensayo. Ver figuras No.40 a 48.

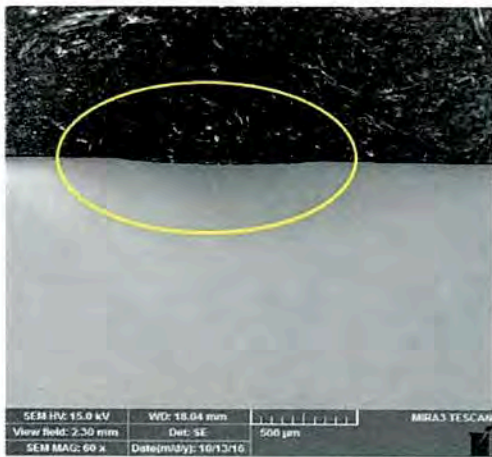


Figura 40. Micrografía Superficie 60X. SE

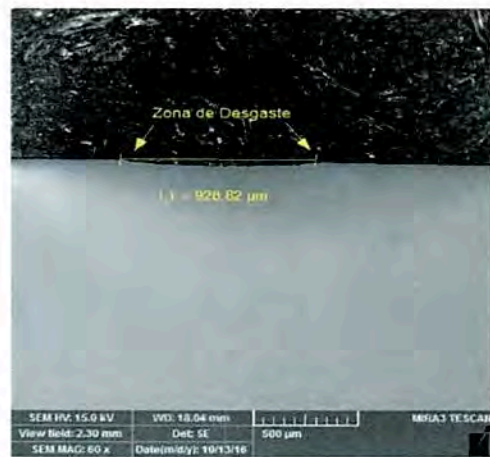


Figura 41. Micrografía Superficie 60X. SE



Figura 42. Micrografía Superficie 1.17Kx.
BSE

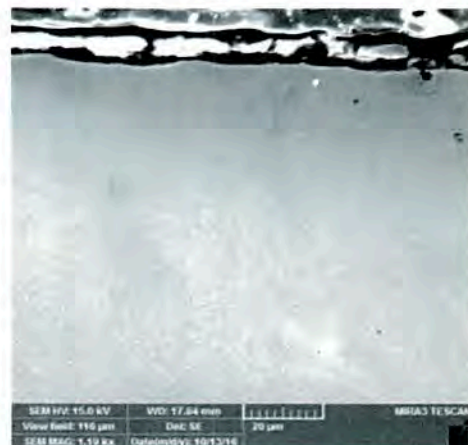


Figura 43. Micrografía Superficie 1.19X. SE

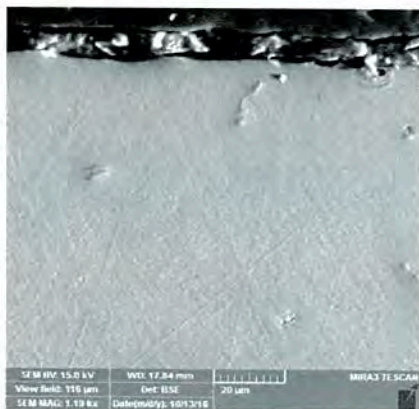


Figura 44. Micrografía Superficie 1.19KX.
BSE

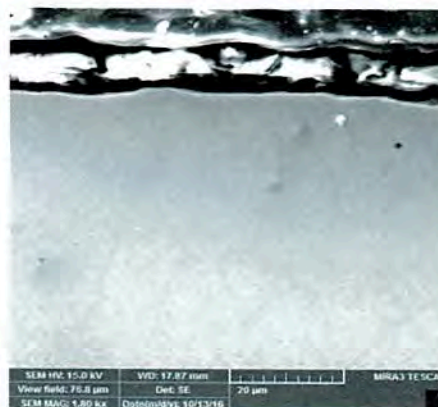


Figura 45. Micrografía Superficie 1.80KX.
SE



Figura 46. Micrografía Superficie 1.80KX.
BSE

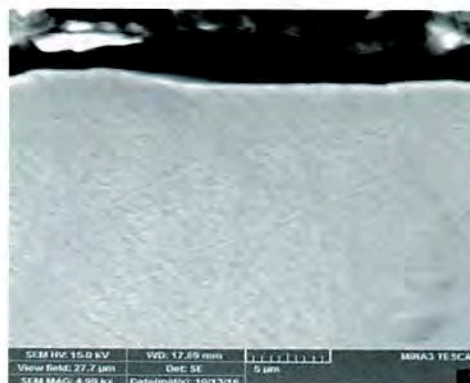


Figura 47. Micrografía Superficie 4.99KX.
SE

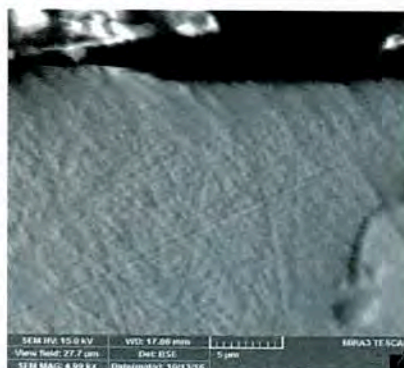


Figura 48. Micrografía Superficie 4.99KX. BSE



Anexo 3

Coefficiente de Fricción Vs Ciclos

LABORATORIO DE CORROSIÓN Y ANÁLISIS DE FALLAS
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE COAHUILA

16 ME 430

Group1

16 ME 430

Tribo parameters

Tribometer : Standard tribometer

- serial : 0000-0000-0000-0000

Sequencer information

- pause : 0 [s]
- Load Unload : False
- homing : False
- Nb sequence : 1

Static partner

- Substrate : 100-Cr
- Supplier : IBS
- Dimension : 6.00 [mm]
- Geometry : Ball

Acquisition

- Radius : 3.00 [mm]
- Lin. Speed : 12.57 [cm/s]
- Normal load : 8.00 [N]
- Stop condit. : 200.00 [m]
- Effective Stop : Meters
- Acquisition rate : 3.0 [hz]
- Cycles sampled : 1/1 [cycles]

Environment

- Temperature : 25.00 [°C]
- Atmosphere : Air
- Humidity : 25.00 [%]

Sample

- Coating : 16 ME 430

Lubricant :

- Volume : 50000000.00 [ml]
- Version:
- Tribometer / Version 6.1.18
- Date : 9/15/2016 10:44:03 AM

