

**INFORME FINAL DE LA MONITORIZACIÓN DE
LUBRICANTES BIODEGRADABLES EN EL
PARQUE EXPERIMENTAL DE SOTAVENTO**

Septiembre-13

INFORME DE LABORATORIO

INTRODUCCIÓN.-

Más del 90% de los lubricantes utilizados actualmente en Europa no son biodegradables y están principalmente basados en aceite mineral que es una materia prima no renovable. En los últimos años está creciendo el interés por los lubricantes biodegradables y atóxicos, inicialmente desarrollados para aplicaciones a pérdida total o con riesgo de fuga con el fin de evitar contaminaciones de ríos, lagos y acuíferos. Sin embargo, también está creciendo el concepto de renovabilidad aplicado a los lubricantes lo que ha provocado un mayor interés en la fabricación de lubricantes a partir de ésteres vegetales.

Los biolubricantes basados en recursos renovables ofrecen grandes posibilidades para el desarrollo económico rural. Puesto que los aceites vegetales son materias primas disponibles en España, los agricultores españoles podrían beneficiarse de una mayor demanda de sus productos. El uso de lubricantes biodegradables nos permite conseguir sistemas de trabajo mucho más sostenibles y respetuosos con el medio ambiente, además de evitar las consecuencias desastrosas en el caso de derrames accidentales.

Los biolubricantes permiten obtener un rendimiento técnico similar a los lubricantes de base mineral en un gran número de aplicaciones, aún cuando existen algunas limitaciones principalmente relacionadas con temperaturas extremas. Poseen además la ventaja adicional de que son rápidamente biodegradables y carecen de componentes tóxicos tanto para el medioambiente como para el ser humano.

Verkol S.A. ha trabajado en este campo de los lubricantes biodegradables, atóxicos y renovables dentro del proyecto BIOVESIN (Proyecto PSE 420000-2008-004) cofinanciado con fondos Feder a través del Ministerio de Ciencia e Innovación. Una vez acabado el proyecto comenzamos una fase de demostración de funcionamiento mediante las pruebas en campo que se han desarrollado en el Parque Eólico Experimental de Sotavento con un aceite para multiplicadora y una grasa para coronas de orientación.

OBJETIVOS.-

Dentro del proyecto BIOVESIN se plantea como objetivo lubricar todos los elementos de un aerogenerador con lubricantes de origen renovable, atóxicos y biodegradables con el fin de llevar el concepto de energías limpias hasta sus últimas consecuencias tanto en la generación (energía eólica) como en el mantenimiento del equipo (lubricantes 'verdes').

Para ello se ha trabajado en la elección de los fluidos vegetales y de síntesis que se ajustan a los requisitos ecotóxicos y de prestaciones técnicas, así como en la selección de los aditivos que mejoran las prestaciones de las bases lubricantes empleadas siendo a su vez conformes con los requisitos del Ecolabel, el referente europeo que especifica los requisitos para diferentes productos, entre ellos los lubricantes, con el fin de identificarlos como amigables para el medio-ambiente.

Dentro de la presente fase de demostración desarrollada en el Parque Eólico Experimental de Sotavento se plantea la utilización de los siguientes biolubricantes:

- Aceite de engranajes para la multiplicadora
- Grasa para la lubricación de la corona de orientación

Las características técnicas de los productos a desarrollar vienen fijadas por la aplicación, por los requisitos específicos del sector y por los requisitos medio-ambientales recogidos en el referente europeo Ecolabel.

INFORME DE LABORATORIO

SITUACION ACTUAL.-

La grasa para la corona y el aceite de multiplicadora han estado funcionando por un período de dos años en diferentes aerogeneradores del Parque Eólico Experimental de Sotavento.

- Aerogenerador AE-05: aceite BIOGIR-212 en multiplicadora y grasa BIOGIR-302 en corona de orientación.
- Aerogenerador AE-09: aceite BIOGIR-212 en multiplicadora.
- Aerogenerador AE-22: grasa BIOGIR-302 en corona de orientación.

Se tratan de aerogeneradores Bonus de 600 Kw que montan multiplicadoras Winergy.

RESULTADOS.-

Fluido lubricante

Los resultados de la evolución del aceite de la multiplicadora del AE-05 y de la multiplicadora AE-09 comparados con el aceite nuevo BIOGIR-212 se muestran en la Tabla 1 y Tabla 2.

En las Gráficas 1, 2, 3 y 4 se presentan la evolución de la viscosidad a 40°C, de la acidez como TAN (Total Acid Number), del contenido en fósforo (P) y en hierro (Fe) en el tiempo.

