

08/03/2024

SEÑORES: TRANSPORTADORA DE GAS DEL SUR / Planta: PLANTA TRATAYEN

- - Buenos Aires

### INFORME DE ENSAYO

Equipo: **606-B - VMC - 255**

Componente: **Compresor**

Muestra Nro 24020737 - Informe Nro 055848 v.2 Final

### OBJETO DEL ESTUDIO

- Evaluar las propiedades del lubricante en servicio.
- Evaluar la condición tribológica del compresor.

**CÓDIGO DE ESTADO : MALO**

**ANÁLISIS FINAL** 

### COMENTARIOS

1. El estado general del lubricante es malo, por el alto contenido de contaminantes y por signos de desgaste ferroso en el compresor.
2. En función de las temperaturas y presiones declaradas, la dilución con propano en el lubricante es del 20%, resultado en una viscosidad del fluido en servicio de 8cSt. Así mismo las condiciones de presión y temperatura del sistema se acerca a aquellas donde se corre riesgo de presentar fases de propano líquido en el sistema.
3. La baja viscosidad en servicio es la responsable de los eventos de desgaste que se observan en el compresor.
4. Una vez degasado, el sistema recupera propiedades fisicoquímicas cercanas al valor de referencia para el lubricante.
5. Las propiedades físicas del lubricante degasado son aceptables. El lubricante tiene una caída de viscosidad a causa de la dilución con propano. El análisis de Dilución % *pendiente* colaborará con cuantificar este aspecto.
6. El resto de las propiedades físicas son normales.

7. La estabilidad química del lubricante es normal. La acidez es aceptable, y el pH es bajo. El lubricante no posee característica corrosivas.
8. La condición de degradación del lubricante es muy buena. El lubricante posee antioxidantes, y su potencial para formar barnices es muy bajo, MPC = 8. La coloración de la membrana tiene un componente apreciable de los contaminantes sólidos, por lo que puede suponerse que la formación de barniz es inclusive menor.
9. La humedad del sistema es aceptable. El lubricante presenta 1800 ppm de humedad, un valor aceptable para este tipo de fluidos sintéticos.
10. El grado de contaminantes sólidos es pobre. El código ISO del sistema es 23/21/17, muy por encima del máximo sugerido para la operación confiable de un compresor a tornillo. El código ISO objetivo es 16/14/12 ; unas 100 veces mas limpio que el nivel actual.
11. Los contaminantes son de origen ambiental, partículas de desgaste, partículas carbonosas y herrumbre.
12. El alto grado de contaminantes puede ser un factor relevante en el mantenimiento de la presión de aceite del sistema. El compresor tiene una válvula reguladora de la presión de aceite, que conmuta la flauta de lubricación con el separador bifásico. Esta válvula tiene una malla de acero protectora de unos 200 micrones o más, que protege a la válvula de macro contaminantes, pero que no es suficientemente fina como para bloquear los contaminantes presentes en la muestra.
13. Se sugiere inspeccionar el filtro de la válvula reguladora de presión de aceite inspeccionando la integridad física de la válvula así como sus contaminantes.
14. Se sugiere inspeccionar la la válvula reguladora de presión de aceite para verificar su integridad mecánica y su correcta actuación.
15. Se requiere filtrar el lubricante a través de filtros de alta eficiencia de 5 micrones y tasa Beta ( $5\mu\text{m}$ ) = 2000 o superior. Debe tenerse la precaución que el sistema de filtrado no este contaminado con aceite mineral que puede contaminar irreversiblemente el sistema de poliglicol.
16. Así mismo los contaminantes presentes en el sistema son los responsables del desgaste detectado en el sistema.
17. Se detecta desgaste ferroso en el lubricante.
18. El análisis de desgaste por microscopía electrónica muestra la presencia de abundantes partículas producto de la fatiga de cojinetes y rodamientos. La baja viscosidad en el sistema en conjunto con el elevado grado de contaminantes son las causas de que la película lubricante no logre proteger adecuadamente a los componentes mecánicos. Se detectan aleaciones de acero al carbón, acero tipo SAE 316 y acero tipo AISI 52100.

19. Los puntos mas sensibles de desgaste del compresor son los rodamientos. Se sugiere avanzar con estudios de vibraciones sobre los mismos para evaluar su grado de deterioro. Señales de vibraciones fuera de especificación pueden indicar daño permanente sobre los rodamientos, lo que puede desencadenar la desalineación y desgaste de crestas de los rotores.
20. Quedamos a disposición de TRANSPORTADORA DE GAS DEL SUR para discutir y ampliar el presente informe. Se espera entregar el INFORME FINAL para el final de la semana en curso.

**Acción**

Estudiar las condiciones de presión y temperatura del sistema y compararlas con las condiciones de diseño.

Filtrar el lubricante según recomendaciones del informe

Inspeccionar la válvula reguladora de presión de aceite

Inspeccionar el filtro de la válvula reguladora de presión de aceite

Realizar análisis de vibraciones sobre los rodamientos.

**Tipo**

Correctiva

Correctiva

Correctiva

Proactiva

Proactiva

**Plazo**

Corto

Inmediato

Corto

Corto

Mediano



**Dr. Andrés Lantos**

Vicepresidente

Ciencia y Tecnología

**INFORME DE ENSAYO**

**08/03/2024**

**SEÑORES: TRANSPORTADORA DE GAS DEL SUR / Planta: PLANTA TRATAYEN**

- - Buenos Aires

Equipo: **606-B - VMC - 255**

Componente: **Compresor**

*Información suministrada por el cliente:*

<b>Descripción</b>	<b>TA: 49,4°C - PA: 15.2 KG/cm2</b>		
<b>Lubricante</b>	<b>CPI CP 1516-150</b>	<b>hs lub.</b>	<b>16160</b>
<b>Muestra Extraída</b>	<b>Sin info (Realizado por el cliente)</b>	<b>hs eq.</b>	
<b>Rótulo</b>	<b>-</b>	<b>L agregados</b>	

**Muestra Nro** 24020737  
**Informe Nro** 055848 v.2 Final  
**Muestra Recibida** 08/02/2024  
**Realización de Ensayos** 08/02/2024 al 08/03/2024

