

Universidad Carlos III de Madrid  
Escuela Politécnica Superior  
Departamento de Ingeniería Eléctrica



Presentación Proyecto Fin de Carrera:  
**Monitorización continua de Descargas Parciales para  
caracterización de sistemas de aislamiento en máquinas  
eléctricas.**

Autor: Álvaro Sancho Blázquez  
Tutor: Juan Manuel Martínez Tarifa  
Leganés, Diciembre 2010.

# Contenido:

- **Bloque 1:** Introducción a la detección de Descargas Parciales en máquinas rotativas.
- **Bloque 2:** Software de Monitorización de Techimp Systems S.r.l.
- **Bloque 3:** Resultados de ensayos de envejecimiento.
- **Bloque 4:** Conclusiones

# Contenido:

- **Bloque 1: Introducción a la detección de Descargas Parciales en máquinas rotativas.**
- **Bloque 2: Software de Monitorización de Techimp Systems S.r.l.**
- **Bloque 3: Resultados de ensayos de envejecimiento.**
- **Bloque 4: Conclusiones**

# 1. Fenómeno de Descargas Parciales

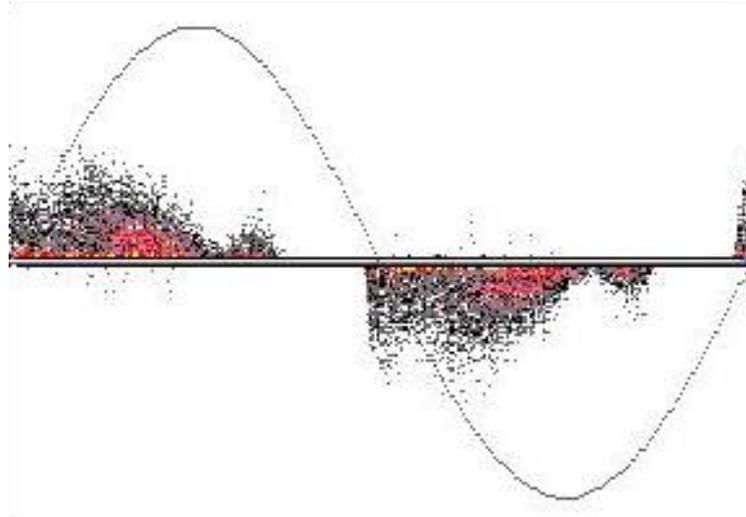
## 1.1. Introducción

Las descargas parciales "DP" son ionizaciones que cortocircuitan sólo parcialmente el material aislante que se encuentra entre dos conductores a diferente potencial.

**RESPONSABLES DIRECTAS DEL DETERIORO EN LOS SISTEMAS DE AISLAMIENTO**

### **TIPOS:**

- Superficiales
- Internas
- Efecto Corona

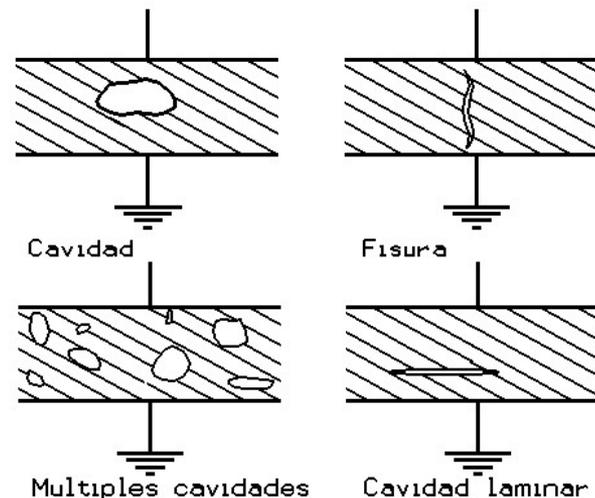


Patrón de Descargas Parciales

# 1. Fenómeno de Descargas Parciales

## CAUSAS:

- Burbujas, huecos, grietas en interior del aislamiento.
- Impurezas y elementos extraños.
- Errores de diseño en el sistema de aislamiento.
- Degradación de la homogeneidad en el aislamiento.



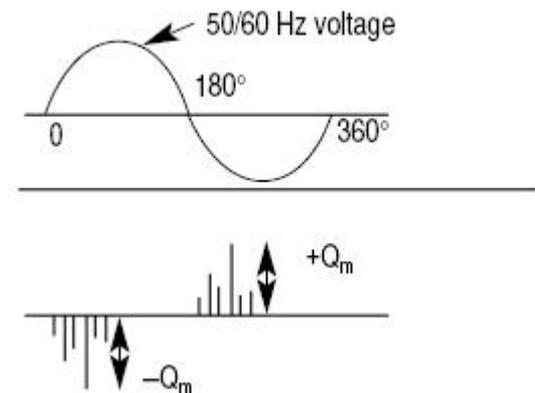
Defectos del aislamiento

Imprescindible una fase gaseosa para que se produzcan.

# 1. Fenómeno de Descargas Parciales

## CONSECUENCIAS:

- Radiación ultra-violeta y rayos X.
- Formación y emisión de gases como ácido nítrico y ozono que provoca un ataque químico.
- Potencia eléctrica disipada en forma de calor. Calentamiento del dieléctrico.
- Erosión del material provocada por impacto directo de electrones de alta energía o iones.
- Ruido en frecuencias audibles o ultrasónicas.



# 1. Fenómeno de Descargas Parciales

## 1.2. Aislamiento estatórico y Descargas Parciales.

La existencia de DP es un síntoma de una deficiencia en el aislante de máquinas eléctricas rotativas.

**SISTEMA DE AISLAMIENTO**  **1 ó + MATERIALES AISLANTES**

Un material aislante es una sustancia en la que la conductividad eléctrica es muy pequeña, y evita conexiones eléctricas indeseadas.

### TIPOS DE MATERIALES:

- **Materiales naturales:** fibras naturales (celulosa, lana, algodón, seda...), resinas naturales y sólidos (arena, minerales...).
- **Películas plásticas y telas:** plástico sintético y polímero de fibra.
- **Materiales sintéticos:** poliuretano, propileno y policarbonato.
- **Resinas sintéticas líquidas:** Poliésteres, resinas epoxi.
- **Fibra de vidrio**

# 1. Fenómeno de Descargas Parciales

## Componentes básicos de aislamiento del devanado estatórico.

- **Aislante de hilo (strand insulation).**

Recubrimiento exterior de cada hilo conductor que forma una bobina.

- **Aislante de espira (turn insulation).**

Material aislante que recubre una espira. Se encuentra alrededor de los apilamientos de cobre. Se utiliza cuando las espiras están formadas por varios conductores.

- **Aislante a tierra (groundwall insulation).**

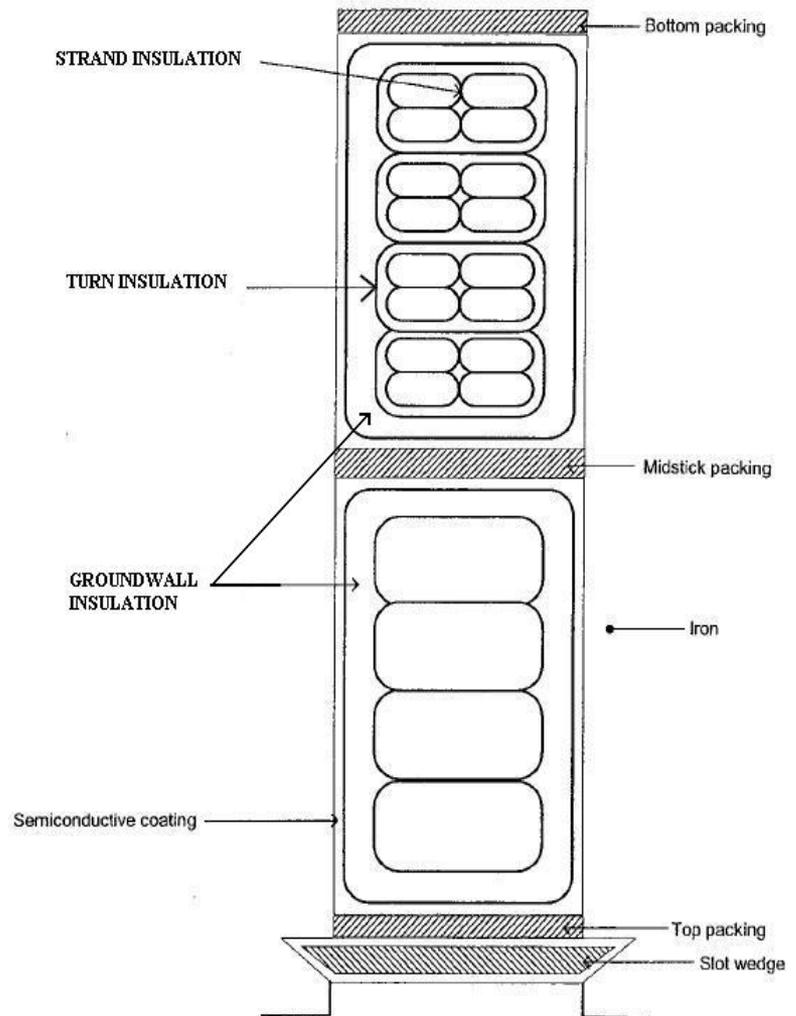
Evita que las fases del devanado tengan contacto con el núcleo del estator.

- **Cubierta semiconductor (semiconductive coating).**

Cubre la superficie de las bobinas del estator para prevenir DP, rellenando los espacios de aire entre las bobinas y el núcleo. Sólo en máquinas de AT.

- **Cuñas de apriete (slot Wedges).**

Dan rigidez mecánica a la bobina dentro de la ranura.

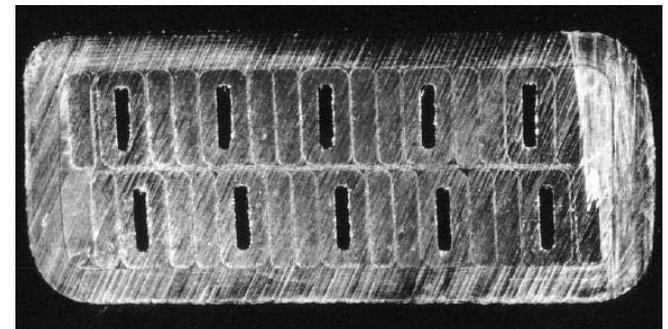
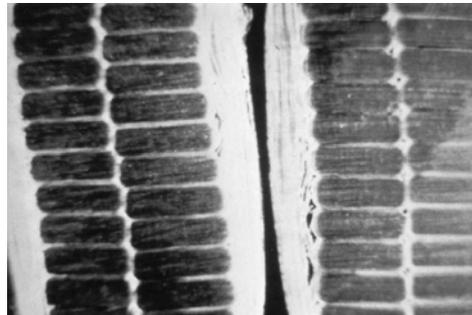
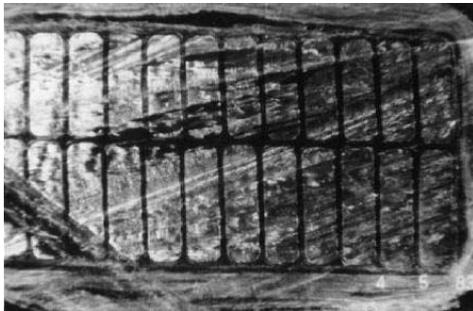


# 1. Fenómeno de Descargas Parciales

## 1.3. Mecanismos de ruptura de devanados estáticos.

Principales mecanismos de deterioro y fallo de los bobinados del estator. Facilitan y aumentan la actividad de DP.