Sample

Worn track section : 0.0 μm^2
Young's modulus : 0.0 gpa
Poisson ratio : 0.000

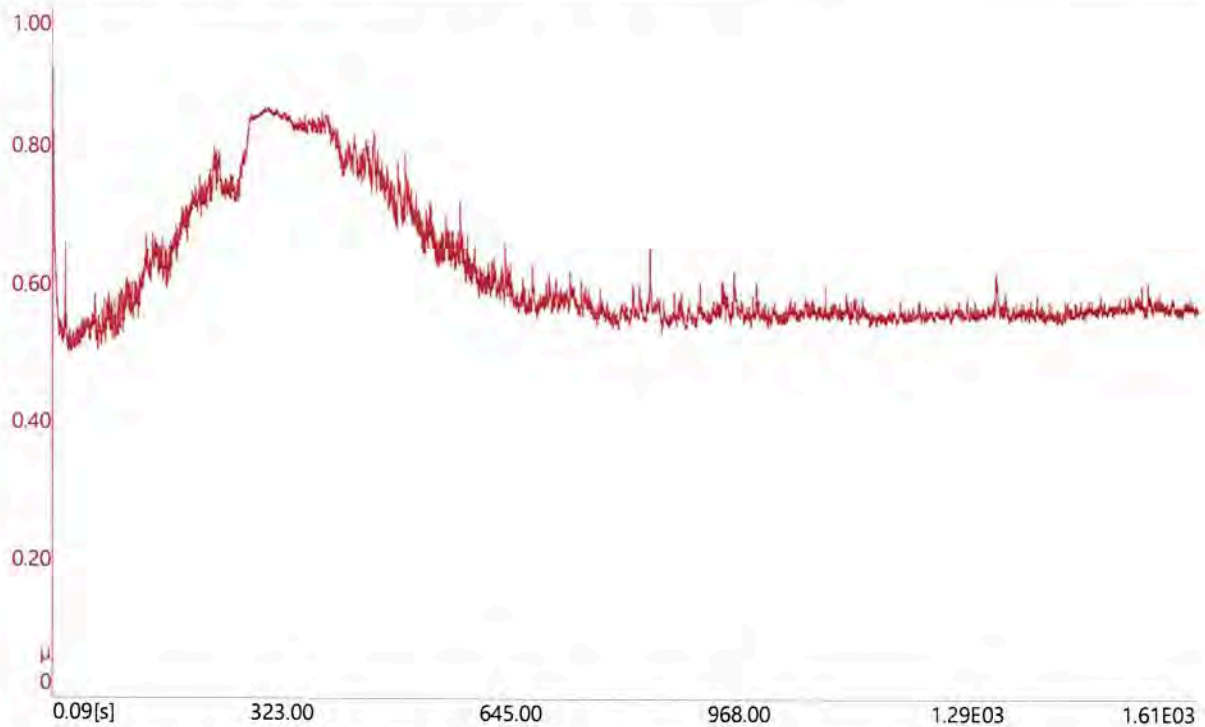
Static partner

Worn cap diameter : 0.0 μm
Young's modulus : 0.0 gpa
Poisson ratio : 0.000

Calculations

Sample wear rate : 0 mm³/n/m
Partner wear rate : 0 mm³/n/m
Max Hertzian stress : 0 gpa

Start : 0.035 min : 0.035 max : 0.906 mean : 0.608 std. dev. : 0.091



Summary

Group1	1
16 GDT 0541	1
Tribo parameters	1
Summary	2

LABORATORIO DE CORROSIÓN Y ANÁLISIS DE FALLAS
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE COAHUILA

16 ME 431

Group1

16 ME 431

Tribo parameters

- Tribometer : Standard tribometer

- serial : 0000-0000-0000-0000

Sequencer information

- pause : 0 [s]
- Load Unload : False
- homing : False
- Nb sequence : 1

Static partner

- Substrate : 100-Cr
- Supplier : IBS
- Dimension : 6.00 [mm]
- Geometry : Ball

Acquisition

- Radius : 3.00 [mm]
- Lin. Speed : 12.57 [cm/s]
- Normal load : 8.00 [N]
- Stop condit. : 200.00 [m]
- Effective Stop : Meters
- Acquisition rate : 3.0 [hz]
- Cycles sampled : 1/1 [cycles]

Environment

- Temperature : 25.00 [°C]
- Atmosphere : Air
- Humidity : 25.00 [%]

Sample

- Coating : 16 ME 431

Lubricant :

- Volume : 50000000.00 [ml]
- Version:
- Tribometer / Version 6.1.18
- Date : 9/15/2016 10:05:57 AM

Sample

Worn track section : 0.0 μm^2
Young's modulus : 0.0 gpa
Poisson ratio : 0.000

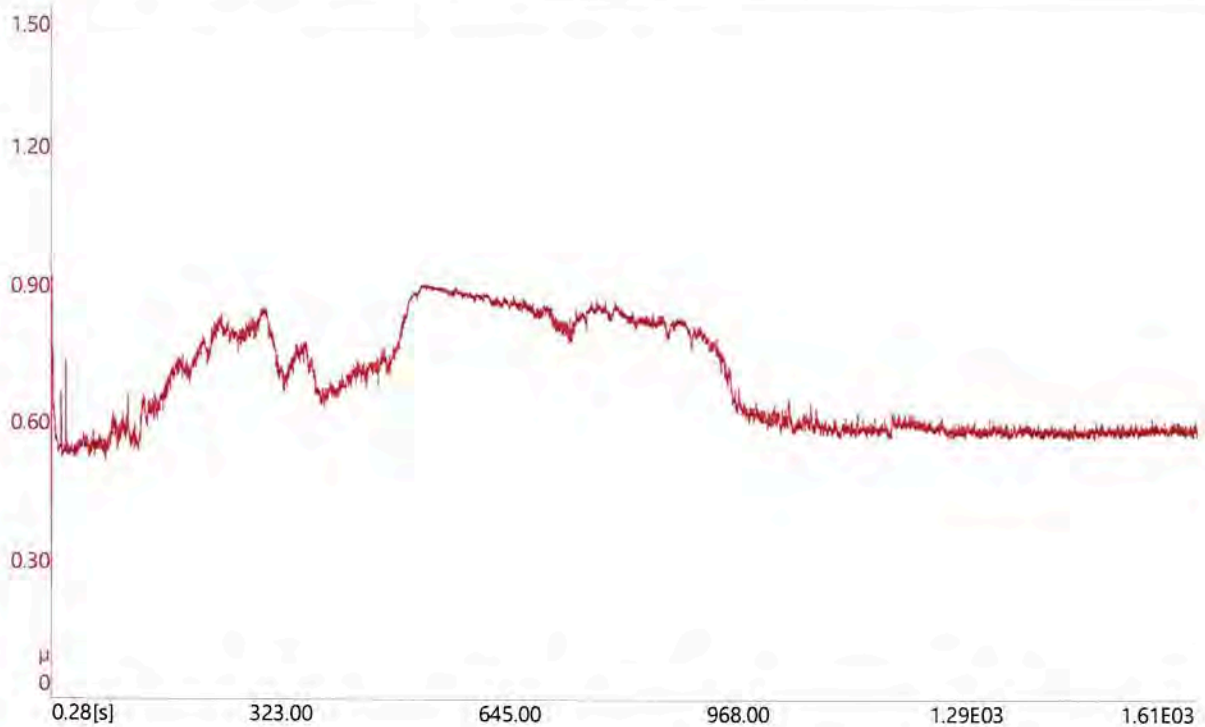
Static partner

Worn cap diameter : 0.0 μm
Young's modulus : 0.0 gpa
Poisson ratio : 0.000

Calculations

Sample wear rate : 0 mm³/n/m
Partner wear rate : 0 mm³/n/m
Max Herzian stress : 0 gpa