CPI CP 1516-150

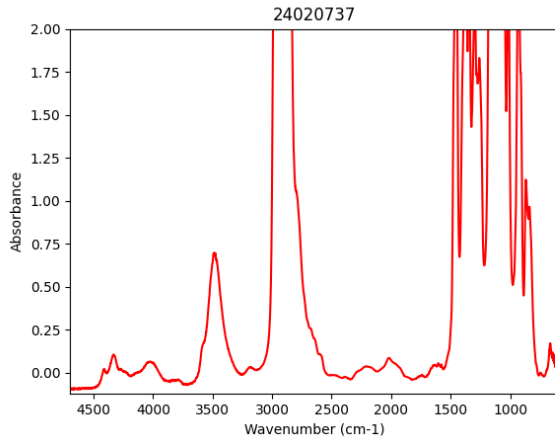
**PROPIEDADES FÍSICAS**

			<u>24020737</u>	
Viscosidad a 100°C	ASTM D7279	mm²/s (cSt)	20,93	22,31
Viscosidad a 40°C	ASTM D7279	mm²/s (cSt)	122,4	145,2
Índice de viscosidad	ASTM D2270		197	182
Grado ISO VG	ISO 3448		100/150	150
Densidad a 15°C	ASTM D4052	g/ml	1,0022	1,0064
Punto de Inflamación	ASTM D92-18	°C	>230	>230
Punto de Ecurrimiento	ASTM D97	°C	-30	-30
Temperatura en servicio	MI024	°C	49	
Presión en servicio	MI024	bar·g	15,2	
Dilución con hidrocarburo (FPAG)	MI023	%	20	
Viscosidad en condiciones de servicio	MI024	mm²/s (cSt)	8,0	

**ESTABILIDAD QUÍMICA**

			<u>24020737</u>	
Número Ácido - TAN	ASTM D974	mgKOH/g	0,17	0,05
pH inicial	ASTM D974		6,50	6,30
TAN - Acidez mineral	ASTM D974		-	-
Oxidación	ASTM E2412	Abs/0,1mm	0,00	0,00

Nitración	ASTM E2412	Abs/0,1mm	2,50	2,90
Color	ASTM D1500	L 1,0	L 1,0	L 1,0



24020737

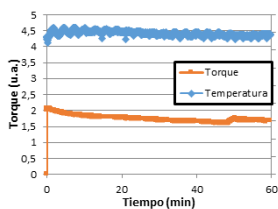
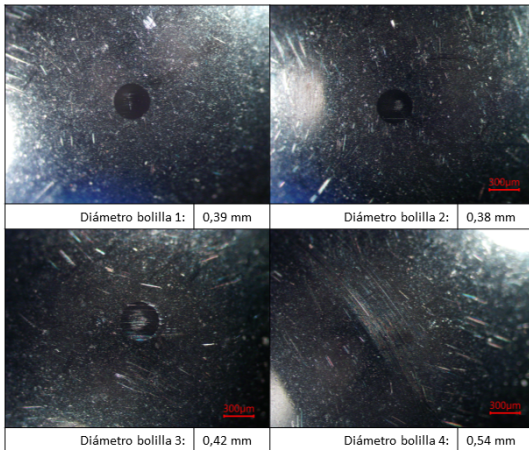
**PROPIEDADES TRIBOLÓGICAS**

Capacidad antidesgaste - Prueba 4 bolas AW

Diámetro promedio	ASTM D4172	mm	0,40
Pista bolilla giratoria	ASTM D4172	mm	0,54
Torque fricción máximo	ASTM D4172	kgf	2,00
Diámetro de impronta 1	ASTM D4172	mm	0,39
Diámetro de impronta 2	ASTM D4172	mm	0,38
Diámetro de impronta 3	ASTM D4172	mm	0,42
Desvío estándar diámetro	ASTM D4172	mm	0,02

**CAPACIDAD ANTIDESGASTE (METODO 4 BOLAS)  
ASTM D 4172 B**

MUESTRA Nº : 24020737  
DIÁMETRO DE IMPRONTA : 0,42 mm



**Descripción de la Impronta:**  
 Forma: Redonda  
 Borde: Definidos – Regulares  
 Superficie: Suave  
 Surcos: Marcados

**Condiciones de Ensayo:**  
 Carga: 40 kgf ± 0,2 kgf  
 Tiempo: 60 min ± 1 min  
 Temperatura: 75°C ± 2°C  
 Velocidad: 1200 r/min ± 60 r/min

**Envejecimiento artificial - ASTM D130**

Corrosión al Cobre	ASTM D130	1b	1b
Aspecto Inicial	ASTM D130	Normal	normal
Aspecto final	ASTM D130	Normal	normal
Color Estabilizado	ASTM D1500	L 1,0	L 1,0

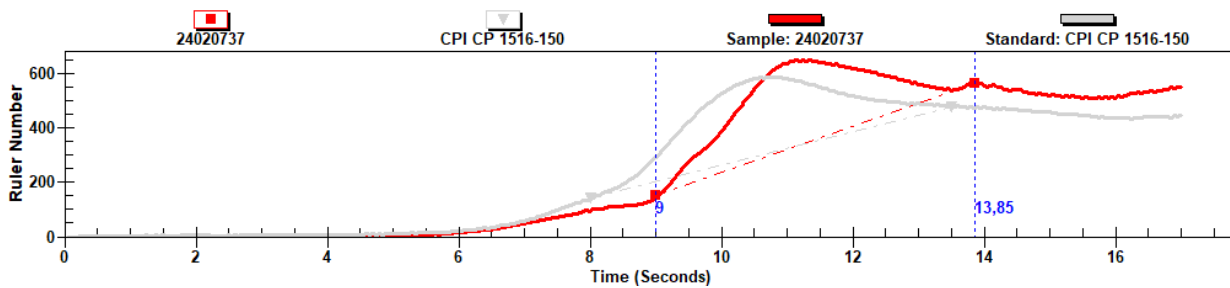
**Análisis espectrométrico (aditivos)**

Aditivo	ASTM	Unidad	Resultado	Referencia
Magnesio - Mg	ASTM D6595	mg/kg (ppm)	< 1	< 1
Zinc - Zn	ASTM D6595	mg/kg (ppm)	1	< 1
Fósforo - P	ASTM D6595	mg/kg (ppm)	87	35
Calcio - Ca	ASTM D6595	mg/kg (ppm)	1	< 1
Boro - B	ASTM D6595	mg/kg (ppm)	< 1	< 1
Molibdeno - Mo	ASTM D6595	mg/kg (ppm)	< 1	< 1