- **Deterioro térmico.** Temperatura y ciclaje térmico.
- **Deterioro eléctrico.** Deterioro del recubrimiento semiconductor y sobretensiones repetitivas.
- **Deterioro mecánico.** Esfuerzos en bobinas por cambios en corriente o giro del rotor y vibraciones.
- **Deterioro por factores ambientales.** Contaminación, partículas abrasivas, ataque químico y humedad.
- **Diseños defectuosos.** Fabricación defectuosa.



# 1. Fenómeno de Descargas Parciales

## 1.4. Ensayos de Mantenimiento y Aceptación.

Los ensayos de aceptación se utilizan para la precalificación por parte del fabricante de los sistemas de aislamiento y la evaluación de la calidad del aislamiento en los nuevos devanados.

Los ensayos de mantenimiento tratan de diagnosticar posibles deficiencias que pudieran desembocar en un fallo inesperado de la máquina en el futuro.

- **Ensayo de Tensión soportada.**
- **Ensayo de Resistencia del aislamiento.**
- **Surge test o ensayo de Sobretensión.**
- **Monitorización de la temperatura.**
- **Ensayo de Descargas Parciales.**

# 1. Fenómeno de Descargas Parciales

## 1.5. Test de Envejecimiento acelerado.

Consisten en someter a un determinado tipo de aislante a un funcionamiento superior a lo normal con el fin de acelerar su deterioro.

Su objetivo es predecir el comportamiento de los sistemas de aislamiento y elegir el mejor diseño para los mismos.

- **Test de Resistencia al envejecimiento Térmico.**
- **Test de Ciclaje Térmico.**
- **Test de Resistencia al envejecimiento Eléctrico. DP.**
- **Test de envejecimiento Multifactorial.**

Ensayos sobre partes específicas de las máquinas y materiales aislantes, realizados por los fabricantes con el fin de observar su resistencia al envejecimiento.

# Contenido:

- **Bloque 1:** Introducción a la detección de Descargas Parciales en máquinas rotativas.
- **Bloque 2:** Software de Monitorización de Techimp Systems S.r.l.
- **Bloque 3:** Resultados de ensayos de envejecimiento.
- **Bloque 4:** Conclusiones

# 2. Software de Monitorización

## 2.1. Equipo PDBase y software PDMonitor.

El equipo PDBase es un sistema de adquisición de DP que es controlado de forma remota a través de un PC. Software relacionado:

-PDMonitor: consta de las aplicaciones  
Resume Viewer, Monitoring setup y Client PCE.

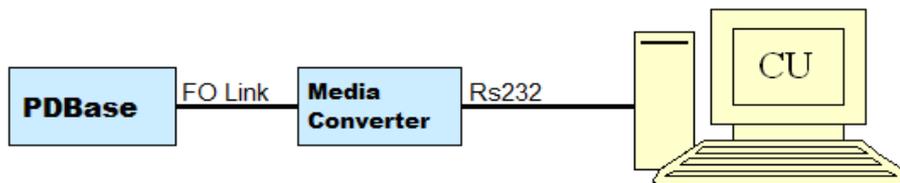
-PDAdquisition

-PDProcessing

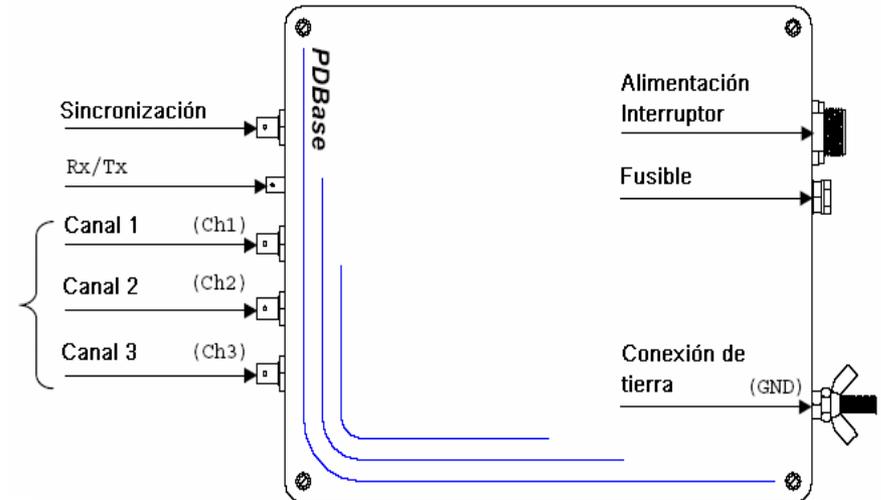
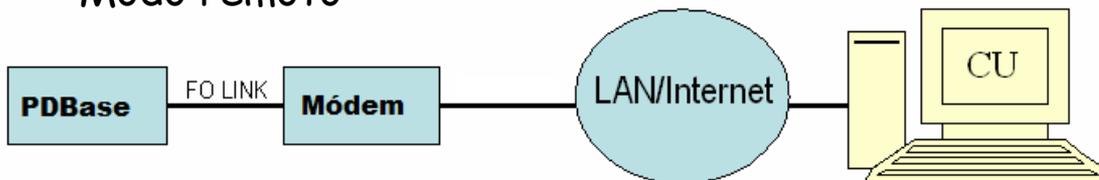
-PDViewer

### Conexión:

•Modo local



•Modo remoto

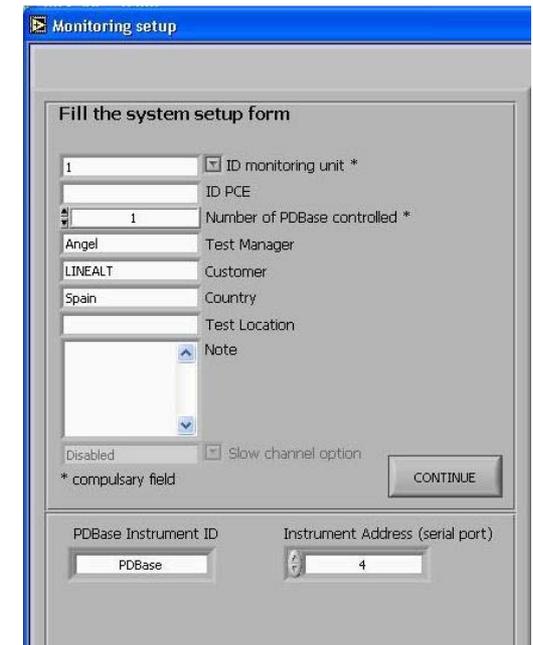
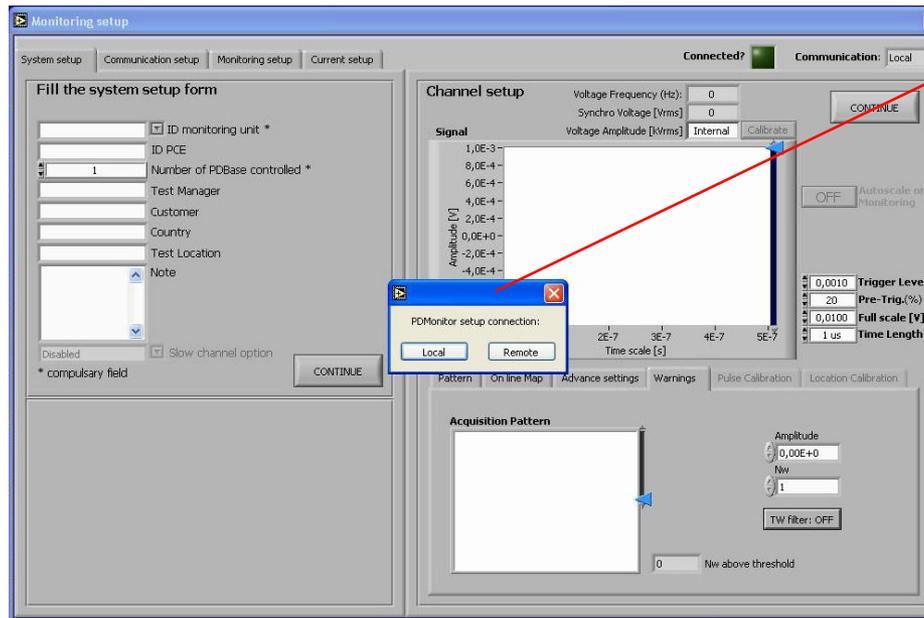


# 2. Software de Monitorización

## Aplicación Monitoring setup.

El software Monitoring setup se utiliza para la monitorización de DP en un sistema de aislamiento con el equipo PDBase.

## Configuración:



Importante conocer el puerto serie donde se conecta el sistema, para asegurar una conexión correcta.