Start : 0.249 min : 0.249 max : 0.918 mean : 0.693 std. dev. : 0.115



Summary

Group1	1
16 GDT 0542	1
Tribo parameters	1
Summary	2

LABORATORIO DE CORROSIÓN Y ANÁLISIS DE FALLAS
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE COAHUILA

16 ME 432

Group 1

16 ME 432

Tribo parameters

- Tribometer : Standard tribometer

- serial : 0000-0000-0000-0000

Sequencer information

- pause : 0 [s]
- Load Unload : False
- homing : False
- Nb sequence : 1

Static partner

- Substrate : 100-Cr
- Supplier : IBS
- Dimension : 6.00 [mm]
- Geometry : Ball

Acquisition

- Radius : 3.00 [mm]
- Lin. Speed : 12.57 [cm/s]
- Normal load : 8.00 [N]
- Stop condit. : 200.00 [m]
- Effective Stop : Meters
- Acquisition rate : 3.0 [hz]
- Cycles sampled : 1/1 [cycles]

Environment

- Temperature : 25.00 [°C]
- Atmosphere : Air
- Humidity : 25.00 [%]

Sample

- Coating : 16 ME 432

Lubricant :

- Volume : 50000000.00 [ml]
- Version:
- Tribometer / Version 6.1.18
- Date : 9/15/2016 9:28:01 AM

Sample

Worn track section : 0.0 μm^2
Young's modulus : 0.0 gpa
Poisson ratio : 0.000

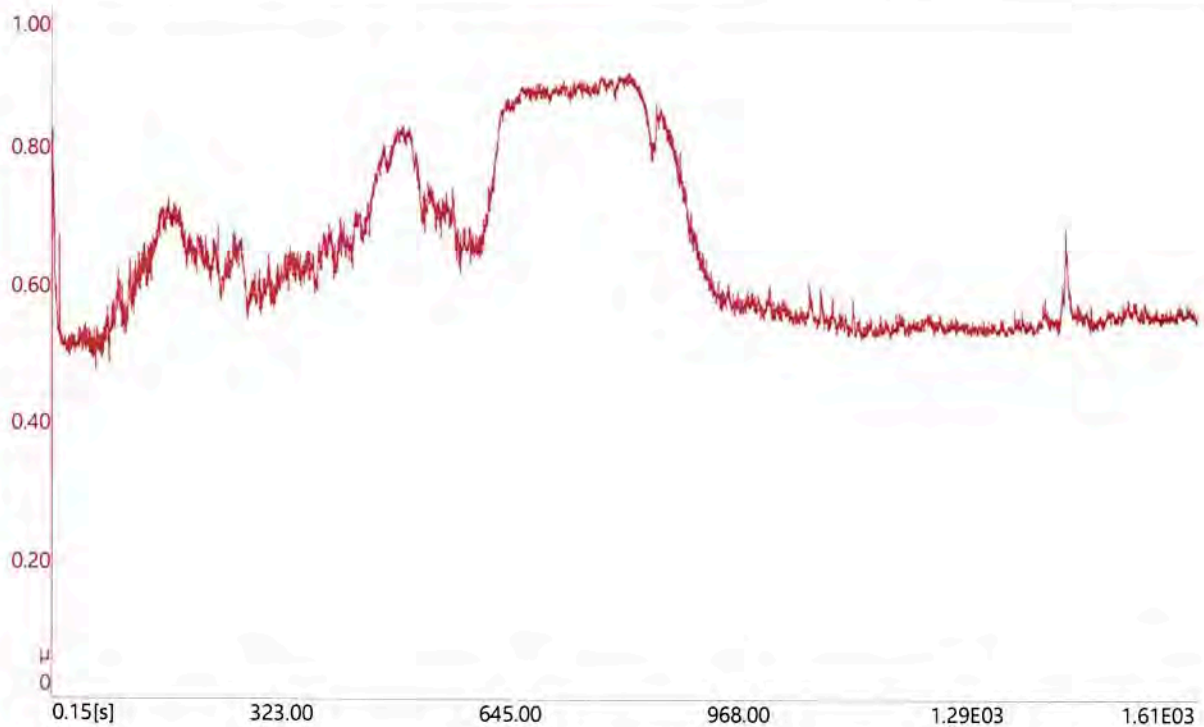
Static partner

Worn cap diameter : 0.0 μm
Young's modulus : 0.0 gpa
Poisson ratio : 0.000

Calculations

Sample wear rate : 0 mm³/n/m
Partner wear rate : 0 mm³/n/m
Max Herzian stress : 0 gpa

Start : 0.091 min : 0.091 max : 0.909 mean : 0.645 std. dev. : 0.119



Summary

Group1	1
16 GDT 0543	1
Tribo parameters	1
Summary	2



**FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE COAHUILA**

***SERVICIOS DE CARACTERIZACIÓN POR ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS DE
LOTE REPRESENTATIVO DE PIEZAS DE VÁLVULAS TIPO GLOBO***

14 de octubre de 2016

Atención,
M.C. Horacio Villarreal
Fundición de Aleaciones Especiales de México S.A. de C.V.



Presenta,
Dra. Ana Claudia Lara Cenicerros
Facultad de Ciencias Químicas



1. ANTECEDENTES

Se recibió por parte de la empresa **FUNDICIÓN DE ALEACIONES ESPECIALES DE MÉXICO S.A. DE C.V.**, 13 piezas pertenecientes a válvulas tipo globo de 4" vaciadas en acero inoxidable 316L, según la especificación del cliente. Se solicitó se realizara su estudio mediante el desarrollo de pruebas no destructivas (análisis químicos por el método de chispa, inspección visual por medio de líquidos penetrantes, inspección por ultrasonido e inspección por partículas magnéticas), para dar cumplimiento a la calidad del producto requerido, las muestras fueron entregadas el día 20 de septiembre de 2016 y fueron identificadas según la siguiente tabla.

IDENTIFICACIÓN SOLICITANTE	ANÁLISIS Y/O ENSAYO	REGISTRO LABORATORIO FACULTAD
Cuerpo de Válvula 1	Análisis químico	16ME387
Bonete 1	Análisis químico	16ME388
Brida 1	Análisis químico	16ME389
Cuerpo de Válvula 2	Líquidos penetrantes	16ME390



Universidad Autónoma de Coahuila
Facultad de Ciencias Químicas



Vástago con disco 1	Líquidos penetrantes	16ME391
Bonete 2	Líquidos penetrantes	16ME392
Cuerpo de Válvula 3	Ultrasonido	16ME393
Bonete 3	Ultrasonido	16ME394
Brida 2	Ultrasonido	16ME395
Vástago con disco 2	Ultrasonido	16ME396
Cuerpo de Válvula 4	Partículas Magnéticas	16ME397
Bonete 4	Partículas Magnéticas	16ME398
Brida 3	Partículas Magnéticas	16ME399



2. CONDICIONES DEL ENSAYO

Para la detección de las especies químicas de los elementos níquel, cromo y carbono de cada una de las muestras evaluadas, se utilizó la técnica de análisis: Espectrómetro de rayos X de campo marca Oxford Modelo PMI-Master Smart, bajo la Norma ASTM A351 (Standard Specification for Castings, Austenitic, for Pressure-Containing Parts).