**CONDICIÓN DE OXIDACIÓN**

Condición	ASTM	Unidad	Resultado	Referencia
Antioxidante amínico remanente	ASTM D6971	%	99,70	
Antioxidante fenólico remanente	ASTM D6971	%	No aplica	
MPC (72h)	ASTM D7843	ΔE	7,90	1,00

24020737



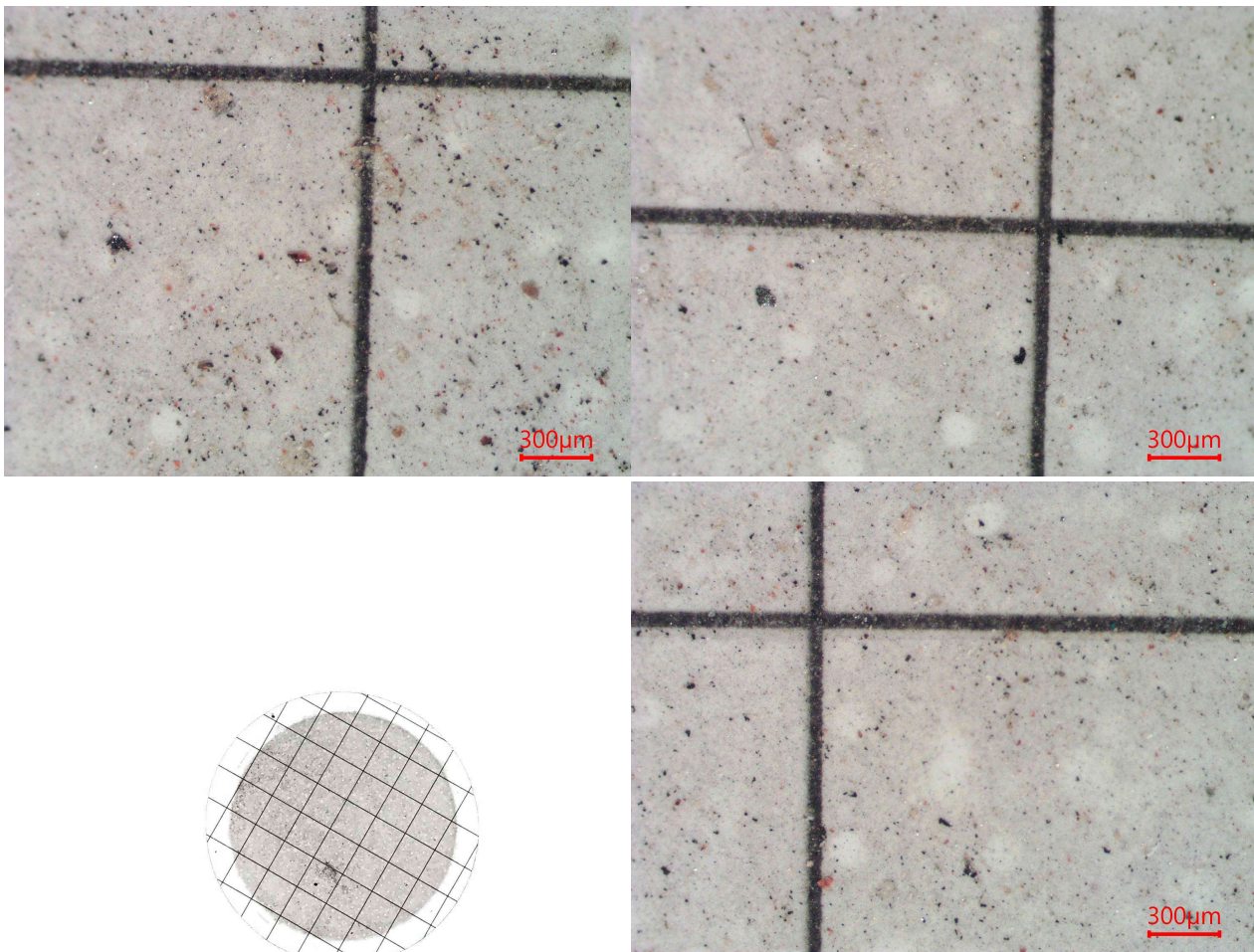
**Espuma**

[Tendencia / Estabilidad (min en desaparecer)]

Secuencia 1 (24°C)	ASTM D892	0/- (-)	0/- (-)
Secuencia 2 (93,5°C)	ASTM D892	0/- (-)	0/- (-)
Secuencia 3 (24°C, post Sec. 2)	ASTM D892	0/- (-)	0/- (-)

**CONTAMINANTES**

		<u>24020737</u>		
Agua (Karl Fischer)	ASTM D6304(b)	mg/kg (ppm)	1769,0	1917,7
Densidad Ferrosa - PQI	ASTM D8184		3	0
Sedimentos (0,8µm)	ISO 4405	mg/100ml	18,80	3,20
Volumen Filtrado	ISO 4405	ml	25	25



**Presenta:**

- Escasas partículas metálicas ferrosas de hasta 20µm.
- Escasas partículas metálicas ferrosas tipo láminas (adhesión) de hasta 110µm.
- Escasa herrumbre.
- Apreciable depósito oscuro.
- Apreciables partículas carbonosas de hasta 80µm.
- Escasas partículas cristalinas de hasta 40µm.
- Escasas fibras.
- Apreciable materia resinosa en escamas de hasta 30µm.
- Impurezas no identificadas.