# 2. Software de Monitorización

## Aplicación Monitoring setup.



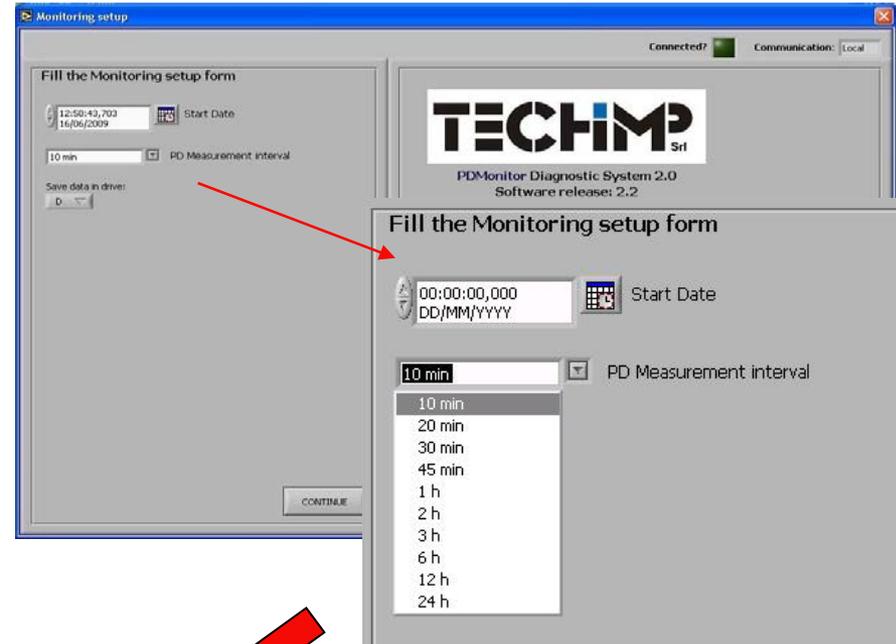
Monitoring setup

Fill the Communication setup form

LAN  Communication system  
None  Modem port  
Disabled  Warning  
 Resume sending interval

System Telephone number  
User telephone 1  
User telephone 2  
User telephone 3  
User e-mail address 1  
User e-mail address 2  
User e-mail address 3  
Mail server  
IP remote host  
Provider phone number  
User ID  
Password

CONTINUE



Monitoring setup

Fill the Monitoring setup form

12:58:43,703 16/06/2009 Start Date  
10 min  PD Measurement interval  
Save data in driver: D:

TECHIMP Srl  
PDMonitor Diagnostic System 2.0  
Software release: 2.2

Fill the Monitoring setup form

00:00:00,000 Start Date  
DD/MM/YYYY  
10 min  PD Measurement interval

10 min  
20 min  
30 min  
45 min  
1 h  
2 h  
3 h  
6 h  
12 h  
24 h

CONTINUE



PDBase(s) to configure:

Select the PDBase unit to configure

PDBase Instrument ID

PDBase

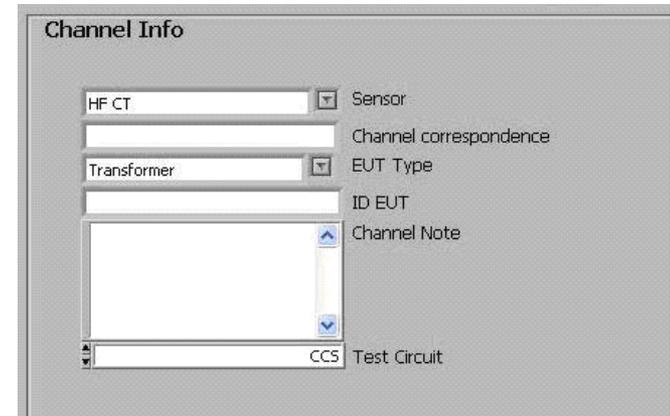
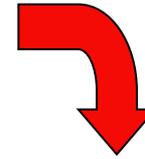
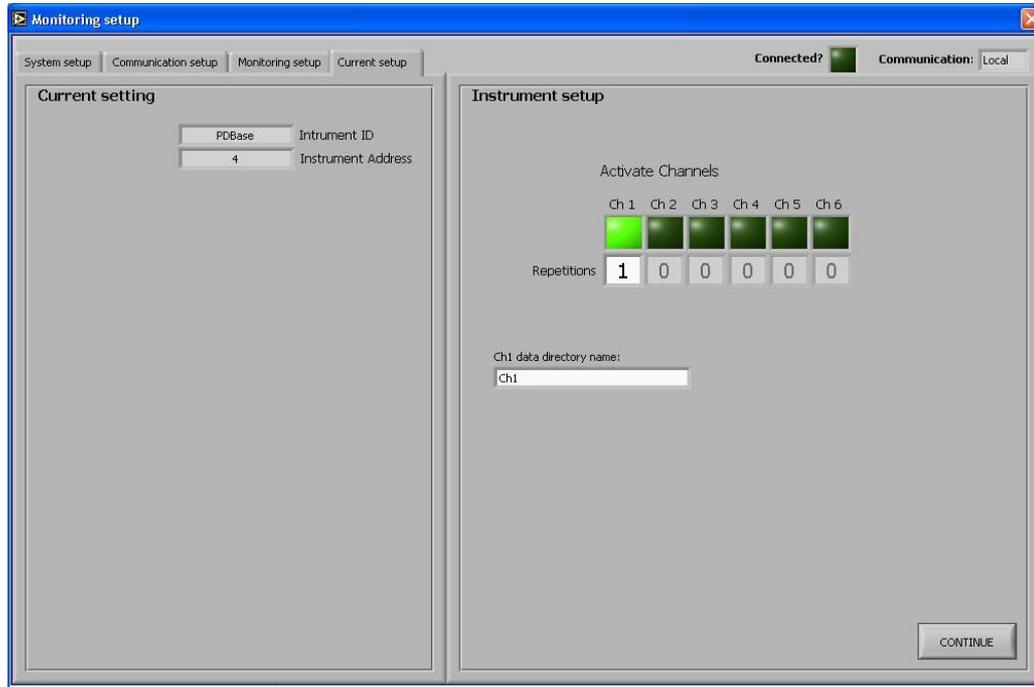
OK

Elección de fecha y la hora. La aplicación ordena los datos adquiridos según esto.

Configuración del intervalo de tiempo entre adquisiciones.

# 2. Software de Monitorización

## Aplicación Monitoring setup.



El LED se encenderá en el caso de existir un problema de comunicación.

# 2. Software de Monitorización

## Aplicación Monitoring setup.

The screenshot shows the 'Monitoring setup' software interface. At the top, it indicates 'Connected?' with a green light and 'Communication: Local'. Below this is the 'Channel setup' section with the following parameters:

- Voltage Frequency (Hz): 50
- Synchro Voltage [Vrms]: 10
- Voltage Amplitude [kVrms]: 10

A 'Signal' plot shows Amplitude [V] on the y-axis (ranging from -3,0E-3 to 3,0E-3) and Time scale [s] on the x-axis (ranging from 0E+0 to 1E-6). A blue arrow points to the 'Calibrate' button. To the right of the plot, there is an 'Autoscale on Monitoring' toggle set to 'OFF' and a 'CONTINUE' button.

Below the plot are several control parameters:

- Trigger Level: 0,0002
- Pre-Trig.(%): 10
- Full scale [V]: 0,0030
- Time Length: 1 us

At the bottom, there are tabs for 'Pattern', 'On line Map', 'Advance settings', 'Warnings', 'Pulse Calibration', and 'Location Calibration'. The 'Pattern' tab is active, showing an 'Acquisition Pattern' plot and an 'Acquired Classification Map' plot. The 'Acquisition Pattern' plot shows a sine wave with overlaid data points. The 'Acquired Classification Map' plot shows a scatter plot of Time [ns] vs Frequency [MHz]. Below these plots are controls for 'Reset Zoom', 'Pattern acquisition', 'Acq. Time (s)' (set to 30,00), 'Max pulse number' (set to 15000), and a 'Save acquired pattern' button. The text 'Acquired pulses: 13552' is displayed at the bottom left.

This screenshot shows the 'On line Classification Map' software interface. It features a 'RESET' button at the top. The main display is divided into two plots:

- On the left, a plot showing a sine wave with overlaid data points.
- On the right, the 'On line Classification Map' plot, which is a scatter plot of Time [ns] (y-axis, 0,0 to 350,0) versus Frequency [MHz] (x-axis, 7,0 to 14,0).

Red arrows indicate the flow of data from the 'Monitoring setup' software to this interface.

This screenshot shows the 'Warnings' software interface. It contains three main sections:

- Synchronization:** External, 2.5, 0.1-1 Hz
- Processing:** Synchronization: 0, Filter 1, Phase shift: 0
- Acquisition:** Hardware Filter: OFF, Pattern filter: 100 MSA/s, Sampling Freq. (unspecified)

At the bottom right, there is a red 'INSTRUMENT RESET' button. Red arrows indicate the flow of data from the 'On line Classification Map' software to this interface.

This screenshot shows the 'Pulse Calibration' software interface. It features an 'Acquisition Pattern' plot on the left, which is a sine wave with overlaid data points. To the right of the plot are several control parameters:

- Amplitude: 0,00E+0
- Nw: 0
- TW filter: OFF

At the bottom right, there is a control for 'Nw above threshold' set to 32. Red arrows indicate the flow of data from the 'Warnings' software to this interface.

# 2. Software de Monitorización

## Aplicación Monitoring setup.

The screenshot displays the 'Monitoring setup' software interface, which is divided into several functional areas:

- On line Classif. Map:** A scatter plot showing 'Time [ns]' on the y-axis (ranging from 0,0E+0 to 4,0E+2) and 'Frequency [MHz]' on the x-axis (ranging from 6,0E+0 to 1,4E+1). A dashed box highlights a specific region of data points.
- PD Area:** A panel for configuring detection parameters:
  - Freq. Low Cutoff [MHz]: 6,00E+0
  - Freq. High Cutoff [MHz]: 1,40E+1
  - Time Low Cutoff [ns]: 0,00E+0
  - Time High Cutoff [ns]: 4,00E+2
- Cut off:** A panel for setting frequency and time limits:
  - Set minimum freq. [OK]
  - Set maximum freq. [OK]
  - Set minimum time [OK]
  - Set maximum time [OK]
- Channel setup:** A panel for signal configuration:
  - Signal: Graph showing Amplitude [V] vs Time scale [s].
  - Voltage Frequency [Hz]: 50
  - Synchro Voltage [Vrms]: 10
  - Voltage Amplitude [Vrms]: 10
  - Buttons: Calibrate, CONTINUE
- Acquisition Pattern:** A graph showing a sine wave with overlaid data points.
- Acquired Classification Map:** A smaller scatter plot similar to the 'On line Classif. Map'.
- Current setting:** A panel for system parameters:
  - PDBase: 4
  - Instrument ID: Instrument Address
  - Ch 1: Channel ID
  - Channel Repetition: 1
- Channel Info:** A panel for hardware details:
  - HF CT
  - Transformer

A red arrow points from the 'On line Classif. Map' area towards the 'Acquisition Pattern' graph. A large red arrow points from the 'Current setting' panel towards a dialog box.

**Dialog Box:** A small window titled 'Do you want to setup other PDBases?' with 'Yes' and 'No' buttons.

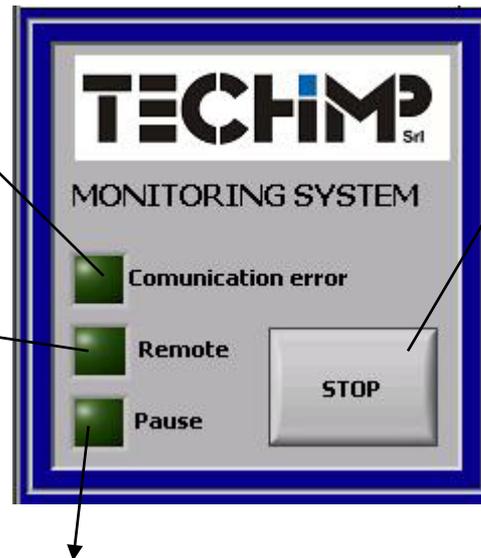
# 2. Software de Monitorización

## Aplicación Client PCE.

Controla el sistema de monitorización y nos proporciona información de su estado.