La evaluación de la prueba de líquidos penetrantes fluorescentes, se llevó a cabo de acuerdo a los criterios aplicables de la Norma ASME B16.34, cuyo procedimiento/Norma aplicada es la ASTM E-165-09. La evaluación se realiza por medio de solvente removible, utilizándose luz ultravioleta en un rango de 1125 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ y longitud de onda de 365 nm. El tiempo de aplicación de los líquidos penetrantes fue de aproximadamente 7 minutos, aplicando el líquido relevador por un tiempo de 10 minutos.

La inspección por ultrasonido por contacto es utilizada en la detección de defectos en fundición, como poros, gotas, fracturas, contracciones, huecos e inclusiones. Los equipos utilizados para la inspección son marca OLYMPUS modelo EPOCH 600 y OMNISCAN MX2, empleando los cabezales angular y recto. Frecuencia 2.25 y 5 MHz, ángulo 70°, acoplante gel. Norma ASTM A609/A609M-12 - Standard practice for castings, carbon, low-alloy and martensitic stainless steel, ultrasonic examination thereof y ASTM E317 – 16 Standard Practice for Evaluating Performance Characteristics of Ultrasonic Pulse-Echo Testing Instruments and Systems without the Use of Electronic Measurement Instruments.

La evaluación de piezas fundidas por el método de partículas metálicas ofrece la oportunidad de detectar discontinuidades superficiales y subsuperficiales, a través de la



Universidad Autónoma de Coahuila
Facultad de Ciencias Químicas



generación de campo magnético, ofreciendo la ventaja de ser un ensayo no destructivo. La técnica utilizada es Yugo Electromagnético en base a la metodología ASTM E 709 Standard Guide for Magnetic Particles. Los lineamientos del método son partículas secas, visibles y coloreadas. El equipo utilizado es de la compañía Magnaflux con de la serie Magnavis Y-7 AD/DC 43550, así como un el kit de la misma compañía, utilizando partículas rojas secas.

Todas las pruebas realizadas del presente informe fueron aplicadas de acuerdo a los procedimientos de las Norma API 576 (Inspection of Pressure-Relieving Devices) y API 598 (Valve Inspection and Testing).



3. RESULTADOS

- Análisis químico

Los resultados obtenidos de las caracterizaciones por análisis químico de las muestras 16ME387, 16ME388 y 16ME389 se presentan en siguiente tabla. De acuerdo a la norma ASTM A351, las muestras analizadas cumplen con los parámetros de la composición química de un acero inoxidable 316 de bajo contenido de carbono.

% Elemento	16ME387	16ME388	16ME389	Norma ASTM A351 Standard Specification for Casting
C	0.035	0.0464	0.0546	0.08 max.
Si	0.828	0.713	0.794	1.50 max.
Mn	0.739	0.768	0.721	1.50 max.
P	0.0254	0.0279	0.0311	0.040 max
S	0.0127	0.0159	0.0147	0.040 máx.
Cr	19.1	19.3	18.9	18.00-21.00
Mo	2.28	2.14	2.32	2.00-3.00
Ni	10.2	9.93	10.84	9.00-12.00
Al	0.0093	0.0185	0.0098	.....
Co	0.122	0.127	0.131	.....
Cu	0.177	0.284	0.243	.....
Nb	<0.0050	<0.0050	<0.0050	.....
Ti	<0.0050	<0.0050	<0.0050	.....
V	0.0673	0.065	0.0646	.....
W	<0.00500	<0.0050	<0.0050	.....
Pb	0.016	<0.0050	<0.0050	.....
Sn	<0.0020	0.003	0.003	.....
B	0.0013	0.0017	0.0015	.....

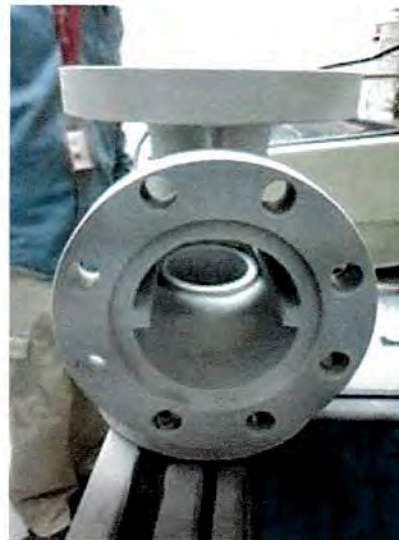
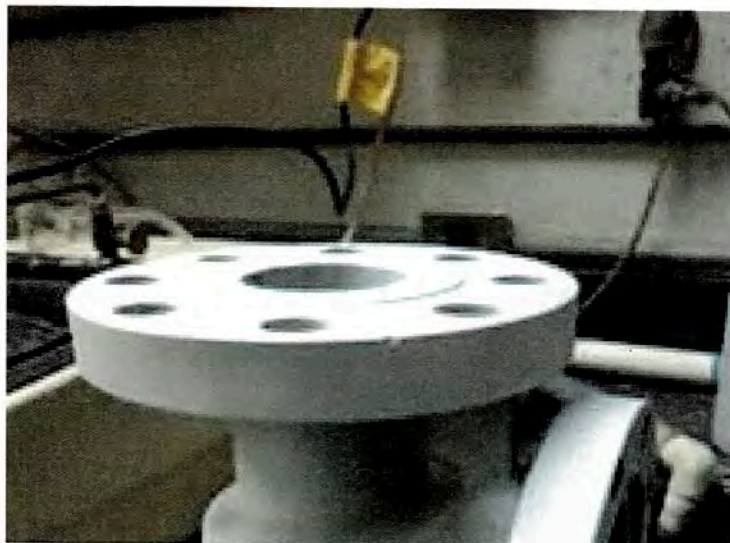