Se pueden observar los siguientes efectos más importantes sobre las características analizadas:

- La viscosidad de ambos aceites permanece prácticamente inalterable durante el tiempo de prueba. Por su parte, la acidez ha subido entre 0.55-0.67 mgrKOH/gr respecto de los valores de partida que se valora como una desviación pequeña. El hecho de que la viscosidad y la acidez se mantengan estables durante el tiempo del ensayo indica que no se ha producido degradación oxidativa importante en el aceite.
- Los contenidos en P, elemento relacionado con la aditivación del aceite, se muestran estables en el tiempo.
- Los contenidos en silicio (Si) debida a contaminación (polvo) exterior y en Fe, normalmente relacionado con situaciones de desgaste de materiales, se mantienen bajos y estables a lo largo del ensayo. Asimismo, el PQ index (índice de susceptibilidad magnética) relacionado con el contenido de partículas grandes de desgaste es muy bajo.
- Se aprecian concentraciones de cinc (Zn) y molibdeno (Mo) cuyo origen es desconocido (aunque se valora probable contaminación con el fluido anterior) pero que se mantienen estables y constantes a lo largo del ensayo por lo que no se consideran relevantes.

Grasa lubricante

Los resultados de la evolución de las características fisico-químicas de la grasa empleada en la corona de orientación del AE-05 y del AE-09 comparados con las características de la grasa nueva BIOGIR-302 se muestran en la Tabla 3 y Tabla 4. En las Gráficas 5 y 6 se muestran los espectros de Infra-rojo (IR) de la grasa original empleada con anterioridad a la prueba y de la grasa biodegradable. En las Gráficas desde 7 a 13 se muestra la evolución de los IR de las muestras tomadas de las coronas de los dos aerogeneradores.

Se puede apreciar que las Gráficas 9 y 10 del AE-5 son diferentes a las Gráficas 7 y 12 indicando contaminación con la grasa original debido a una incorrecta práctica de mantenimiento. Asimismo se aprecia una contaminación importante con otro producto en la última toma del AE-22 (Gráfica 13).

INFORME DE LABORATORIO

Finalmente se reportan fotografías de los residuos encontrados en algunas de las muestras de grasa que se han diluido en disolvente separándose a continuación las partículas fácilmente magnetizables con la ayuda de un imán. Estas partículas corresponden normalmente a desgaste de la corona y se puede apreciar que correlacionan con los contenidos en Fe elevados medidos por técnicas espectroscópicas. Se observa mayor concentración de Fe en el AE-22 probablemente debido a que se trata de una corona nueva que presenta el lógico desgaste debido al rodaje. Se debe considerar que las grasas lubricantes, a diferencia de los aceites, no fluyen y no pasan por un filtro que elimina los contaminantes y los elementos de desgaste, de manera que van acumulando las partículas en el tiempo. El aerogenerador AE-18 de la Foto 2 se informa a efectos comparativos con la grasa original.

La última muestra tomada del AE-22 con 13689 horas de trabajo presenta contenidos normales en Fe del orden de los valores obtenidos en el AE-05 con 15845 horas. Sin embargo, se ha reconocido una incorrecta práctica de mantenimiento por la que se ha mezclado grasa original con la grasa biodegradable en ambos aerogeneradores de manera que los resultados de la grasa biodegradable no serán, probablemente, completamente demostrativos del funcionamiento del nuevo producto.

CONCLUSIONES.-

Se ha realizado un ensayo de demostración de aceite de multiplicadora y de grasa para coronas de orientación de aerogeneradores basados en fluidos biodegradables y atóxicos durante un período de dos años en colaboración con el Parque Eólico Experimental de Sotavento.

Los resultados de las características fisico-químicas analizadas durante la monitorización de los aceites en uso indican que se encuentran en condiciones de utilización al cabo de los dos años de trabajo.

Los resultados del comportamiento de la grasa lubricante no han resultado plenamente demostrativos al haberse producido un error en el mantenimiento de las coronas, habiéndose empleado de nuevo grasa original en algún momento de la relubricación semestral.

Firmado: F. URQUIOLA
Dir. Técnico

Fecha: 16/09/13



INFORME DE LABORATORIO

Tabla 1.- Tabla de datos de la multiplicadora AE-05.