Se enciende cuando se produce un error en la comunicación

Se enciende cuando trabajamos con un sistema de monitorización de forma remota



Interrumpe la monitorización

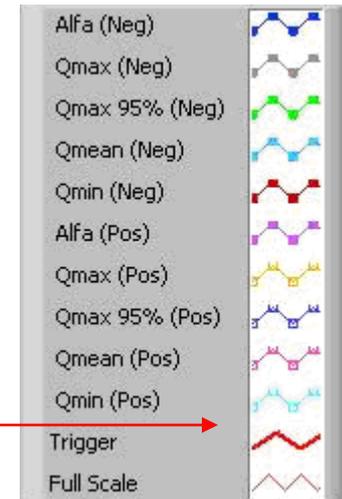
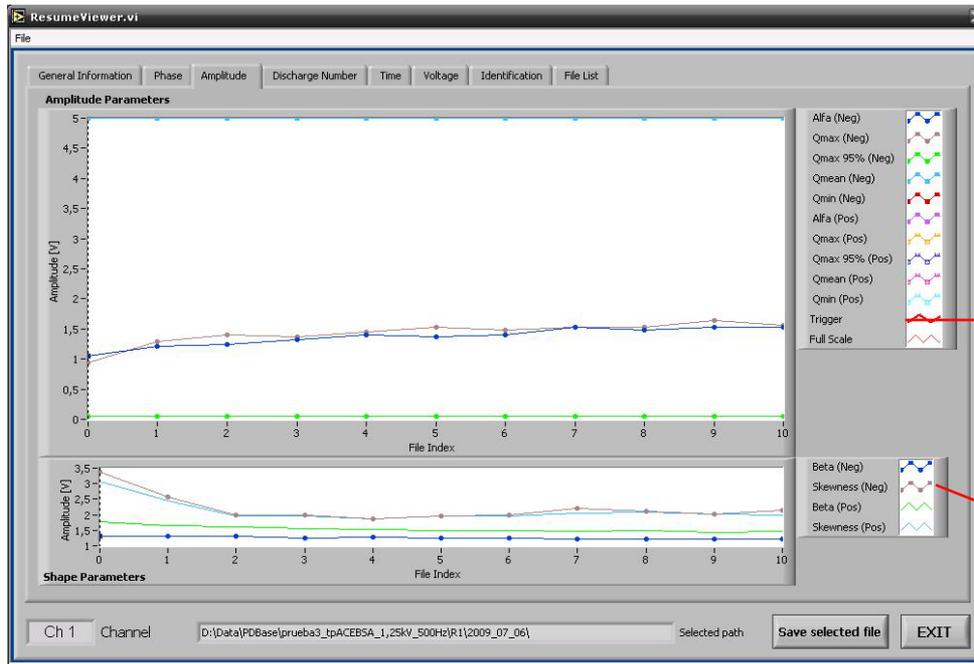
Se encenderá mientras el equipo no realice ninguna grabación de datos

# 2. Software de Monitorización

## Aplicación Resume Viewer.

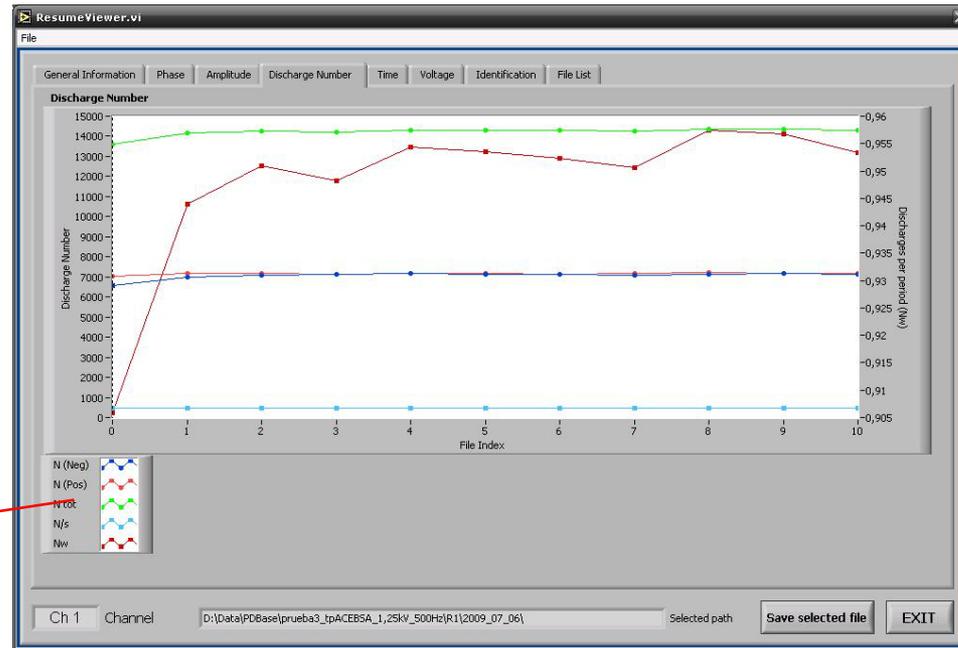
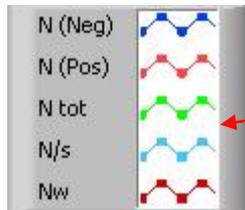
### Pestaña "Amplitude".

Muestra y analiza los resultados de las adquisiciones.



# 2. Software de Monitorización

Aplicación Resume Viewer. Pestaña "Discharge Number".

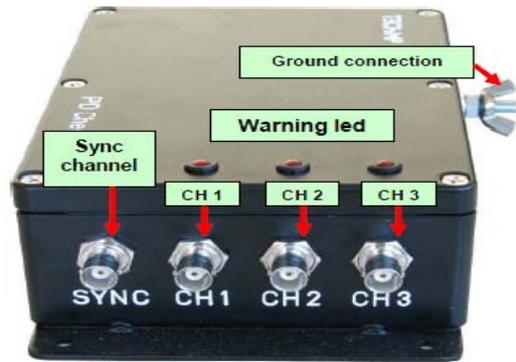


La aplicación tiene un buen planteamiento, pero no está lo suficientemente depurada y proporciona resultados erróneos.

# 2. Software de Monitorización

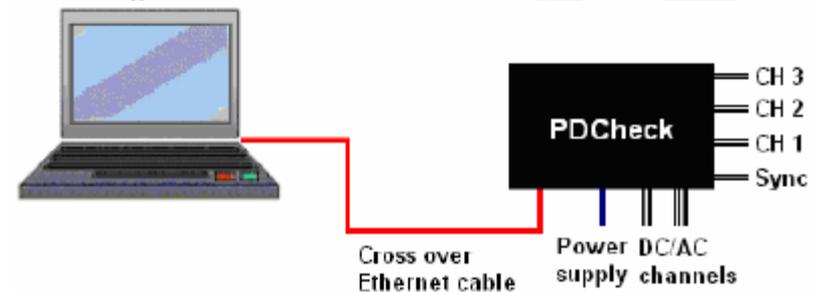
## 2.2. Equipo PDCheck y software PDCheck Control.

El equipo PDCheck es una unidad de adquisición de última generación, que mejora sustancialmente al equipo PDBase. Cuenta con el software PDC Control que integra las funciones de adquisición y monitorización en un único software.

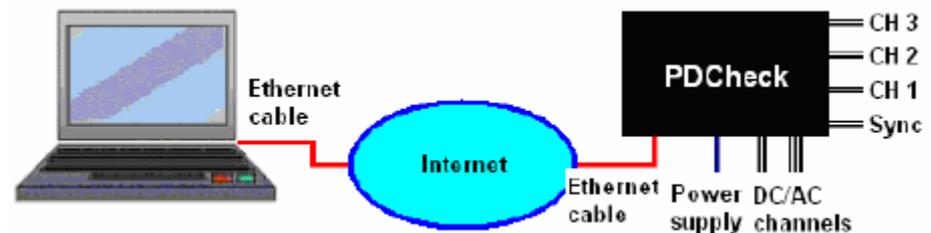


### Conexión:

#### • Modo local

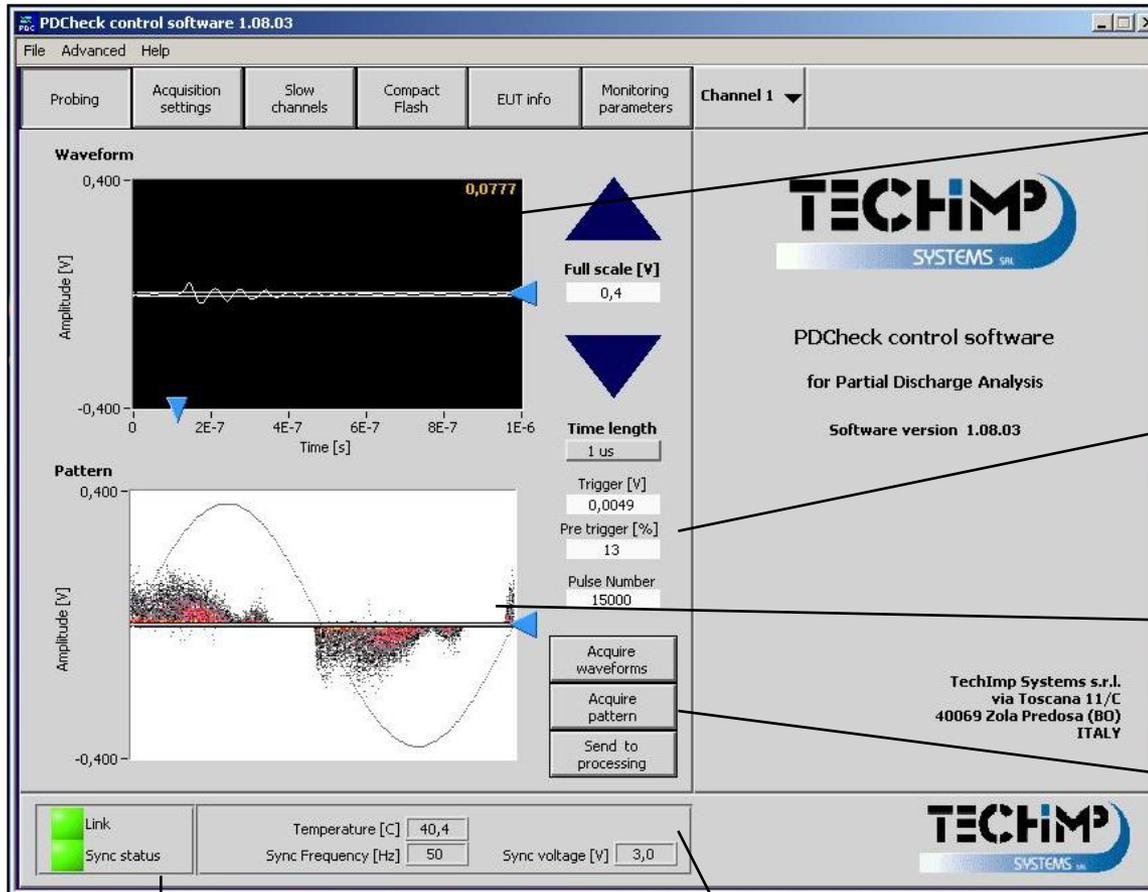


#### • Modo remoto



# 2. Software de Monitorización

## Aplicación PDCheck Control. Pestaña "Probing".



Forma de onda de las DP.