- Líquidos penetrantes

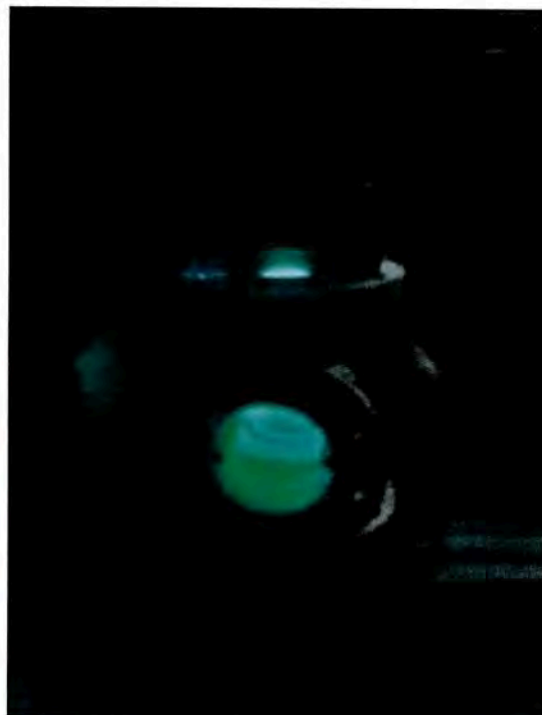
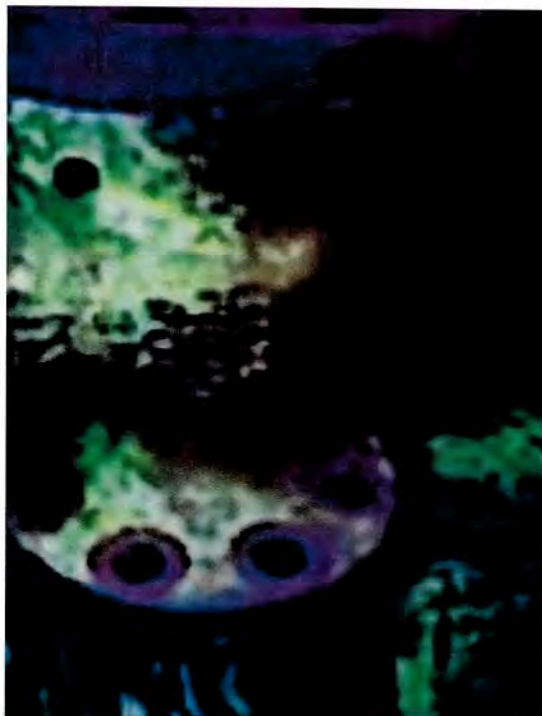
Mediante la inspección de líquidos penetrantes no se observó ninguna discontinuidad, por lo que no fueron llevados a cabo pruebas destructivas adicionales para la determinación de fallas. A continuación, se presenta la galería fotográfica de una de las piezas analizadas (16ME390).



Limpeza y aplicación de líquido penetrante



Aplicación de líquido revelador

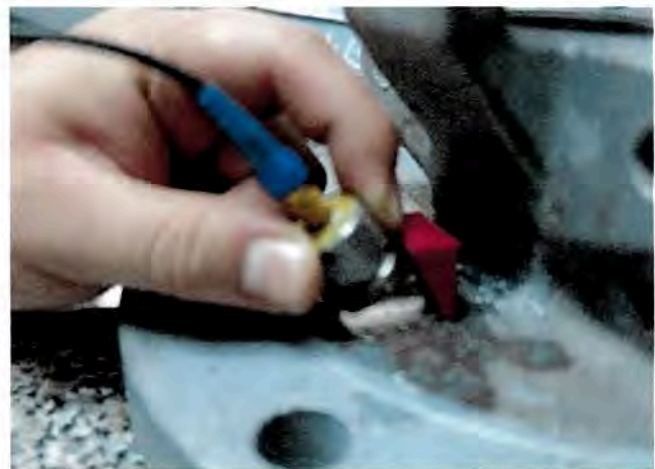


Inspección de cuerpo de válvula



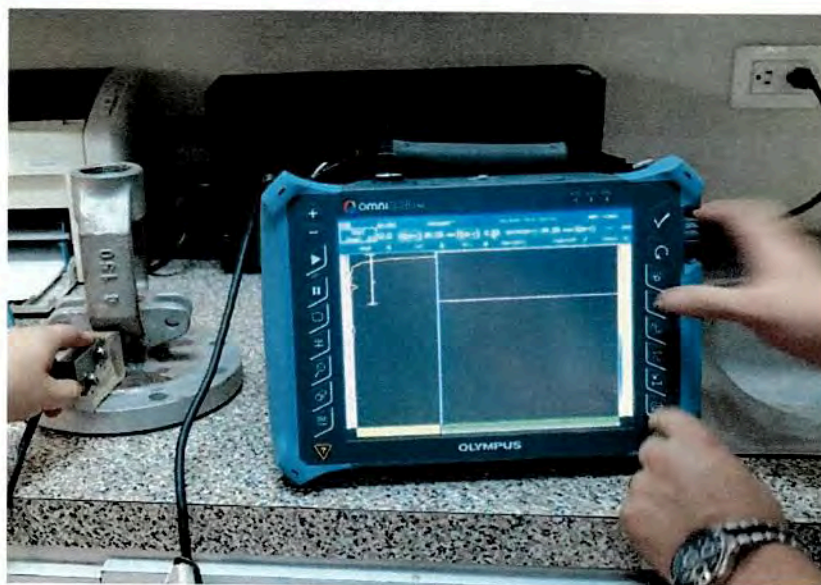
- Inspección por ultrasonido

Para la inspección por ultrasonido se seleccionaron diversas áreas para el barrido de las muestras 16ME393, 16ME394, 16ME395 y 16ME396, misma que corresponden a aquellas áreas donde puede existir discontinuidades. Sin embargo, de acuerdo a la Norma, no se detectaron deficiencias en las piezas inspeccionadas. En seguida se muestra unas fotografías representativas del proceso de inspección.





Universidad Autónoma de Coahuila
Facultad de Ciencias Químicas





- Inspección por partículas magnéticas

La inspección por partículas magnéticas se llevó a cabo en diversas zonas de interés de las muestras 16ME397, 16ME398 y 16ME399. Los elementos 16ME397 y 16ME398 no presentaron discontinuidades en las zonas analizadas, sin embargo el elemento 16ME399 presentó indicación lineal de 58 mm de longitud. Ver fotografías del proceso.

La indicación se catalogó como no relevante, debido a que puede ser originada por el diseño estructural de la pieza o la forma de la trayectoria del metal en el momento de vaciado de la pieza. La discontinuidad se encuentra dentro de los parámetros del criterio de aceptación, ya que se considera que esta no afecta la calidad o la vida útil de la pieza, se recomienda monitorear esta indicación a través de inspección de piezas la misma geometría.





Nota: Los resultados emitidos en este informe solo corresponden a las muestras ensayadas proporcionados por el Cliente.



**FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE COAHUILA**

SERVICIO DE ANÁLISIS:

PARTE I

***ENSAYO DE CORROSIÓN ACELERADA EN CÁMARA SALINA POR 120 HORAS
A SEIS MUESTRAS***

PARTE II

***ANÁLISIS SUPERFICIAL Y DE PERFIL DE MUESTRAS SOMETIDAS A
ENSAYOS DE CORROSIÓN ACELRADA EN CÁMARA SALINA***

7 de octubre de 2016

Atención,
M.C. Horacio Villarreal
Fundición de Aleaciones Especiales de México S.A. de C.V.



Presenta,
Dra. Ana Claudia Lara Ceniceros
Facultad de Ciencias Químicas



PARTE I
ENSAYO DE CORROSIÓN ACELERADA EN CÁMARA SALINA POR 120 HORAS
A SEIS MUESTRAS

1. ANTECEDENTES

Se recibió por parte de la empresa **FUNDICIÓN DE ALEACIONES ESPECIALES DE MÉXICO S.A. DE C.V.**, seis muestras metálicas. El cliente solicitó se realizara a las piezas entregadas, pruebas de corrosión acelerada en cámara salina, cada muestra con una duración de 120 horas.