CARACTERÍSTICAS	NORMA	BIOGIR-212							
		0	700	1200	4754	5507	7645	11322	15967
Tiempo funcionamiento acumulado (horas)		0	700	1200	4754	5507	7645	11322	15967
Estado									
Aspecto	PE-TA.096	Transp. Oscuro	Transp. Oscuro	Transp. Oscuro	Transp. Oscuro	Transp. Oscuro	Transp. Oscuro	Transp. Oscuro	Transp. Oscuro
Viscosidad cinemática a 40°C (cSt)	ASTM D 445-12	216,5	219,9	220,9	218,9	218,9	217,6	213,8	212,9
Viscosidad cinemática a 100°C (cSt)	ASTM D 445-12				27	27,1	26,9	26,4	26,2
Índice de viscosidad	ASTM D 2270-10				158	159	158	157	156
Nitración (ABS/cm)	PE-TA.071	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	1
Oxidación (ABS/cm)	PE-TA.071	<1	<1	<1	<1	1	<1	<1	1
T.A.N. (mg. KOH/gr.)	ASTM D 974-12	1,11	1,14	0,92	1,42	1,5	1,45	1,58	1,66
Contenido en agua (%)	PE-TA.071	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Aditivos									
Contenido en B (ppm)	ASTM D 5185-09 mod.	0	0	0	3	0	1	5	2
Contenido en Ca (ppm)	ASTM D 5185-09 mod.	0	0	1	0	3	0	1	1
Contenido en Mg (ppm)	ASTM D 5185-09 mod.	1	0	1	0	1	0	2	1
Contenido en P (ppm)	ASTM D 5185-09 mod.	486	681	561	797	645	677	706	640
Contenido en Zn (ppm)	ASTM D 5185-09 mod.	1	21	17	27	23	20	34	28
Metales de desgaste y contaminación									
Contenido en Al (ppm)	ASTM D 5185-09 mod.	0	0	1	3	1	0	2	1
Contenido en Cr (ppm)	ASTM D 5185-09 mod.	0	0	0	0	0	0	0	0
Contenido en Cu (ppm)	ASTM D 5185-09 mod.	0	0	1	2	1	2	3	2
Contenido en Fe (ppm)	ASTM D 5185-09 mod.	0	1	2	8	4	7	14	16
Contenido en Mo (ppm)	ASTM D 5185-09 mod.	0	21	18	30	25	23	32	26
Contenido en Na (ppm)	ASTM D 5185-09 mod.	0	0	0	0	0	0	0	1
Contenido en Ni (ppm)	ASTM D 5185-09 mod.	0	0	0	0	0	0	0	0
Contenido en Si (ppm)	ASTM D 5185-09 mod.	0	1	0	4	4	3	4	4
Contenido en Sn (ppm)	ASTM D 5185-09 mod.	0	0	1	0	0	0	0	0
Partículas									
PQ Index	PE-TA.124				2	5	4	2	0

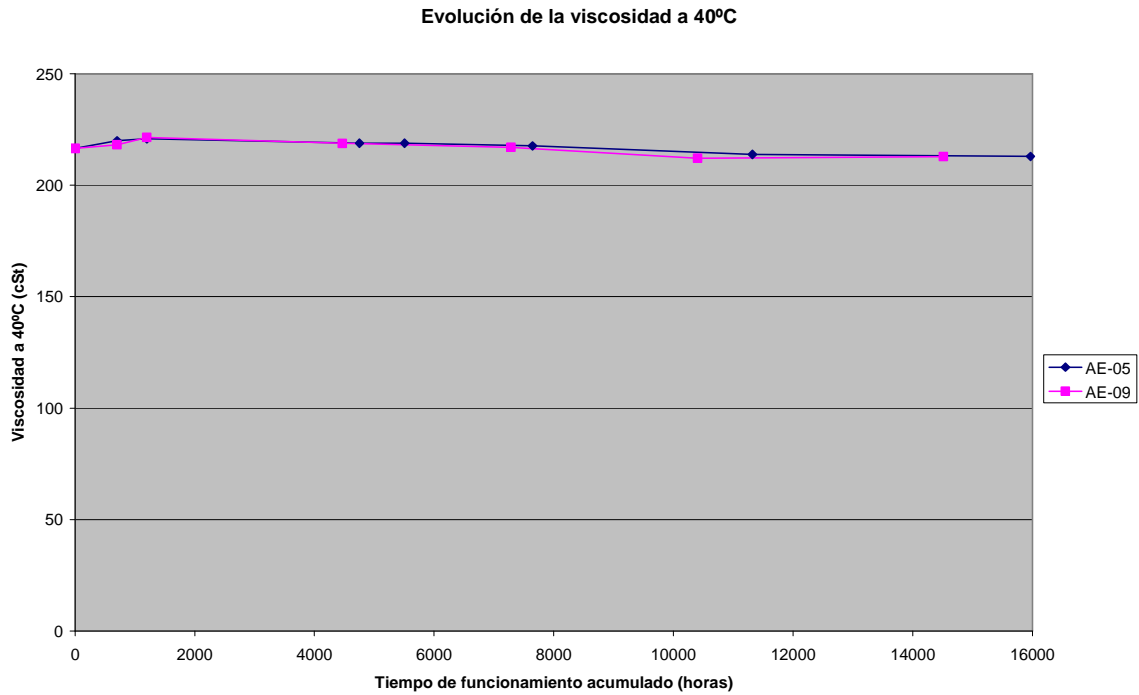
INFORME DE LABORATORIO

Tabla 2.- Tabla de datos de la multiplicadora AE-09.