**Análisis espectrométrico (desgaste)**

Cobre - Cu	ASTM D6595	mg/kg (ppm)	< 1	< 1
Hierro - Fe	ASTM D6595	mg/kg (ppm)	2	< 1
Cromo - Cr	ASTM D6595	mg/kg (ppm)	< 1	< 1
Níquel - Ni	ASTM D6595	mg/kg (ppm)	< 1	< 1
Estaño - Sn	ASTM D6595	mg/kg (ppm)	< 1	< 1
Plomo - Pb	ASTM D6595	mg/kg (ppm)	< 1	< 1
Plata - Ag	ASTM D6595	mg/kg (ppm)	< 1	< 1
Aluminio - Al	ASTM D6595	mg/kg (ppm)	< 1	< 1

**Análisis espectrométrico  
(contaminantes)**



Silicio - Si	ASTM D6595	mg/kg (ppm)	9	15
Sodio - Na	ASTM D6595	mg/kg (ppm)	1	< 1
Bario - Ba	ASTM D6595	mg/kg (ppm)	< 1	< 1
Titanio - Ti	ASTM D6595	mg/kg (ppm)	< 1	< 1
Vanadio - V	ASTM D6595	mg/kg (ppm)	< 1	< 1
<b>Conteo de partículas por ml</b>				
> 04µm	ASTM D7647	en 1 ml	67307	41079
> 06µm	ASTM D7647	en 1 ml	13310	5918
> 10µm	ASTM D7647	en 1 ml	2204	571
> 14µm	ASTM D7647	en 1 ml	682	124
> 21µm	ASTM D7647	en 1 ml	172	25
> 38µm	ASTM D7647	en 1 ml	6,9	1,5
> 70µm	ASTM D7647	en 1 ml	1,0	1,0
> 100µm	ASTM D7647	en 1 ml	0,40	0,90
Código ISO de limpieza	ISO 4406		23/21/17	23/20/14
Código AS 4059 (Diferencial)	AS 4059		>12/11/12/9/9	12/8/9/5/9
Clase AS 4059 (Diferencial)	AS 4059		>12	12
<b>Filtrografía analítica</b>				
Análisis SEM - EDS	MI008		Adjunto	
			<u>24020737</u>	
<b><u>ENSAYOS ADICIONALES</u></b>				
Ferrografía analítica	MI026			





**Dr. Andrés Lantos**  
Vicepresidente  
Ciencia y Tecnología

Los datos informados se refieren a la muestra analizada, como fue recibida. El Laboratorio no se responsabiliza por la información suministrada por el cliente. Se autoriza solamente la reproducción total del presente informe. El Laboratorio no se responsabiliza por la Impresión ni uso posterior de la información del mismo.

Toda información surgida a partir del análisis de la muestra en cuestión, es de carácter confidencial entre el cliente y el Laboratorio, según la Ley N°24.766. No se divulgará ninguna información acerca de la misma, solo con el consentimiento del cliente. Cualquier otra información se considera información del propietario y se considerará confidencial. Ante requerimientos legales, el cliente será debidamente informado, excepto que dicha acción se encuentre prohibida por ley.

**\*\*\* FIN DEL INFORME \*\*\***

## **ANALYTICAL FERROGRAPHY - WEAR DEBRIS ANALYSIS REPORT**

06 de Marzo, 2024

TRANSPORTADORA DE GAS DEL SUR	Equipo	606-B [PLANTA TRATAYEN]
Nro. Análisis 24020737	Observaciones:	Análisis SEM-EDS de ferrografía
Fecha Extracción -		
Fecha Recepción 08/02/2024		
Fecha Ensayos 06/03/2024		

- Bajo microscopio óptico se encuentran apreciables partículas de desgaste metálicas ferrosas agrupadas en bandas alineadas según el campo magnético aplicado. Estas partículas son mayormente plaquetas asociadas a un desgaste por fatiga. Se encuentra también apreciable herrumbre y partículas cristalinas duras de gran tamaño.
- Bajo microscopio electrónico se determina que las partículas de desgaste son ferrosas, y se distinguen tres tipos de acero.
- Se encuentran apreciables partículas de acero al carbón, sin contenido de elementos aleantes significativo, con morfología de plaquetas, indicando un desgaste por fatiga, y de hasta 150 micrones.
- Se encuentran apreciables partículas correspondientes a un acero inoxidable austenítico similar a un acero tipo SAE 316, con un alto contenido de cromo, níquel y un apreciable contenido de molibdeno. Estas partículas son mayormente plaquetas y hojuelas (fatiga), de hasta 60 micrones, pero también se presentan en láminas de desgaste adhesivo y virutas de desgaste abrasivo, en menor cantidad.
- Se encuentran muy escasas partículas correspondientes a un acero tipo AISI 52100 (partícula 3), con morfología tipo plaqueta.