Las piezas metálicas corresponden a cupones de prueba, mismo que fueron solicitados al cliente según lo especifica la norma B117 (Standard Practice for Operating Salt Spray Apparatus), estos fueron vaciados por el método investment casting en una aleación que el cliente señala como “ACERO INOXIDABLE 316L”, presentan geometría de una pastilla con diámetro aproximado de $1\frac{1}{2}$ ” (0.0381m) y espesor aproximado de $\frac{1}{2}$ ” (0.0127m), las muestras fueron entregadas el día 2 de septiembre de 2016 y fueron identificadas según la siguiente tabla.



Universidad Autónoma de Coahuila
Facultad de Ciencias Químicas



TABLA 1. Identificación de muestras.

IDENTIFICACIÓN SOLICITANTE	ANÁLISIS Y/O ENSAYO	REGISTRO LABORATORIO FACULTAD
Cupón 316L M1	corrosión acelerada en cámara salina norma B117	16ME302
Cupón 316L M2	corrosión acelerada en cámara salina norma B117	16ME303
Cupón 316L M3	corrosión acelerada en cámara salina norma B117	16ME304
Cupón 316L M4	corrosión acelerada en cámara salina norma B117	16ME305
Cupón 316L M5	corrosión acelerada en cámara salina norma B117	16ME306
Cupón 316L M6	corrosión acelerada en cámara salina norma B117	16ME307



2. CONDICIONES DE LA PRUEBA

Se realizó el ensayo de corrosión acelerada en cámara salina durante 120 horas, bajo la norma B117 (Standard Practice for Operating Salt Spray Apparatus) y las siguientes condiciones.

TABLA 2. Condiciones de la prueba.

CONDICIONES	
NORMA ASTM	B-117-97
TEMPERATURA DEL GABINETE	34,9 °C
TEMPERATURA DE LA TORRE	47,0 °C
PRESIÓN DE LA TORRE	96,53 kPa (14 psi)
PH DE LA SOLUCIÓN	6,510
GRAVEDAD ESPECÍFICA PROMEDIO	1,0363 g/ml
VELOCIDAD DE COLECCIÓN	1,42 ml/h
ÁNGULO DE EXPOSICIÓN	30° de la vertical
CLORURO DE SODIO	No. de Lote 179-16
TIPO DE AGUA	ASTM D1193, tipo IV
TIEMPO TOTAL DE EXPOSICIÓN	120 horas



3. RESULTADOS

A continuación, se presentan los resultados obtenidos después de exponer los especímenes durante un periodo de 120 horas.

TABLA 3. Resultados de la prueba

Registro UADEC	Identificación del cliente	72 horas	96 horas	120 horas
16ME302	M1	Oxido rojo aprox. en un 95% de la superficie expuesta grado 0	Oxido rojo aprox. en un 100% de la superficie expuesta. Grado 0	Sin cambio
16ME303	M2	Oxido rojo aprox. en un 98% de la superficie expuesta grado 0	Oxido rojo aprox. en un 100% de la superficie expuesta. Grado 0	Sin cambio
16ME304	M3	Oxido rojo aprox. en un 95% de la superficie expuesta grado 0	Oxido rojo aprox. en un 100% de la superficie expuesta. Grado 0	Sin cambio
16ME305	M4	Oxido rojo aprox. en un 98% de la superficie expuesta grado 0	Oxido rojo aprox. en un 100% de la superficie expuesta. Grado 0	Sin cambio
16ME306	M5	Oxido rojo aprox. en un 90% de la superficie expuesta grado 0	Oxido rojo aprox. en un 100% de la superficie expuesta. Grado 0	Sin cambio
16ME307	M6	Oxido rojo aprox. en un 95% de la superficie expuesta grado 0	Oxido rojo aprox. en un 100% de la superficie expuesta. Grado 0	Sin cambio

Nota: El % del óxido o mancha, se determinó mediante la norma ASTM D-610-08 (2012), tabla 4.



TABLA 4. Escala y descripción de la clasificación del óxido. ASTM 610-08 (2012)

Grado	Porcentaje de la superficie oxidada	Ejemplos Visuales		
		Mancha (S)	General (G)	Punto (P)
10	Menor o igual a 0,01%	Ninguno		
9	Mayor que 0,01% y hasta 0,03%	9-S	9-G	9-P
8	Mayor que 0,03% y hasta 0,1%	8-S	8-G	8-P
7	Mayor que 0,1% y hasta 0,3%	7-S	7-G	7-P
6	Mayor que 0,3% y hasta 1,0%	6-S	6-G	G-P
5	Mayor que 1,0% y hasta 3,0%	5-S	5-G	5-P
4	Mayor que 3,0% y hasta 10,0%	4-S	4-G	4-P
3	Mayor que 10,0% y hasta 16,0%	3-S	3-G	3-P
2	Mayor que 16,0% y hasta 33,0%	2-S	2-G	2-P
1	Mayor que 33,0% y hasta 50,0%	1-S	1-G	1-P
0	Más del 50%	Ninguno		

Tipos de distribución de óxido:

- S: Mancha- cuando la mayor parte de la oxidación se concentra en unas pocas áreas localizadas de la superficie.
- G: General- cuando manchas de óxido de varios tamaños se distribuyen al azar por toda la superficie.
- P: Punto- cuando el óxido se distribuye por toda la superficie como muy pequeñas machitas individuales de óxido.



4. GALERÍA FOTOGRÁFICA



Fotografía 1. Aspecto general de la muestra 16ME302 antes del ensayo en cámara salina



Fotografía 2. Aspecto general de la muestra 16ME302 después de 72 h de ensayo en cámara salina.



Figura 3. Aspecto general de la muestra 16ME302 después de 96 h de ensayo en cámara salina.



Figura 4. Aspecto general de la muestra 16ME302 después de 120 h de ensayo en cámara salina



Fotografía 5. Aspecto general de la muestra 16ME303 antes del ensayo en cámara salina.



Fotografía 6. Aspecto general de la muestra 16ME303 después de 72 h de ensayo en cámara salina



Fotografía 7. Aspecto general de la muestra 16ME303 después de 96 h de ensayo en cámara salina.



Fotografía 8. Aspecto general de la muestra 16ME303 después de 120 h de ensayo en cámara salina



Fotografía 9. Aspecto general de la muestra 16ME304 antes del ensayo en cámara salina.



Fotografía 10. Aspecto general de la muestra 16ME304 después de 72 horas de ensayo en cámara salina



Fotografía 11. Aspecto general de la muestra 16ME304 después de 96 h de ensayo en cámara salina.



Fotografía 12. Aspecto general de la muestra 16ME304 después de 120 h de ensayo en cámara salina.



Fotografía 13. Aspecto general de la muestra 16ME305 antes del ensayo en cámara salina.