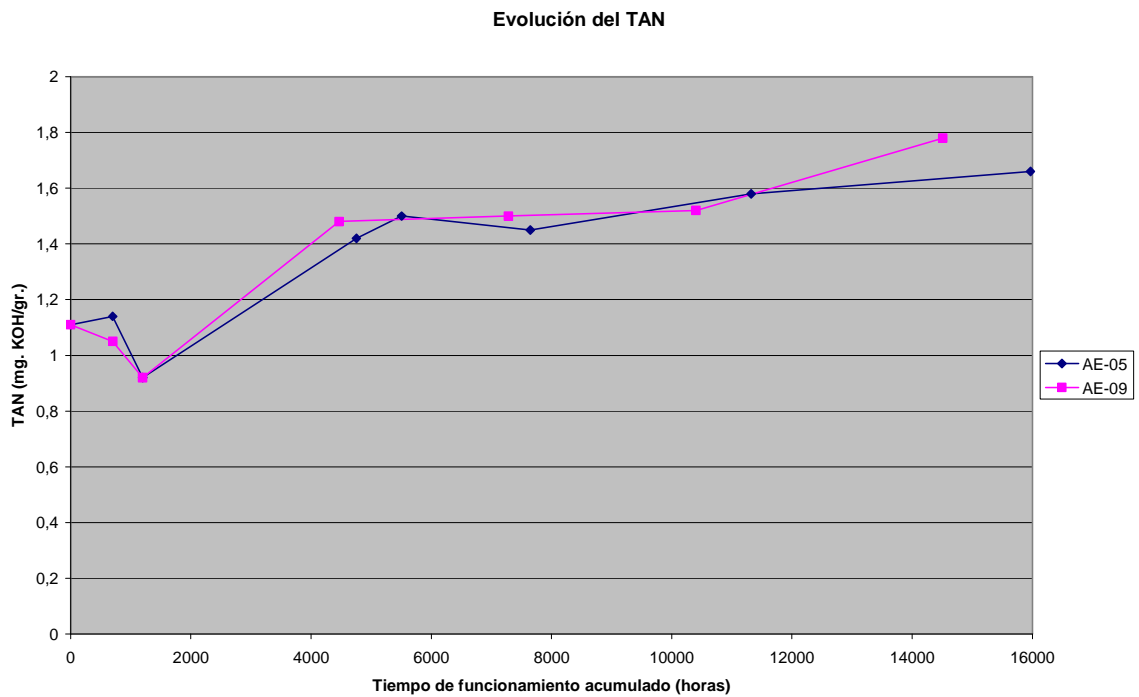
CARACTERÍSTICAS	NORMA	BIOGIR-212						
		0	700	1200	4468	7286	10407	14510
Tiempo funcionamiento acumulado (horas)		0	700	1200	4468	7286	10407	14510
Estado								
Aspecto	PE-TA.096	Transp. Oscuro	Transp. Oscuro	Transp. Oscuro	Transp. Oscuro	Transp. Oscuro	Transp. Oscuro	Transp. Oscuro
Viscosidad cinemática a 40°C (cSt)	ASTM D 445-12	216,5	218,2	221,4	218,8	217	212,1	212,8
Viscosidad cinemática a 100°C (cSt)	ASTM D 445-12				26,9	26,8	26,4	26,1
Índice de viscosidad	ASTM D 2270-10				158	158	158	156
Nitración (ABS/cm)	PE-TA.071	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Oxidación (ABS/cm)	PE-TA.071	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
T.A.N. (mg. KOH/gr.)	ASTM D 974-12	1,11	1,05	0,92	1,48	1,5	1,52	1,78
Contenido en agua (%)	PE-TA.071	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Aditivos								
Contenido en B (ppm)	ASTM D 5185-09 mod.	0	0	0	4	1	1	3
Contenido en Ca (ppm)	ASTM D 5185-09 mod.	0	3	0	0	0	1	2
Contenido en Mg (ppm)	ASTM D 5185-09 mod.	1	0	1	0	0	2	0
Contenido en P (ppm)	ASTM D 5185-09 mod.	486	677	484	729	690	743	620
Contenido en Zn (ppm)	ASTM D 5185-09 mod.	1	30	20	31	26	43	33
Metales de desgaste y contaminación								
Contenido en Al (ppm)	ASTM D 5185-09 mod.	0	0	0	2	0	2	1
Contenido en Cr (ppm)	ASTM D 5185-09 mod.	0	0	0	0	0	0	0
Contenido en Cu (ppm)	ASTM D 5185-09 mod.	0	0	0	0	1	2	3
Contenido en Fe (ppm)	ASTM D 5185-09 mod.	0	0	1	13	7	13	12
Contenido en Mo (ppm)	ASTM D 5185-09 mod.	0	25	19	35	33	48	36
Contenido en Na (ppm)	ASTM D 5185-09 mod.	0	0	0	5	0	0	1
Contenido en Ni (ppm)	ASTM D 5185-09 mod.	0	0	0	0	0	0	0
Contenido en Si (ppm)	ASTM D 5185-09 mod.	0	1	1	3	3	4	3
Contenido en Sn (ppm)	ASTM D 5185-09 mod.	0	0	0	0	0	0	1
Partículas								
PQ Index (Adim)	PE-TA.124				5	4	0	0