Parámetros de ajuste para la adquisición.

Patrón de DP.

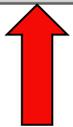
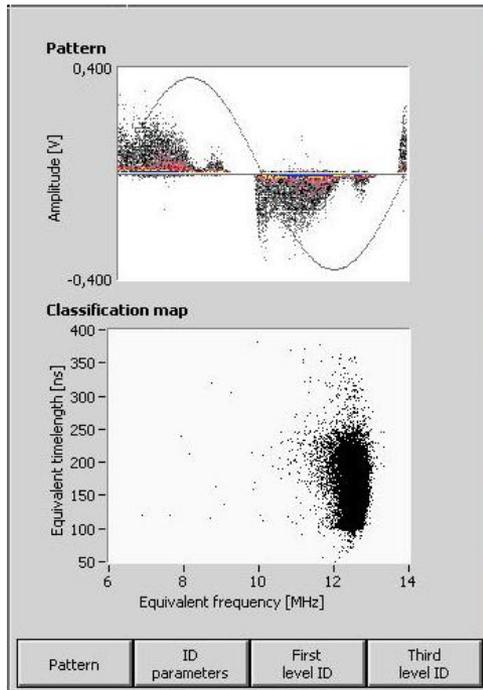
Botones de adquisición y procesado.

LED que informan del estado de la conexión.

Información de temperatura, frecuencia y voltaje.

# 2. Software de Monitorización

Aplicación PDCheck Control. Botón "Send to processing".



Muestra el patrón de DP y el mapa de clasificación, se observa el cluster formado por la nube de puntos.

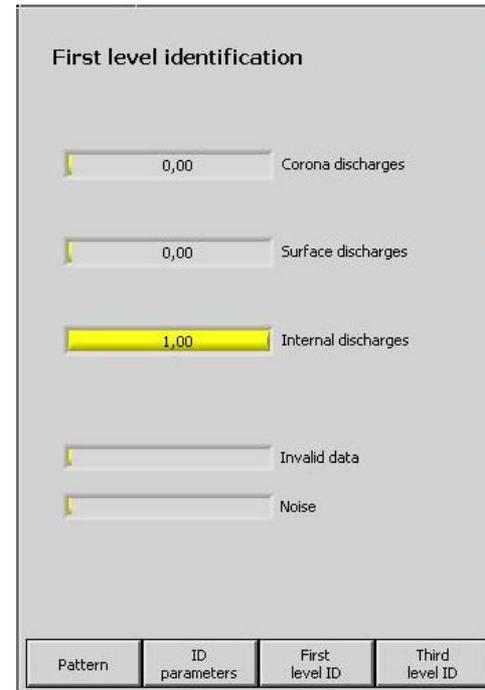
The screenshot displays two columns of parameters for "Positive discharges" and "Negative discharges".

Positive discharges	Negative discharges
9871	9785
Alfa	Alfa
0,037	0,0308
Beta	Beta
0,992	0,843
Skewness	Skewness
1,8863	1,9623
Q max	Q max
0,3188	0,325
Q mean	Q mean
0,0358	0,0329
std deviation	std deviation
0,0421	0,044
Fi min	Fi min
-67,5	-67,5
Fi mean	Fi mean
49,5	49,5
Delta Fi	Delta Fi
208,1	208,1
Significance	Significance
0,4	0,5
Nw +	Nw -
114,9	113,9

Below the table are four buttons: "Pattern", "ID parameters", "First level ID", and "Third level ID".



Parámetros para el análisis del fenómeno de DP.



Identificación del tipo de DP que se están produciendo.

# 2. Software de Monitorización

Aplicación PDCheck Control. Pestaña "Acquisition settings".

The screenshot displays the PDCheck control software 1.08.03 interface. The main window has a menu bar (File, Advanced, Help) and a tabbed interface with tabs for Probing, Acquisition settings, Slow channels, Compact Flash, EUT info, and Monitoring parameters. The 'Acquisition settings' tab is active, showing the following sections:

- Channel settings:** Measurement circuit (Direct circuit (TSS)), File name (PDTest\_CH1), File number (008), Dead time (Short), File path (C:\Data\alvaro sancho), and a TW map filter button.
- Waveform acquisition:** Acquisition timeout [s] (10) and Number of waveforms (1000).
- Phase shift:** A graph showing a sine wave with a phase shift of 0.

A 'Classification map filter window' is overlaid on the right side of the main window. It features a scatter plot of Equivalent time length [ns] (y-axis, 66 to 388) versus Equivalent frequency [MHz] (x-axis, 7 to 13,7). A red arrow points from the 'TW map filter' button in the main window to the scatter plot. To the right of the plot, there are fields for Box (Box 1), Belongs to (Filter 1), and Content is (Included). At the bottom of the filter window are buttons for 'Delete all filters', 'Cancel', and 'OK'. The bottom of the main window shows a status bar with 'Link' and 'Sync status' indicators, and fields for Temperature [C] (40,6), Sync Frequency [Hz] (50), and Sync voltage [V] (3,0). The TechImp Systems s.r.l. logo and address (via Toscana 11/C, 40069 Zola Predosa (BO), ITALY) are also visible.

Configuración de los parámetros de adquisición.

# 2. Software de Monitorización

Aplicación PDCheck Control. Pestaña "Monitoring parameters" y "Compact Flash".

The screenshot displays the PDCheck Control software interface (version 1.08.03) with the "Monitoring parameters" tab selected. A dropdown menu for "Acquisition interval" is open, showing options from 2 minutes to 1 week, with "2 minutes" selected. The main interface shows "General monitoring configuration" with Channel 1 ON and Channels 2 and 3 OFF. The "Acquisition interval" is set to 2 minutes. The "Channel configuration" section shows an acquisition timeout of 30 seconds and an acquisition type of Autoscale OFF. The "Warning thresholds" section includes a pattern graph and thresholds for actual discharges per period (0), repetition rate (0), and amplitude (0). A "List of directories on the compact flash" window is open, displaying a list of directories with their creation dates and times. The interface also features a "Page 7 / 8" navigation button and a footer with the TechImp Systems logo and contact information.

Acquisition interval

- ✓ 2 minutes
- 15 minutes
- 30 minutes
- 1 hour
- 2 hours
- 6 hours
- 12 hours
- 24 hours
- 48 hours
- 1 week

check control software 1.08.03

Advanced Help

Monitoring parameters

Channel 1

General monitoring configuration

Channel 1 **ON** Channel 2 **OFF** Channel 3 **OFF**

Acquisition interval: 2 minutes

Channel configuration

Acquisition timeout [s]: 30 Acquisition type: Autoscale OFF

Max pulse number (0: unlimited): 15000 TW map filter

Warning thresholds

Pattern: Actual discharges per period [Nw]: 0

Repetition rate threshold [Nw] (0: no warning): 0

Amplitude threshold [V] (0: no warning): 0

List of directories on the compact flash

- DIR005A (2010-04-21 11.48)
- DIR005B (2010-04-21 19.46)
- DIR005C (2010-04-22 10.39)
- DIR005D (2010-04-22 15.51)
- DIR005E (2010-04-22 17.48)
- DIR005F (2010-04-22 17.49)
- DIR0060 (2010-04-22 17.50)
- DIR0061 (2010-04-22 20.16)
- DIR0062 (2010-04-22 20.37)
- DIR0063 (2010-04-27 16.05)
- DIR0064 (2010-04-28 10.06)
- DIR0065 (2010-04-29 11.02)
- DIR0066 (2010-04-30 11.02)
- DIR0067 (2010-05-04 10.38)
- DIR0068 (2010-05-04 19.11)

Page 7 / 8

TechImp Systems s.r.l.  
via Toscana 11/C  
40069 Zola Predosa (BO)  
ITALY

TECHIMP SYSTEMS

Link Sync status

Temperature [C]: 40,7

Sync Frequency [Hz]: 49,9

Sync voltage [V]: 3,0

# Contenido:

- **Bloque 1:** Introducción a la detección de Descargas Parciales en máquinas rotativas.
- **Bloque 2:** Software de Monitorización de Techimp Systems S.r.l.
- **Bloque 3:** Resultados de ensayos de envejecimiento.
- **Bloque 4:** Conclusiones

# 3. Resultado de ensayos de envejecimiento

## 3.1. Ensayo de envejecimiento de DP.

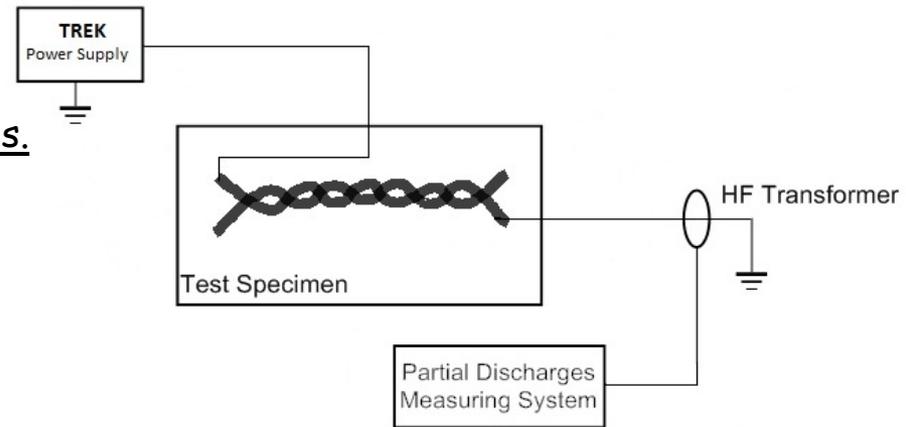
Ensayo de tipo destructivo, se aplica una tensión de 1250 Vef y 500 Hz, hasta que se aprecia una actividad elevada de DP y se mantiene así hasta que se produce el fallo del material aislante, midiendo el tiempo hasta el mismo.