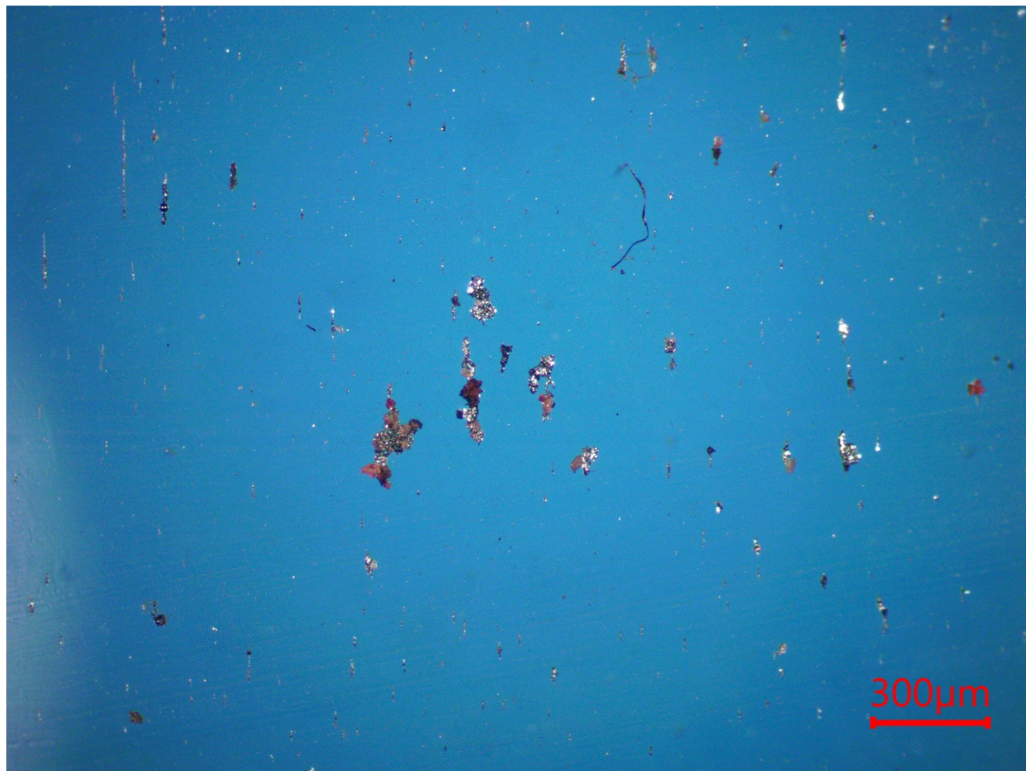


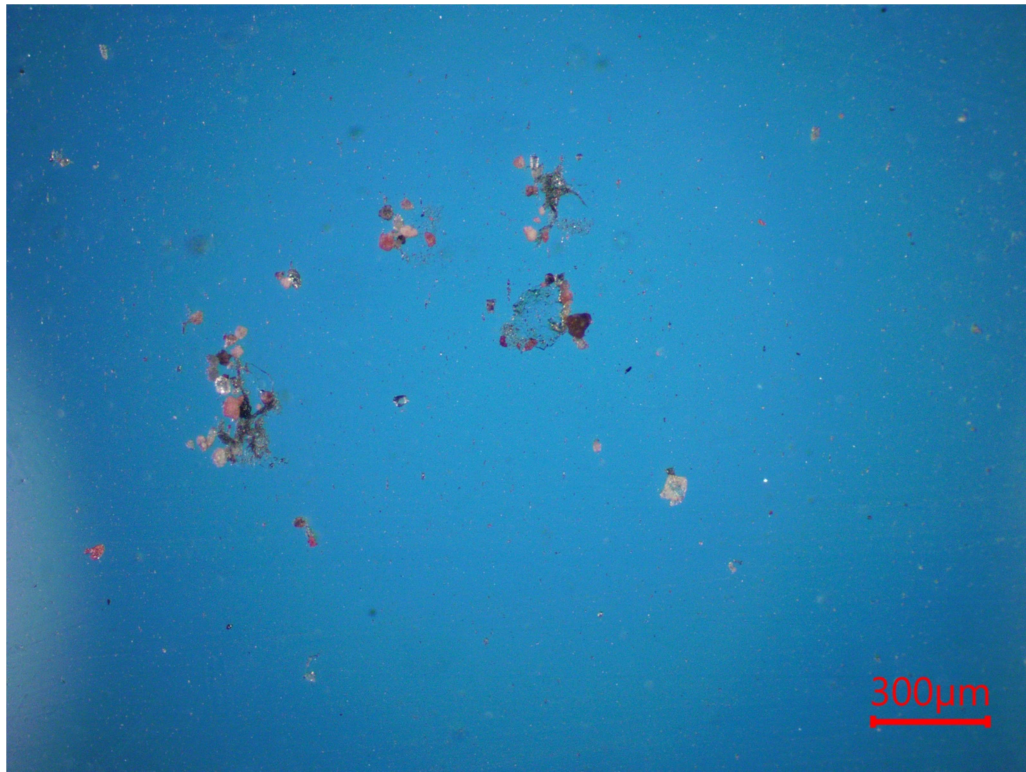
**Agustin Avalos**  
Diagnosticador  
Investigación y Desarrollo

## Findings Summary

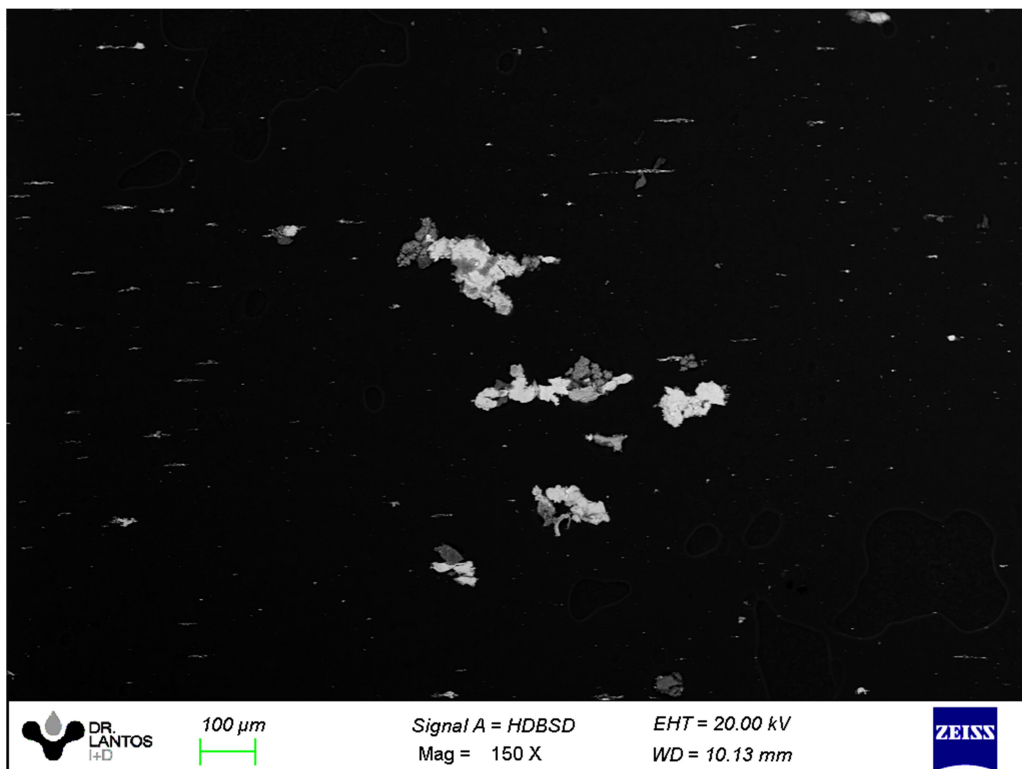
Particle	Base Element	Nearest Match	Shape	Mode	Size (µm) (average)	Amount
1	Fe	Acero al Carbono	Plaqueta	Fatiga	150	Apreciables
2	Fe	Acero al Carbono	Plaqueta	Fatiga	40	Apreciables
3	Fe	AISI 52100	Plaqueta	Fatiga	60	Apreciables
4	Fe	Acero Inoxidable Austenítico	Hojuela	Fatiga	60	Apreciables
5	Fe	Acero Inoxidable Austenítico	Plaqueta	Fatiga	35	Apreciables
6	Fe	Acero Inoxidable Austenítico	Lámina	Adhesión	60	Apreciables
7	Fe	Acero Inoxidable Austenítico	Viruta	Abrasión	230	Escasas