INFORME DE LABORATORIO

Gráfica 1.-

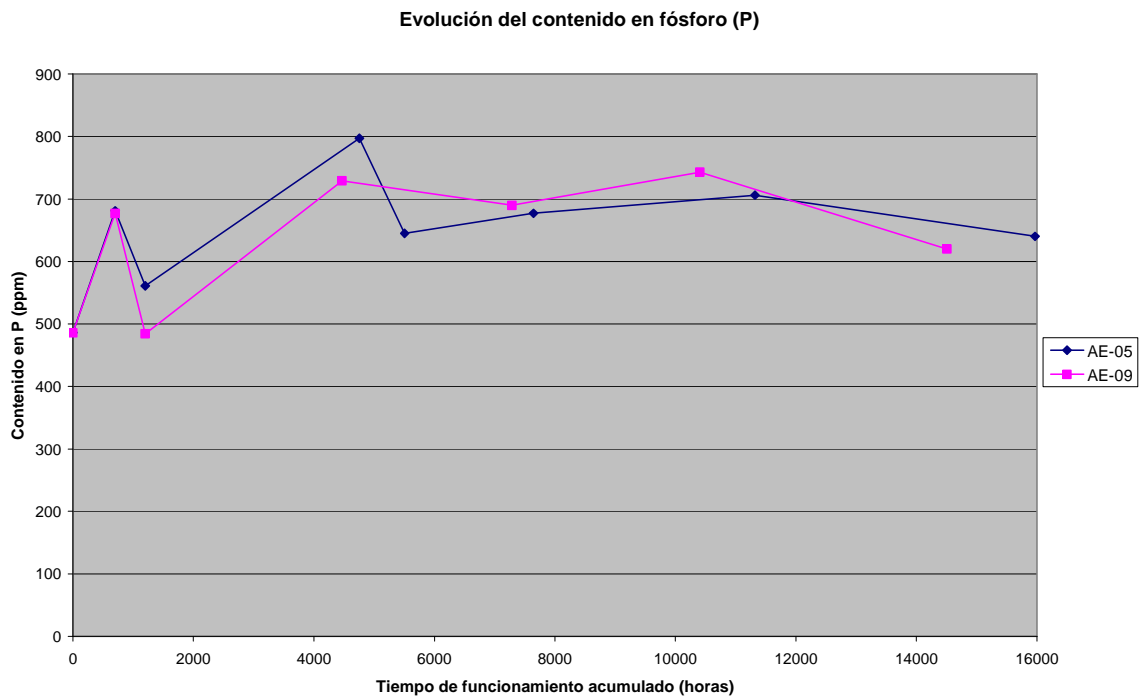


Gráfica 2.-

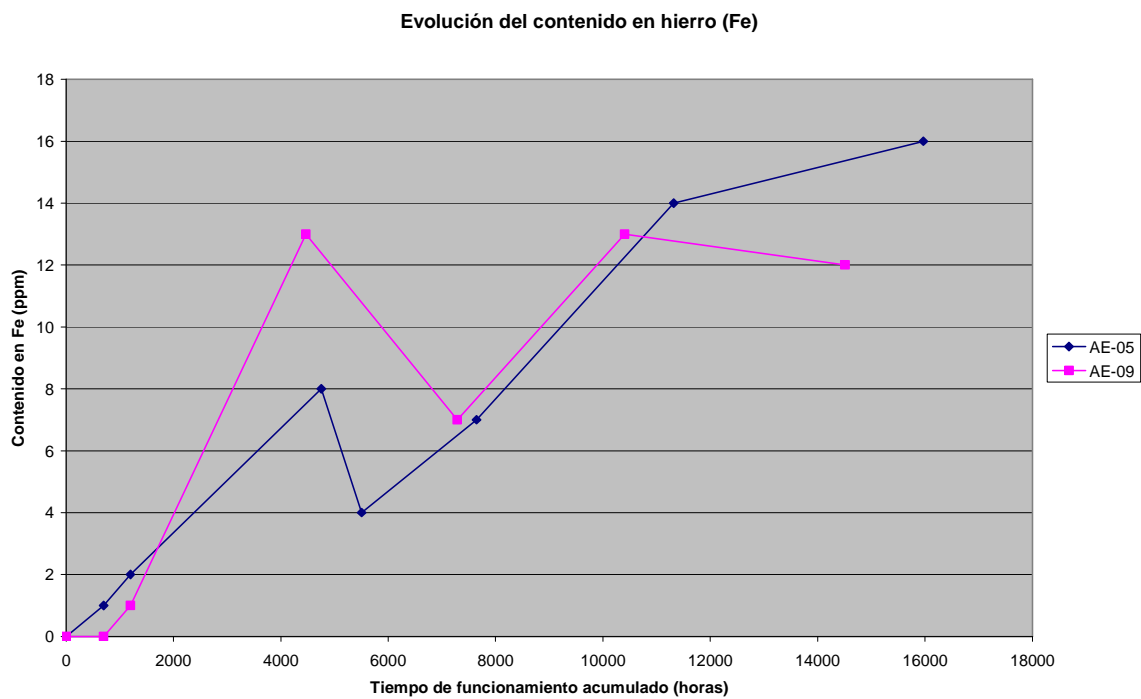


INFORME DE LABORATORIO

Gráfica 3.-



Gráfica 4.-



INFORME DE LABORATORIO

Tabla 3.- Tabla de datos de la corona de orientación AE-05.

CARACTERISTICAS	NORMA	BIOGIR-302						
		Nueva /sin usar	14/03/2011	12/04/2011	29/11/2011	27/03/2012	21/12/2012	04/06/2013
Fecha recepción muestra:								
Tiempo funcionamiento acumulado (horas)		0	700	1200				15845
Estado								
Aspecto	PE-TA.096	Transp.oscuro	Transp.oscuro					
Contenido en agua (mg/Kg)	UNE EN 60814-99	1221		8054				
Punto de gota (°C)	METTL FH-83HT	272			262	231	218	208
HPDSC din 5°c/min. 100 psi O2 (°C)	V-MA 03.2	205,29			173,65	187,7	163,82	223,07
Aditivos								
Contenido en B (ppm)	ASTM-D-5185-05	70	11	311				
Contenido en Ba (ppm)		0	11	3		13	6	<10
Contenido en Ca (ppm)	ASTM-D-5185-05	9360	70	928		12910	9476	153