Fotografía 14. Aspecto general de la muestra 16ME305 después de 72 h de ensayo en cámara salina



Fotografía 15. Aspecto general de muestra 16ME305 después de 96 h de ensayo en cámara salina.



Fotografía 16. Aspecto general de muestra 16ME305 después de 120h de ensayo en cámara salina.



Fotografía 17. Aspecto general de la muestra 16ME306 antes del ensayo en cámara salina.



Fotografía 18. Aspecto general de muestra 16ME306 después de 72 h de ensayo en cámara salina



Fotografía 19. Aspecto general de la muestra 16ME306 después de 96 h de ensayo en cámara salina.



Fotografía 20. Aspecto general de la muestra 16ME306 después de 120 h de ensayo en cámara salina.



Fotografía 21. Aspecto general de la muestra 16ME307 antes del ensayo en cámara salina.



Fotografía 22. Aspecto general de la muestra 16ME307 después de 72 h de ensayo en cámara salina.



Fotografía 23. Aspecto general de la muestra 16ME307 después de 96 h de ensayo en cámara salina.



Fotografía 24. Aspecto general de la muestra 16ME307 después de 120 h de ensayo en cámara salina.



PARTE II
ANÁLISIS SUPERFICIAL Y DE PERFIL DE MUESTRAS SOMETIDAS A ENSAYOS DE CORROSIÓN ACELRADA EN CÁMARA SALINA

1. ANTECEDENTES

Se recibió por parte de la empresa **FUNDICIÓN DE ALEACIONES ESPECIALES DE MÉXICO S.A. DE C.V.**, dos muestras metálicas, las cuales habían sido previamente sometidas a ensayos de corrosión en cámara salada con duración de 120 horas. El cliente solicitó se realizará el análisis superficial y de perfil de dichas muestras, su identificación se presenta enseguida.

TABLA 1. Identificación de muestras.

IDENTIFICACIÓN SOLICITANTE	ANÁLISIS Y/O ENSAYO	REGISTRO LABORATORIO FACULTAD
Cupón Corrosión M1	<ul style="list-style-type: none">- Análisis superficial por medio de microscopía electrónica de barrido.- Análisis de concentración de elementos presentes en los óxidos.	16ME310
Cupón Corrosión M2	<ul style="list-style-type: none">- Análisis de corte transversal.- Medición del espesor de la película de óxido.	16ME311

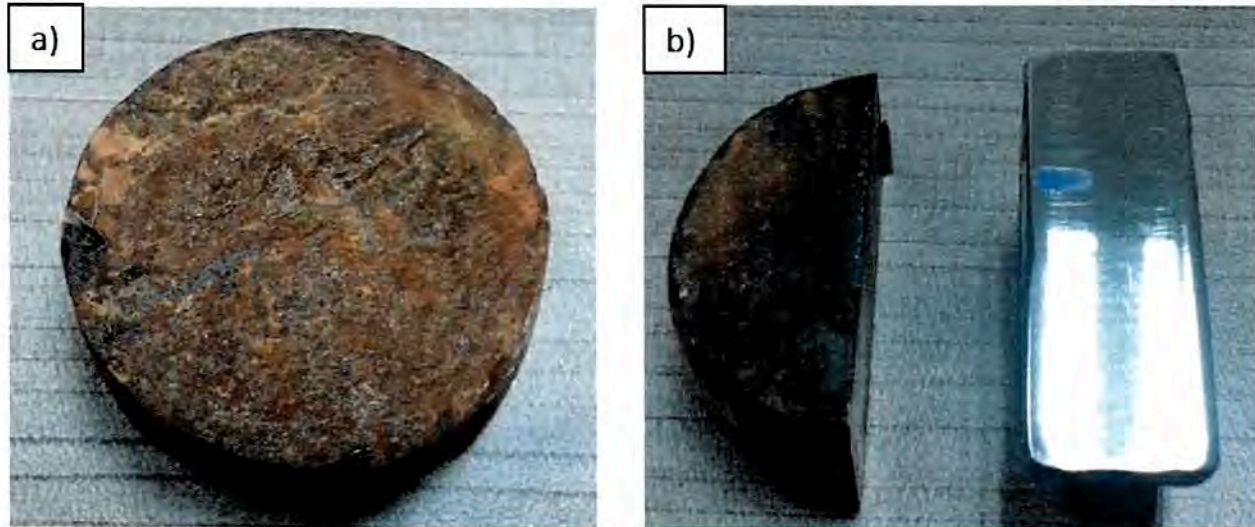


Figura 1. Fotografía de muestras con ensayo de corrosión acelerada, A) Superficie analizada 16ME310, B) Análisis de corte transversal 16ME311.

2. RESULTADOS

➤ ANÁLISIS SUPERFICIAL

El análisis fue realizado por microscopía electrónica de barrido, donde se examinó diferentes zonas de la superficie oxidada (16ME310). En la figura 2a se puede observar dos zonas (Z1 y Z2), la Z1 corresponde a un área superficial casi sin presencia de óxidos y la Z2 corresponde a una zona con gran cantidad de óxidos.

La figura 2b fue tomada a altos aumentos para observar la morfología de la zona 2 (Z2), se observó esferas, que suelen ser las formas típicas correspondientes a una zona rica en óxidos de hierro.

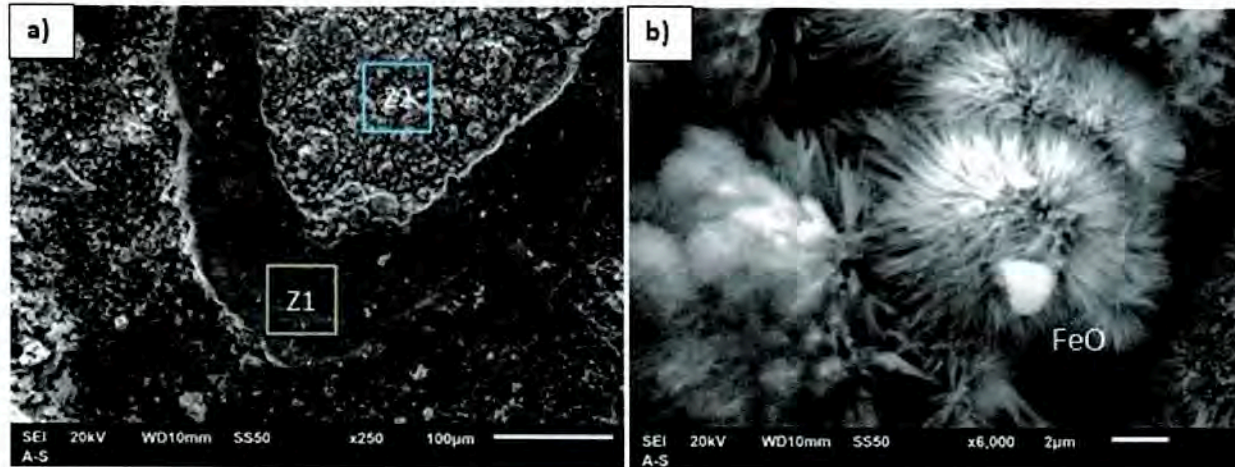


Figura 2. Imágenes superficiales de muestra 16ME310 a) presencia de dos zonas afectadas por oxidación, b) morfología típica del óxido de hierro.