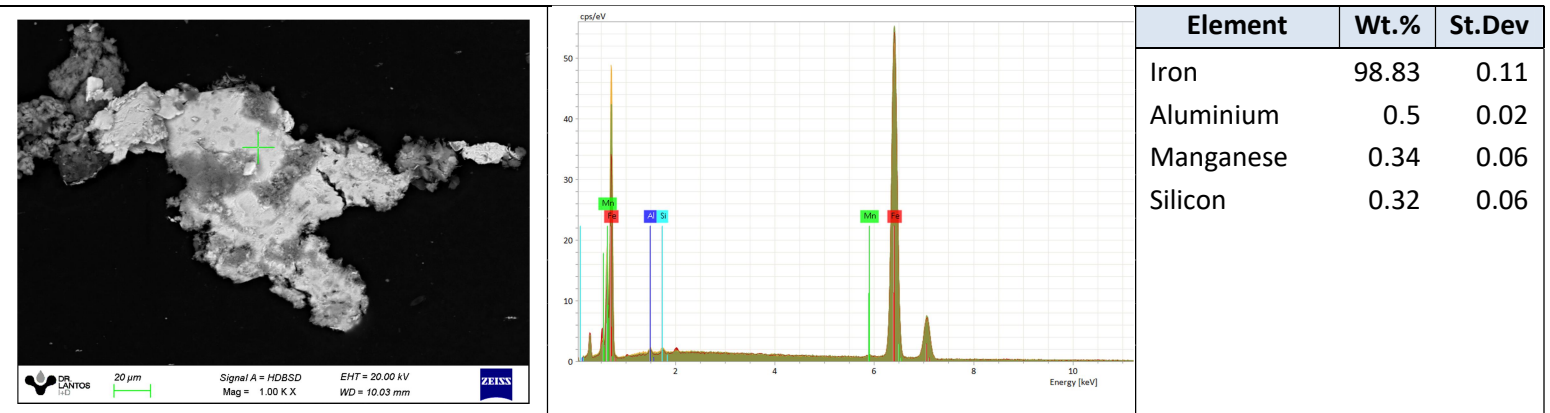
## Optical Magnification



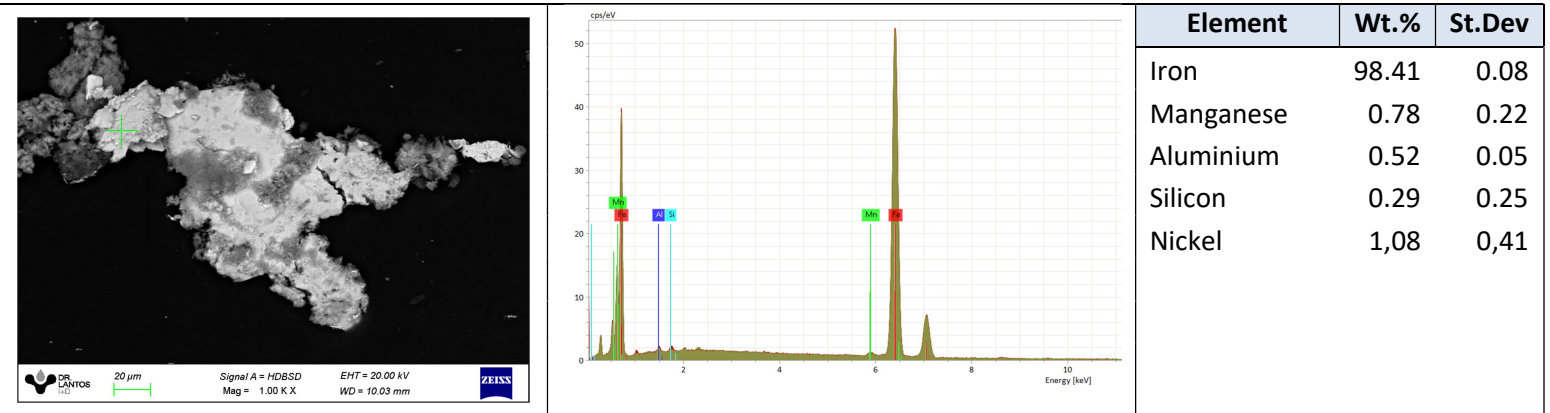


### SEM Magnification

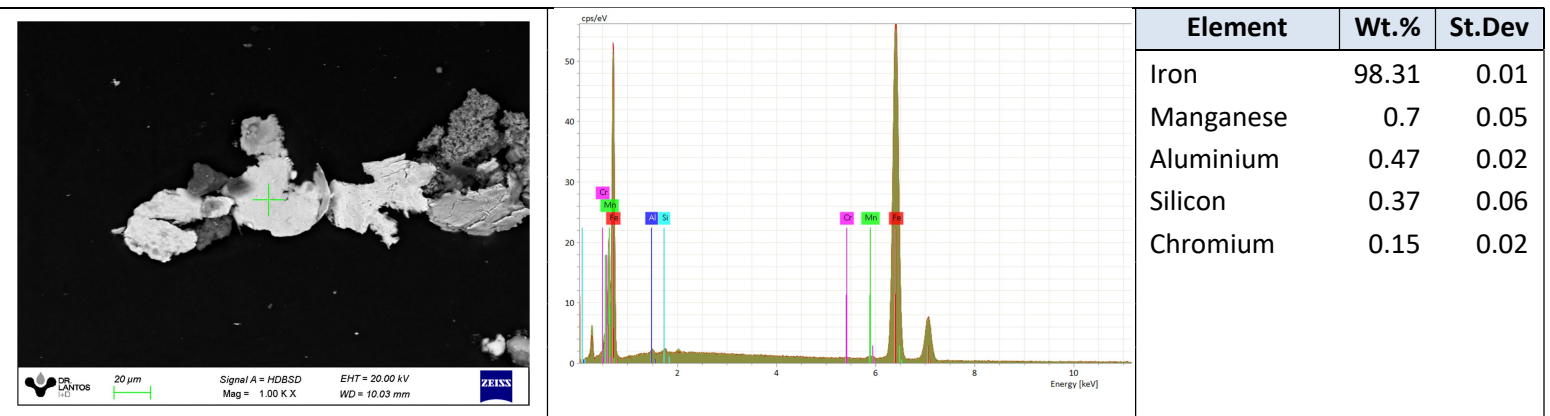


**Particle SEM-EDS Analysis**


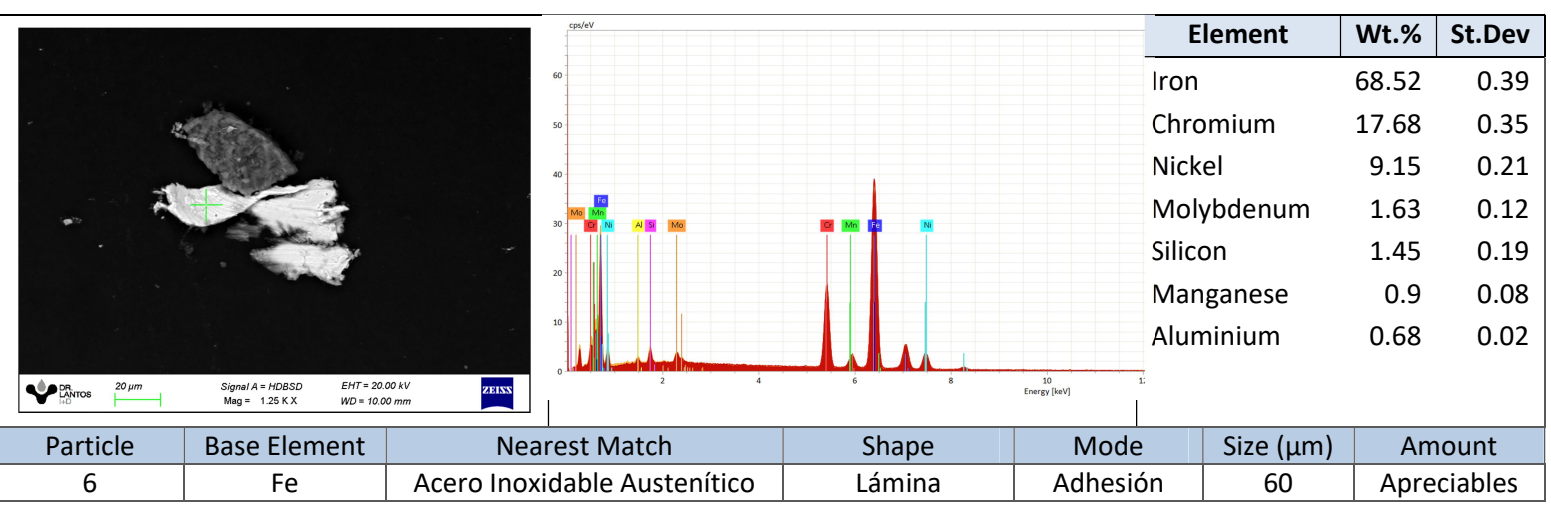