Contenido en P (ppm)	ASTM-D-5185-05	90	1578	1145		324	235	1456
Contenido en Zn (ppm)	ASTM-D-5185-05	30	3047	1257		3148	2202	1389
Metales de desgaste y contaminación								
Contenido en Al (ppm)	ASTM-D-5185-05	0	0	14		124	136	<3
Contenido en Cr (ppm)	ASTM-D-5185-05	0	86	110		388	336	12
Contenido en Cu (ppm)	ASTM-D-5185-05	0	155	269		164	155	87
Contenido en Fe (ppm)	ASTM-D-5185-05	3	9267	13919		3,47%	3,04%	2648
Contenido en K (ppm)	ASTM-D-5185-05	46		235		547	1035	49
Contenido en Mn (ppm)	ASTM-D-5185-05	0	72	109		305	257	15
Contenido en Mo (ppm)	ASTM-D-5185-05	0	1156	717		431	437	1512
Contenido en Ni (ppm)	ASTM-D-5185-05	0	8	6		61	62	<2
Contenido en Si (ppm)	ASTM-D-5185-05	60	145	198		399	393	6
Contenido en Sn (ppm)	ASTM-D-5185-05	5	30	44		1	96	<10

INFORME DE LABORATORIO

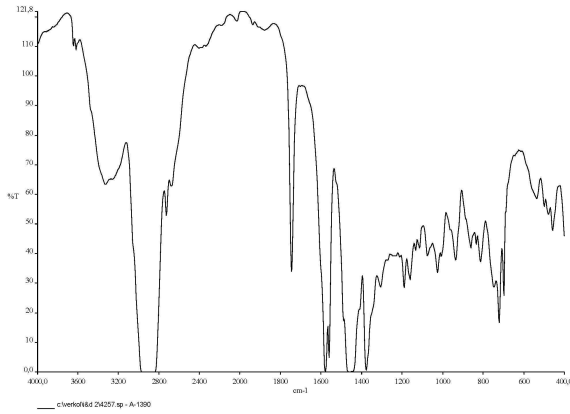
Tabla 4.- Tabla de datos de la corona de orientación AE-22.