Se evalúa la fiabilidad de los hilos de cobre.

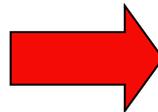
Acondicionamiento de la actividad en aprox. 30 minutos.

3 marcas de hilo de cobre

- Acebsa
- REA
- Partzsch



**ANTES**



**DESPUÉS**



# 3. Resultado de ensayos de envejecimiento

## Parámetros estadísticos.

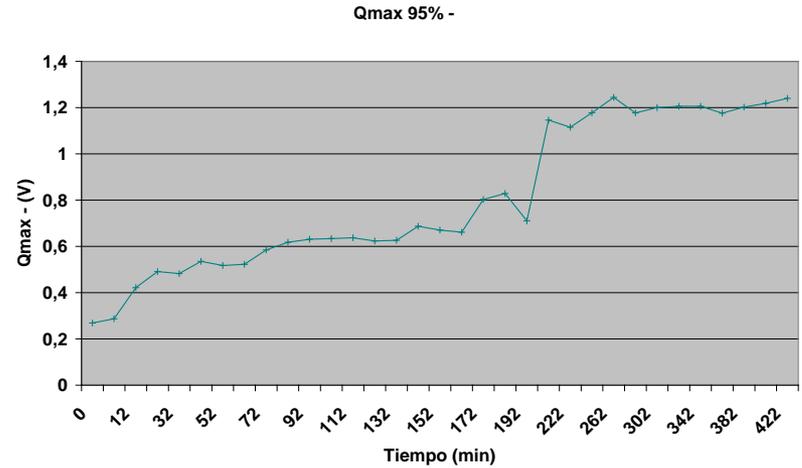
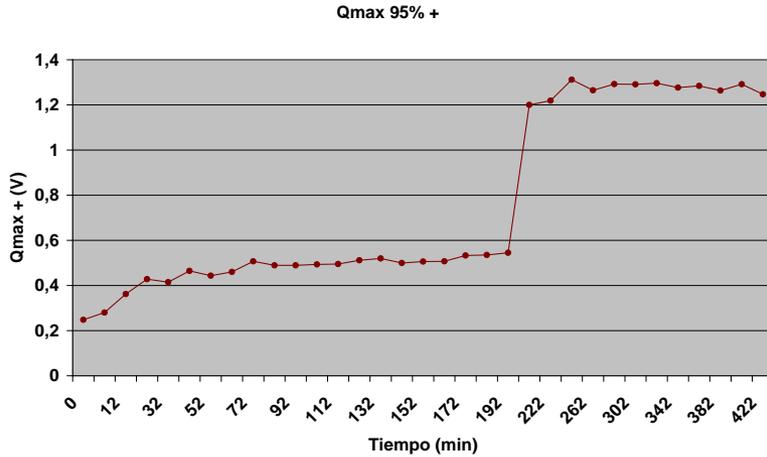
Los siguientes parámetros estadísticos proporcionan una información importante acerca del grado de deterioro del aislamiento, y son importantes para el análisis de un material aislante sometido a un ensayo de DP.

- **NQN (Normalized Quantity Number)**: Es una medida de la magnitud y tasa de repetición de las DP.
- **Qmax 95%**: Nos informa de la magnitud máxima del 95% de las descargas que se producen durante el test de DP.
- **Alfa ( $\alpha$ )**: El parámetro de escala  $\alpha$  es la magnitud de descarga que han alcanzado el 63.2% de los pulsos.
- **Beta ( $\beta$ )**: La variable de forma  $\beta$  es una medida de la variabilidad de las magnitudes de DP.

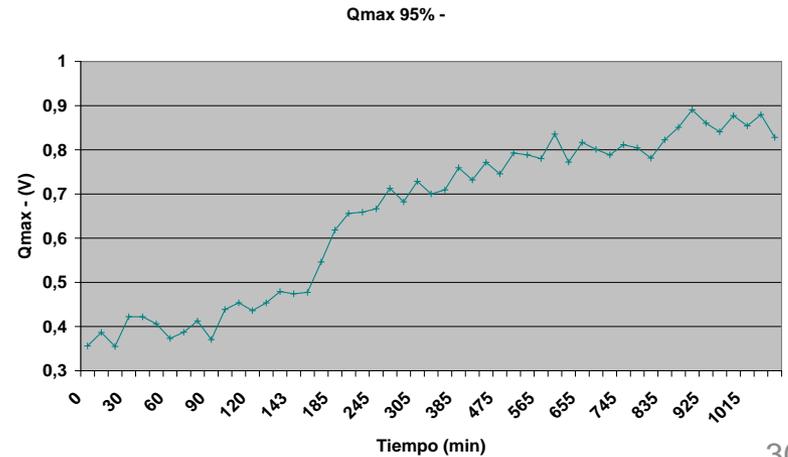
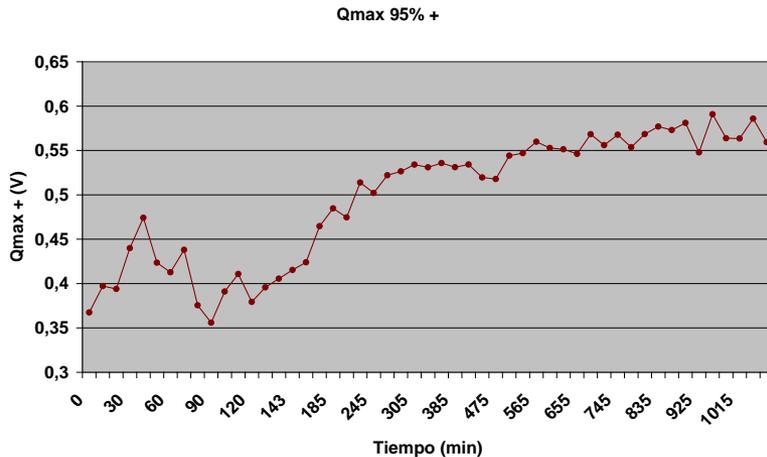
# 3. Resultado de ensayos de envejecimiento

## 3.2. Resultados Qmax 95%. Hilo Acebsa. Todas con tendencia creciente.

### Muestra Acebsa 1



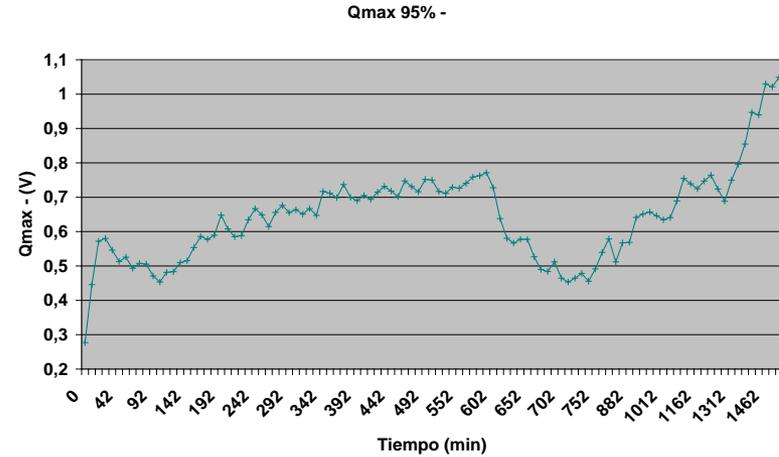
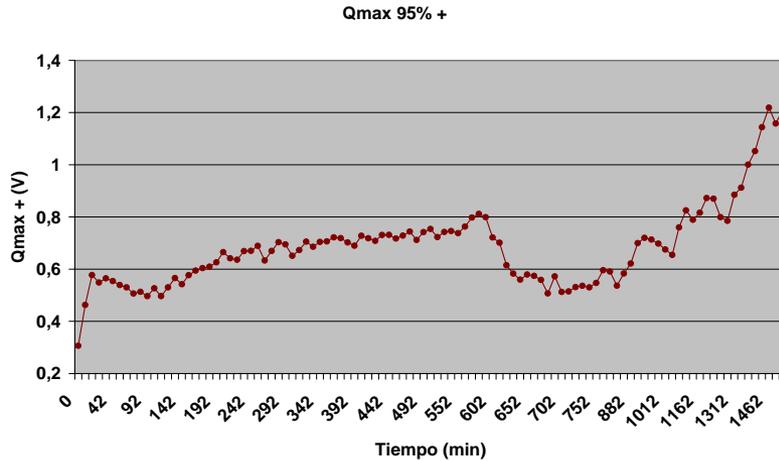
### Muestra Acebsa 2



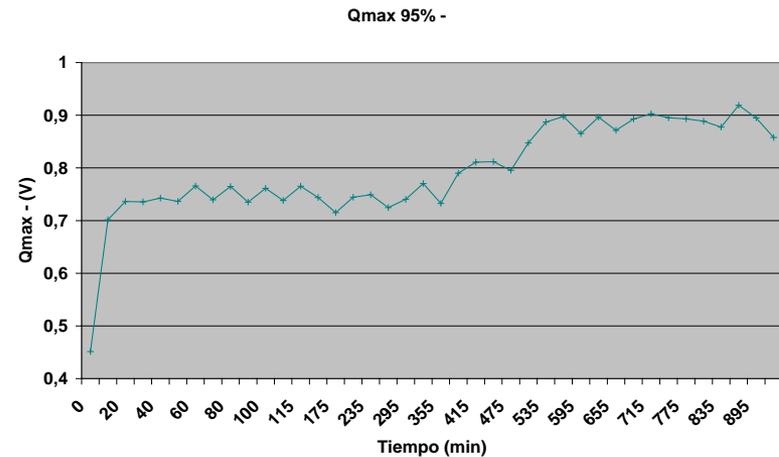
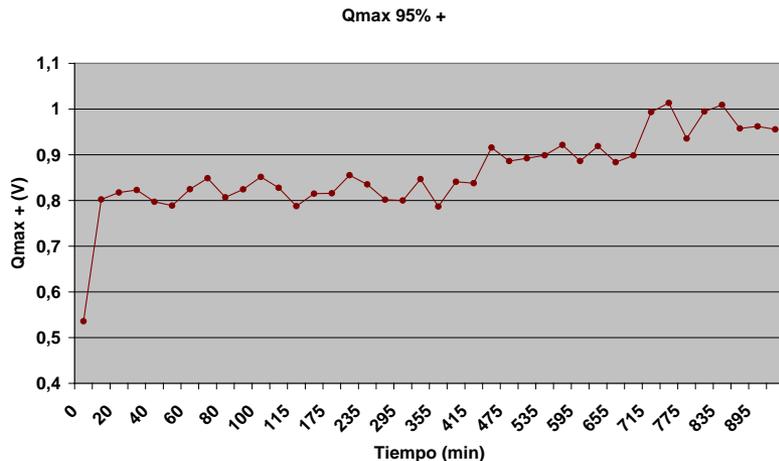
# 3. Resultado de ensayos de envejecimiento