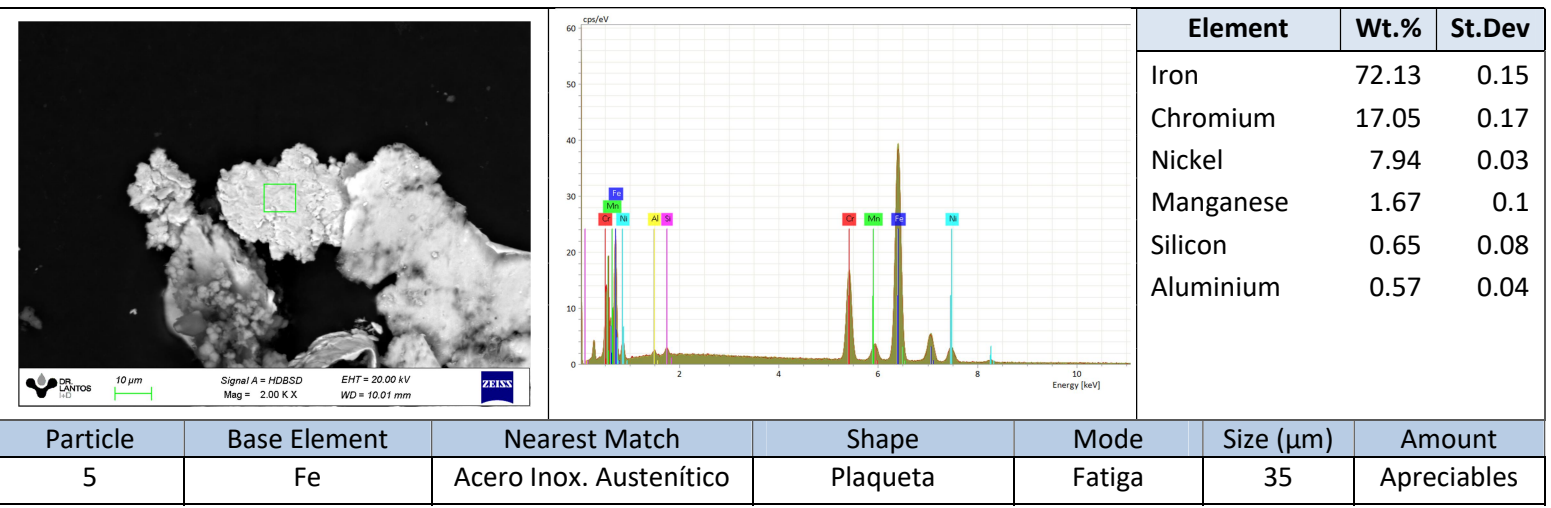
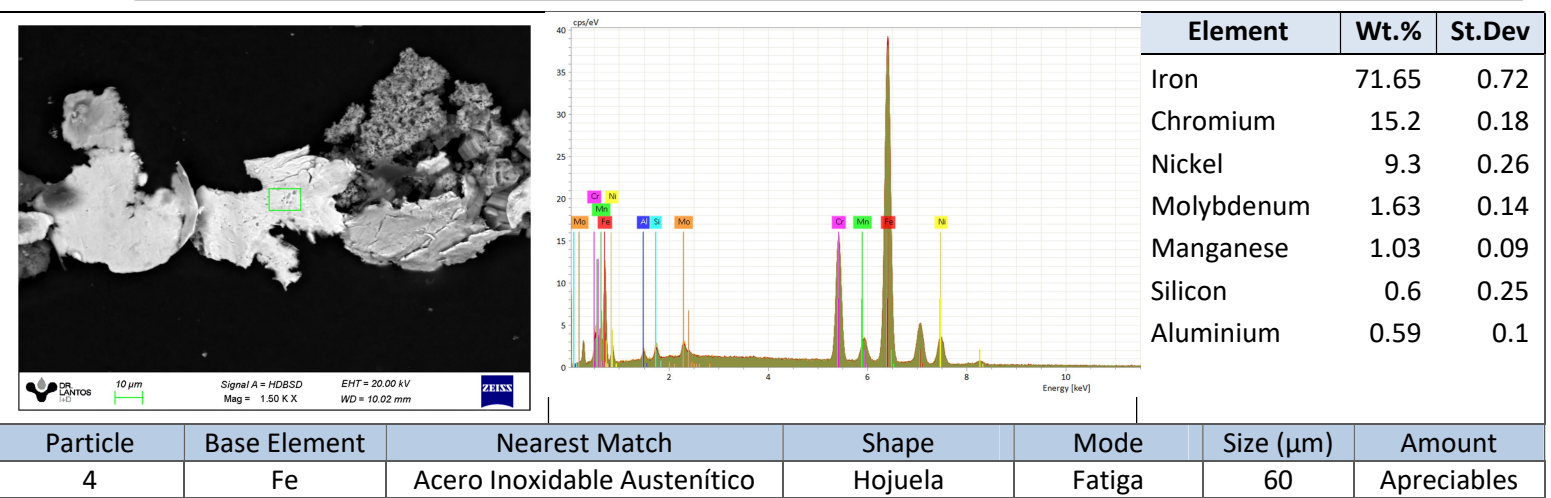
Particle	Base Element	Nearest Match	Shape	Mode	Size (µm)	Amount
1	Fe	Acero al Carbono	Plaqueta	Fatiga	150	Apreciables