CARACTERISTICAS	NORMA	BIOGIR-302						
		Nueva /sin usar	12/04/2011	29/11/2011	27/03/2012	16/10/2012	21/12/2012	04/06/2013
Fecha recepción muestra:								
Tiempo funcionamiento acumulado (horas)		0	450					13689
Estado								
Aspecto	PE-TA.096	Transp.oscuro	Transp.oscuro					
Contenido en agua (mg/Kg)	UNE EN 60814-99	1221	4762					
Punto de gota (°C)	METTL FH-83HT	272		298	245	198	225	208
HPDSC din 5°c/min. 100 psi O2 (°C)	V-MA 03.2	205,29		178,18	149,6	157,19	149,67	223,05
Aditivos								
Contenido en B (ppm)	ASTM-D-5185-05	70	293					
Contenido en Ba (ppm)		0	1		<6	11	21	<10
Contenido en Ca (ppm)	ASTM-D-5185-05	9360	2031		5428	2453	2552	2141
Contenido en P (ppm)	ASTM-D-5185-05	90	919		515	784	700	1272
Contenido en Zn (ppm)	ASTM-D-5185-05	30	1627		658	612	1662	1464
Metales de desgaste y contaminación								
Contenido en Al (ppm)	ASTM-D-5185-05	0	0		51	<3	48	14
Contenido en Cr (ppm)	ASTM-D-5185-05	0	26		2605	2719	1678	70
Contenido en Cu (ppm)	ASTM-D-5185-05	0	109		379	396	246	127
Contenido en Fe (ppm)	ASTM-D-5185-05	3	2716		21,82%	22,84%	14,13%	8109
Contenido en K (ppm)	ASTM-D-5185-05	46	272		2193	966	882	336
Contenido en Mn (ppm)	ASTM-D-5185-05	0	27		1993	2063	1289	60
Contenido en Mo (ppm)	ASTM-D-5185-05	0	635		564	649	439	1295
Contenido en Ni (ppm)	ASTM-D-5185-05	0	2		195	250	135	<2
Contenido en Si (ppm)	ASTM-D-5185-05	60	70		497	306	380	62
Contenido en Sn (ppm)	ASTM-D-5185-05	5	23		98	72	58	<10