## 3.2. Resultados Qmax 95%. Hilo Acebsa. Todas con tendencia creciente.

### Muestra Acebsa 3



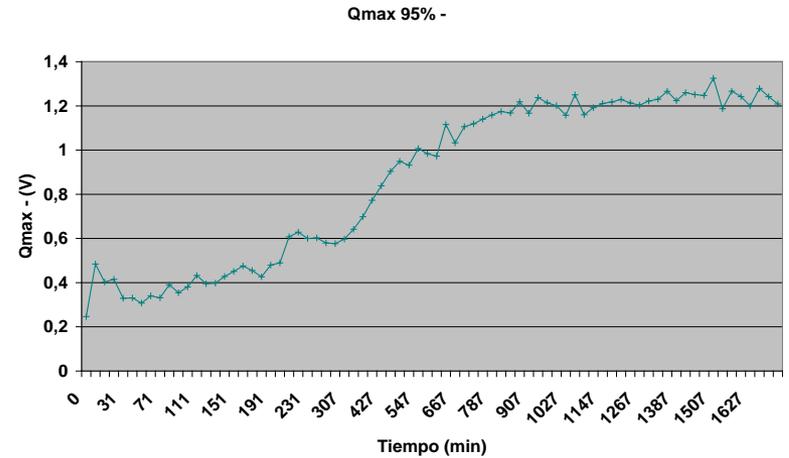
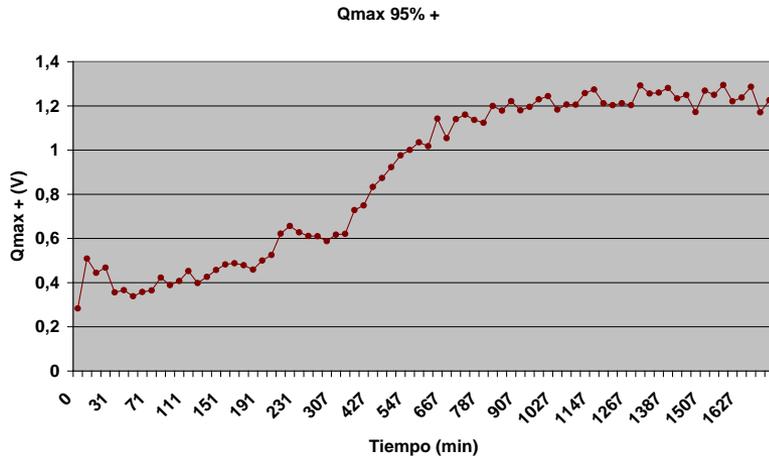
### Muestra Acebsa 4



# 3. Resultado de ensayos de envejecimiento

## 3.2. Resultados Qmax 95%. Hilo Acebsa. Todas con tendencia creciente.

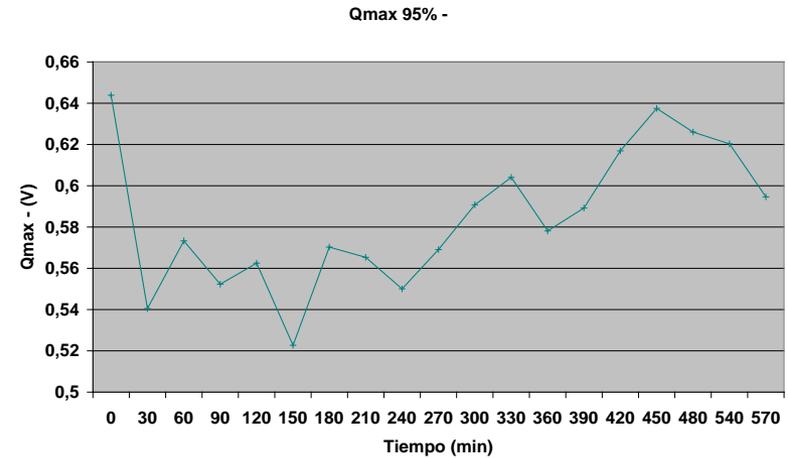
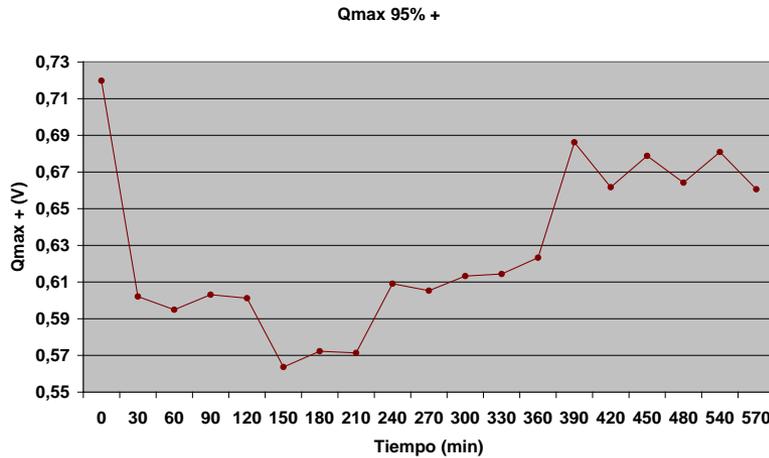
### Muestra Acebsa 5



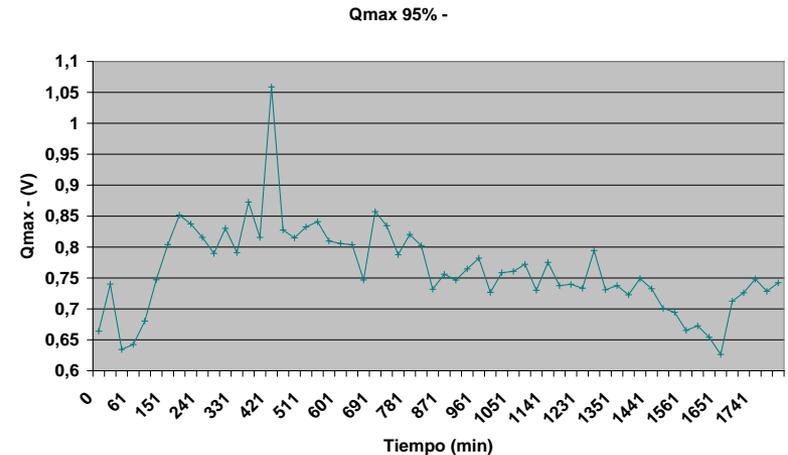
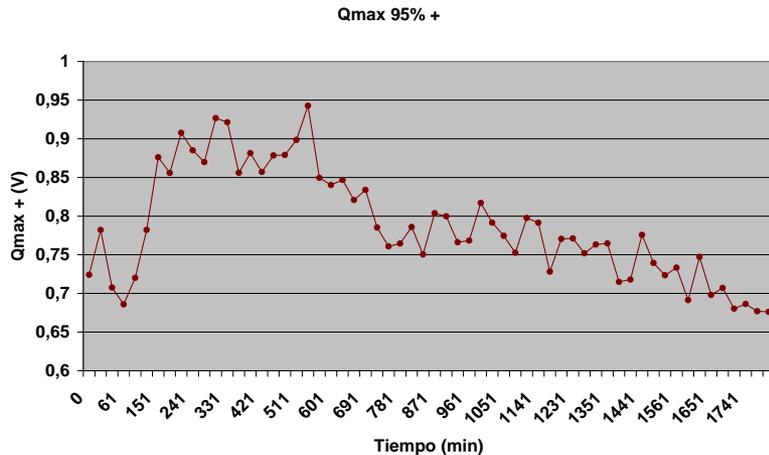
# 3. Resultado de ensayos de envejecimiento

## 3.2. Resultados Qmax 95%. Hilo REA. 11 de 13 con tendencia creciente.

### Muestra REA 1



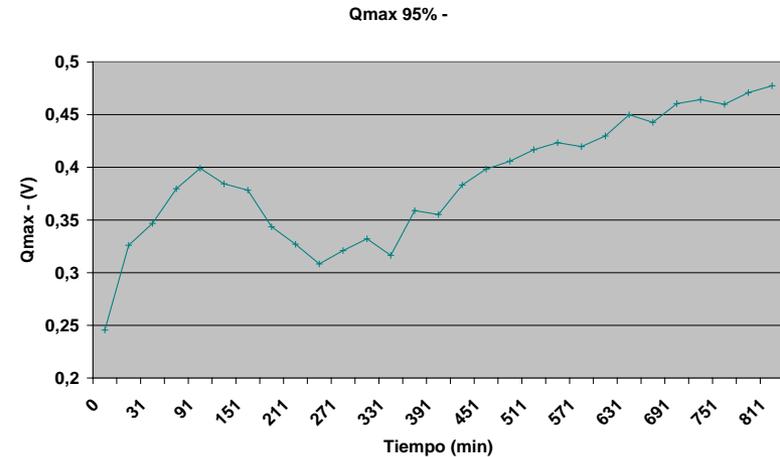
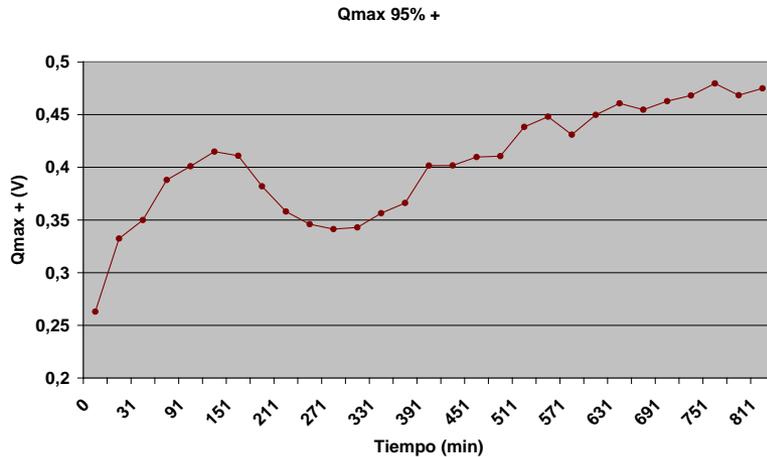
### Muestra REA 2