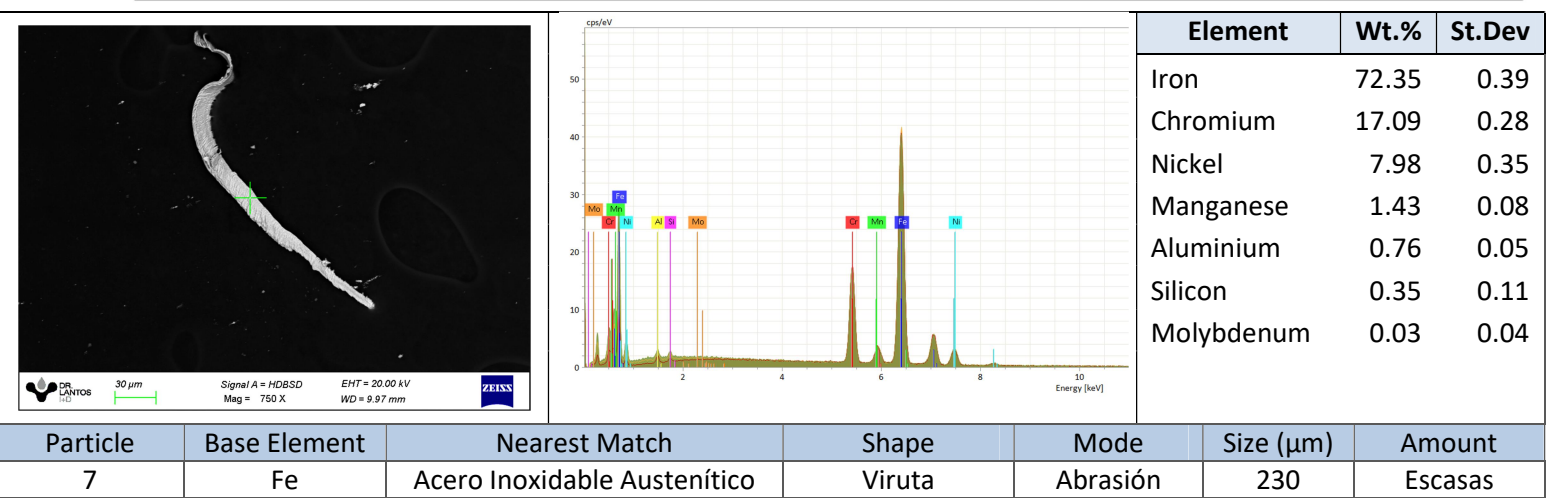


Particle	Base Element	Nearest Match	Shape	Mode	Size (µm)	Amount
2	Fe	Acero al Carbono	Plaqueta	Fatiga	40	Apreciables



Particle	Base Element	Nearest Match	Shape	Mode	Size (µm)	Amount
3	Fe	AISI 52100	Plaqueta	Fatiga	60	Apreciables





Se devuelve el remanente de muestras y elementos de Análisis para su disposición final, o en su defecto se conserva en el Laboratorio durante 3 meses.

Los datos informados se refieren a la muestra analizada, como fue recibida. El Laboratorio no se responsabiliza por la información suministrada por el cliente. Para cada determinación, la incertidumbre corresponde a la norma específica. Se autoriza solamente la reproducción total del presente informe. El Laboratorio no se responsabiliza por la impresión ni uso posterior de la información del mismo.

Toda información surgida a partir del análisis de la muestra en cuestión, es de carácter confidencial entre el cliente y el Laboratorio, según la Ley N°24.766. No se divulgará ninguna información acerca de la misma, solo con el consentimiento del cliente. Cualquier otra información se considera información del propietario y se considerará confidencial. Ante requerimientos legales, el cliente será debidamente informado, excepto que dicha acción se encuentre prohibida por ley.

**\*\*\*FIN DEL INFORME \*\*\***



**Agustin Avalos**  
 Diagnosticador  
 Investigación y Desarrollo