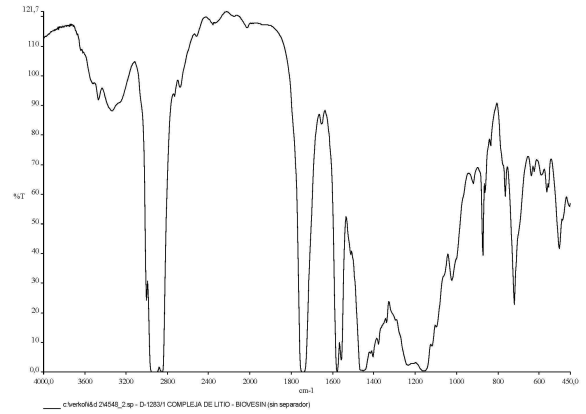
INFORME DE LABORATORIO

ESPECTROS DE INFRARROJO

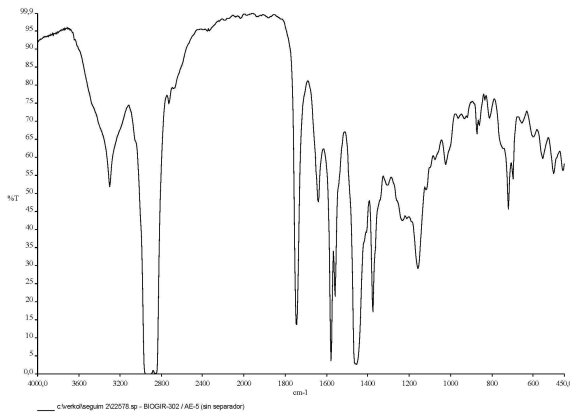
Gráfica 5.- Grasa original



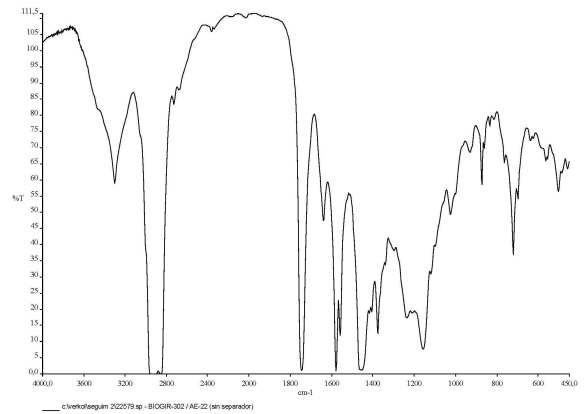
Gráfica 6.- Grasa biodegradable Verkol



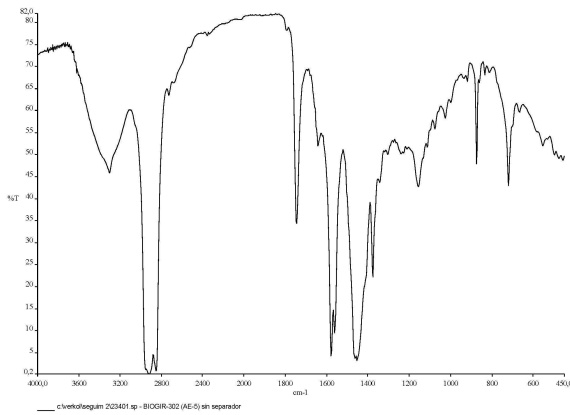
Gráfica 7.- AE-05 (29/11/11)



Gráfica 8.- AE-22 (29/11/11)

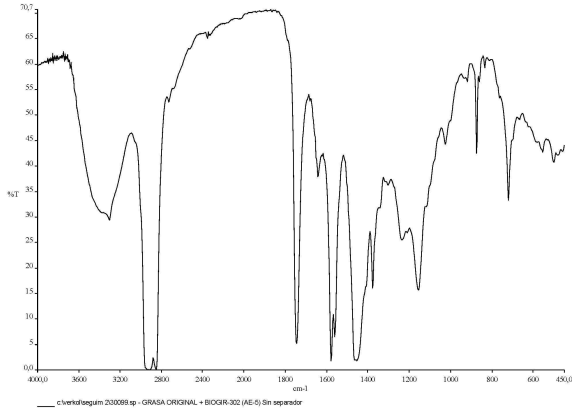


Gráfica 9.- AE-05 (27/03/12)

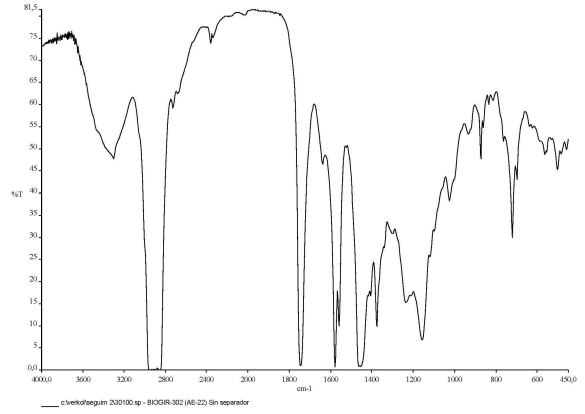


INFORME DE LABORATORIO

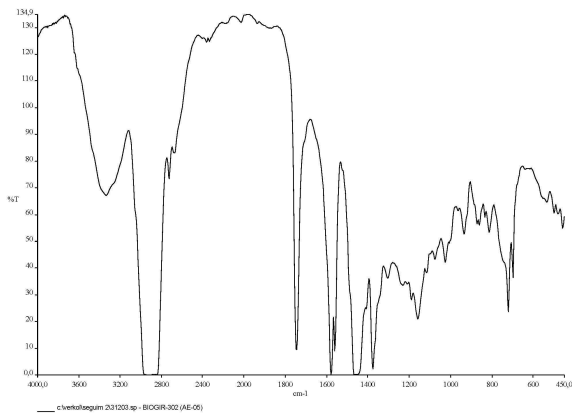
Gráfica 10.- AE-05 (21/12/12)



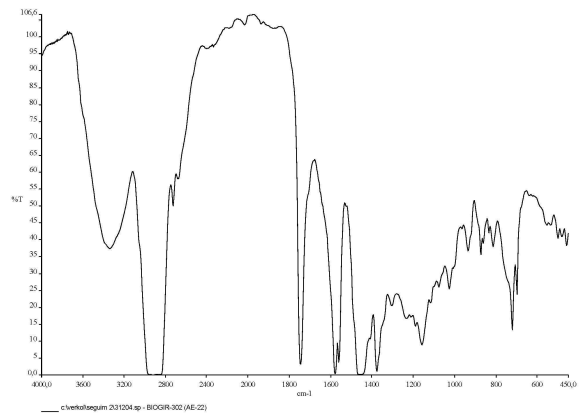
Gráfica 11.- AE-22 (21/12/12)



Gráfica 12.- AE-05 (04/06/13)



Gráfica 13.- AE-22 (04/06/13)



INFORME DE LABORATORIO

FOTOGRAFÍAS DE PARTÍCULAS FÉRREAS PRESENTES EN 1g DE MUESTRA

Foto 1.- AE-22 (16/10/12)



Foto 2.- AE-05 / AE-22 / AE-18 (21/12/12)



Foto 3.- AE-05 / AE-22 (04/06/13)