➤ ANÁLISIS DE CONCENTRACIÓN DE ELEMENTOS

El análisis de concentración de elementos se realizó a la superficie oxidada (16ME310), tomando de referencia las dos zonas que se presentan en la figura 3.

En la tabla 2 se presentan los diferentes elementos concentrados en la zona 1 y 2. Se puede observar como la concentración de oxígeno y hierro es mayor para la zona 2, de lo cual se puede asociar a la presencia de óxidos de hierro, además se puede observar un empobrecimiento de níquel, con concentraciones que van de 6.69% de la Z1 hasta 0.43% para Z2. Es probable que la drástica disminución en la concentración de Ni, esté relacionado con la segregación debido al oxidación presente en esa zona.

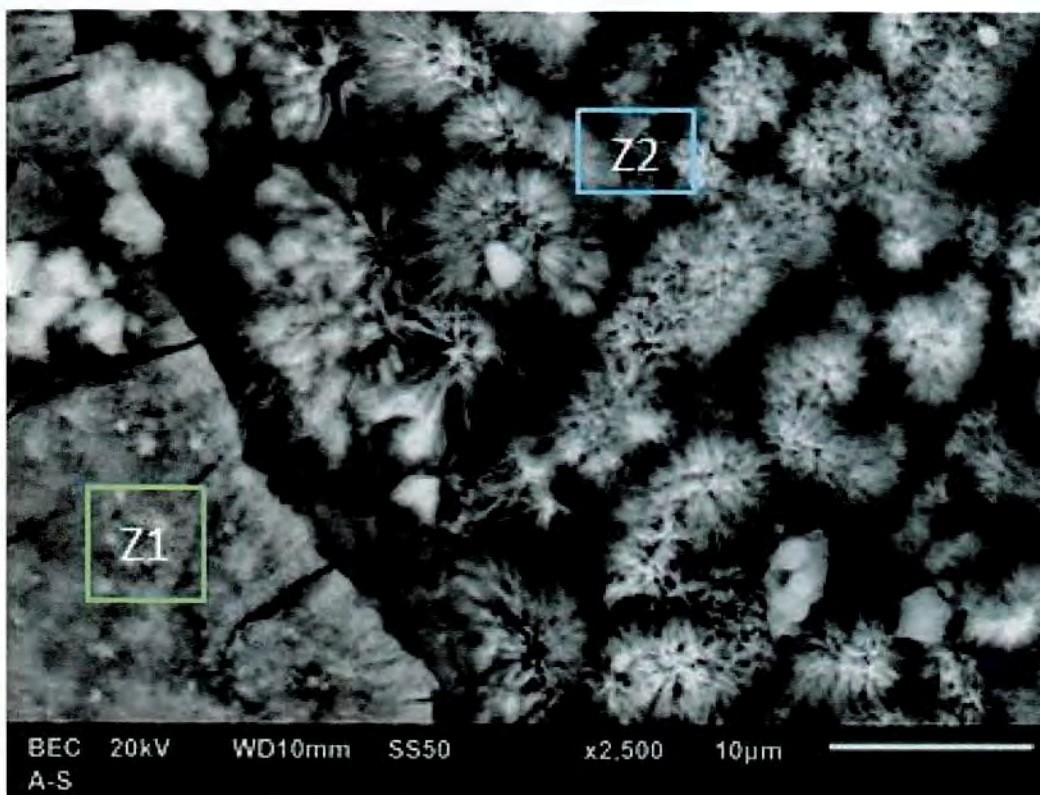


Figura 3. Zonas tomadas para el análisis de concentración.

TABLA 2. Concentraciones en % en peso Zona 1 y 2.

Elemento	Zona 1 (% en peso)	Zona 2 (% en peso)
C	7.74	4.96
O	46.42	49.9
Cr	0.53	0.54
Fe	38.37	44.16
Ni	6.69	0.43



➤ ANALISIS DE PERFIL DE CORTE TRANSVERSAL

Para el análisis de perfil, la muestra 16ME311 fue cortada de forma transversal y pulida hasta un acabado espejo, esto con el fin de observar la capa de óxido que se formó (Figura 4a).

Debido a que la capa de óxido que se formó en la superficie de la muestra no presentaba una estrecha adherencia con la matriz, siendo a la vez frágil y quebradiza, provocando un desprendimiento de la capa de óxido, dificultando la toma de la imagen, es por ello que se observan relieves en la matriz, pero si se puede observar una capa de óxido sobre la misma.

Se tomaron cuatro campos, midiendo el espesor de capa de óxido, dando como resultado un espesor de 26μ , se puede decir que este valor es significativo después de las 120 h de exposición en la cámara salina.

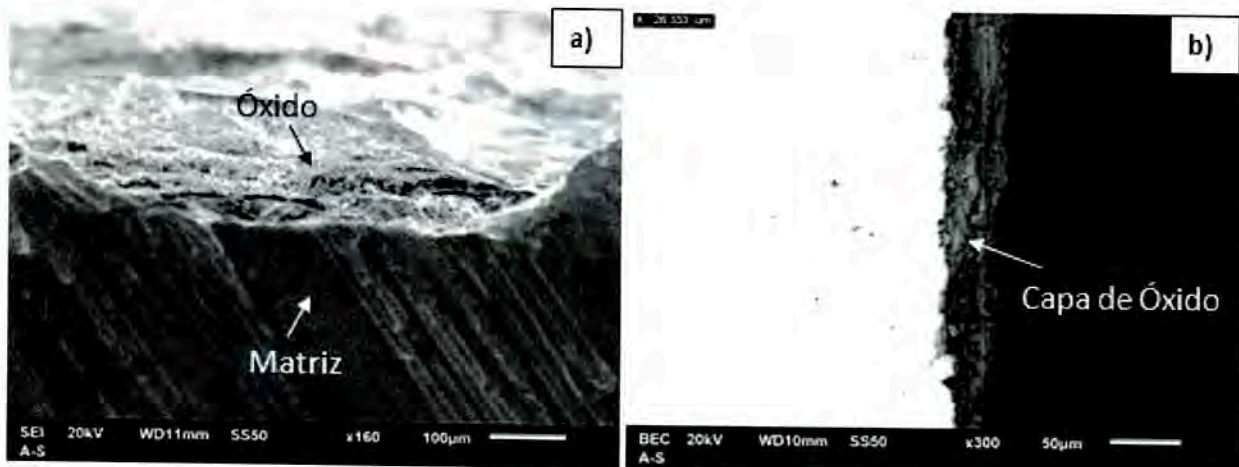


Figura 4. Imágenes de perfil de la muestra 16ME311.

Nota: Los resultados emitidos en este informe solo corresponden a las muestras ensayadas proporcionados por el Cliente.