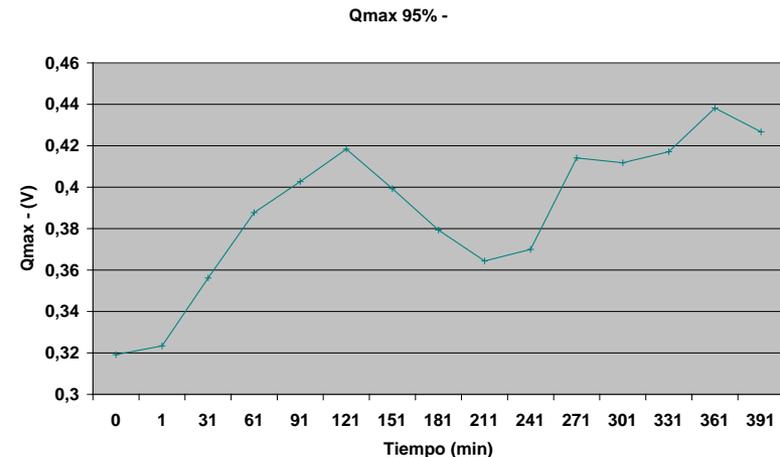
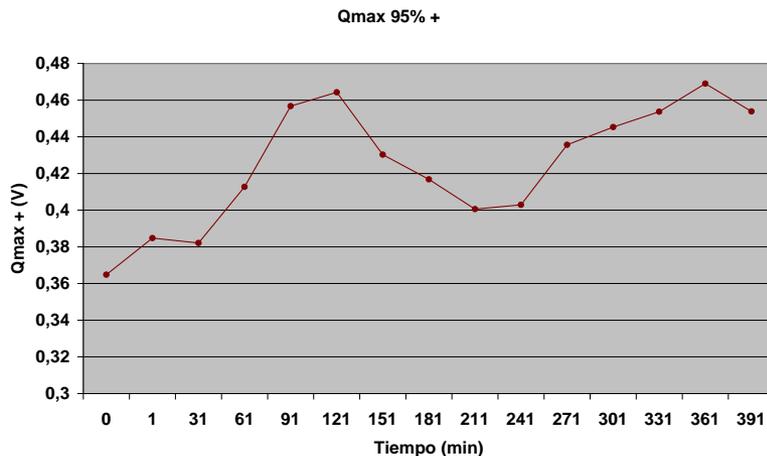
# 3. Resultado de ensayos de envejecimiento

## 3.2. Resultados Qmax 95%. Hilo REA. 11 de 13 con tendencia creciente.

### Muestra REA 3



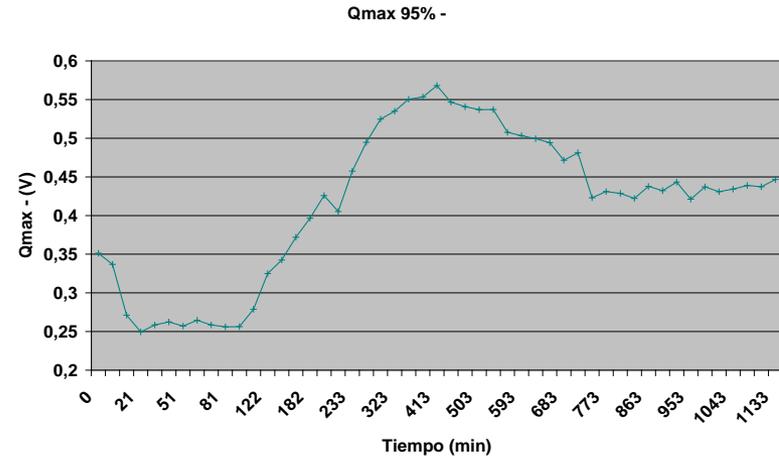
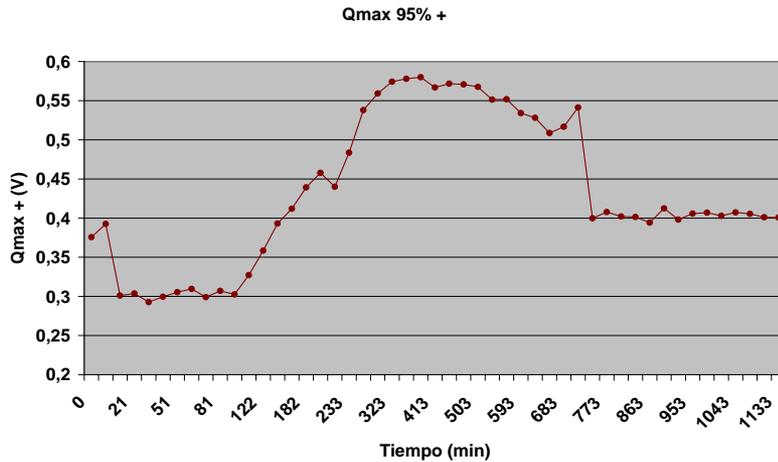
### Muestra REA 4



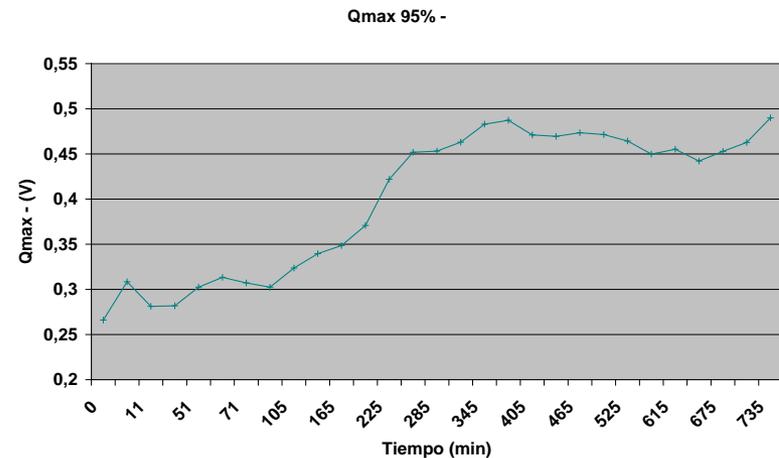
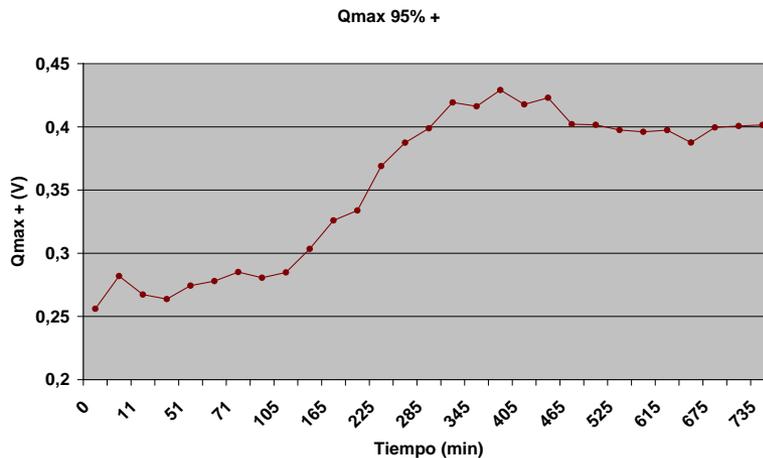
# 3. Resultado de ensayos de envejecimiento

## 3.2. Resultados Qmax 95%. Hilo REA. 11 de 13 con tendencia creciente.

### Muestra REA 5



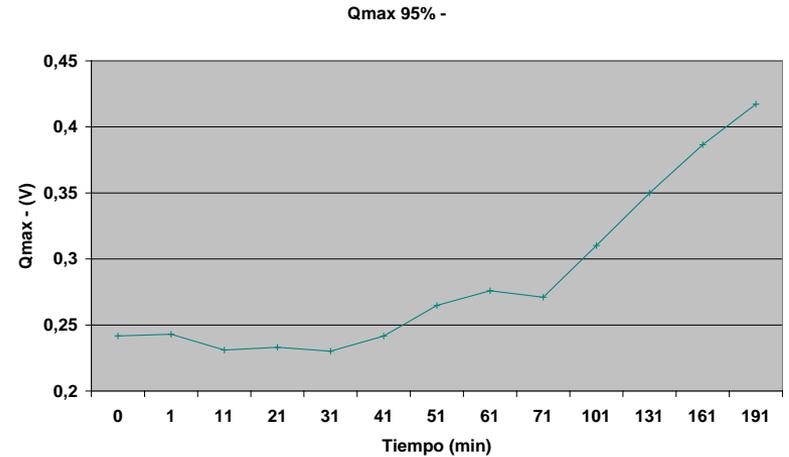
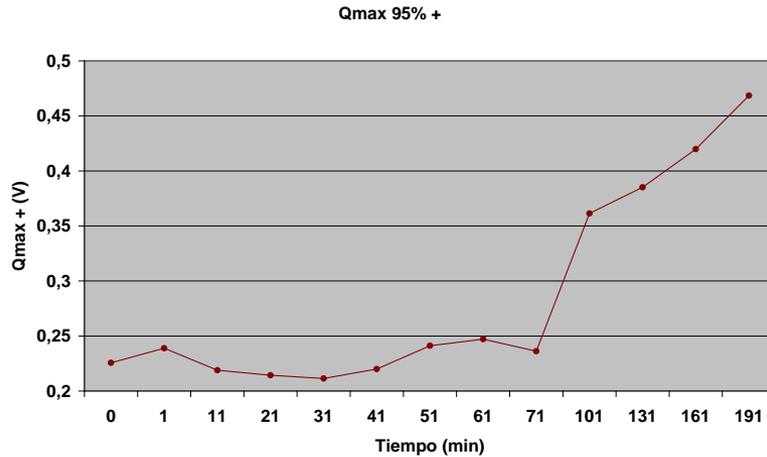
### Muestra REA 6



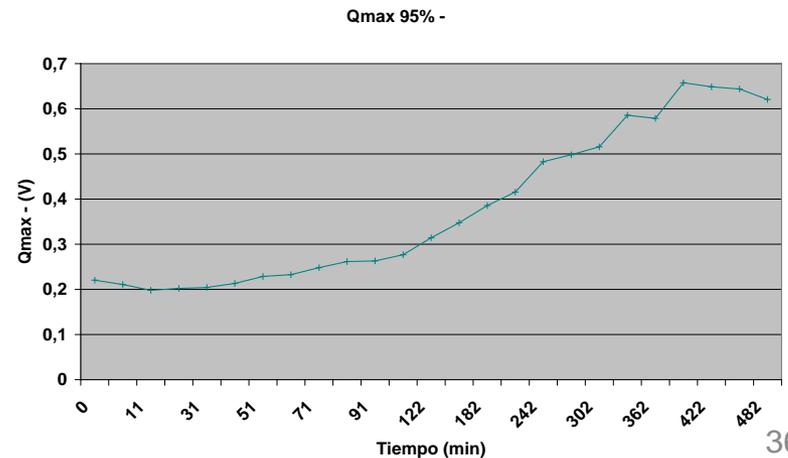
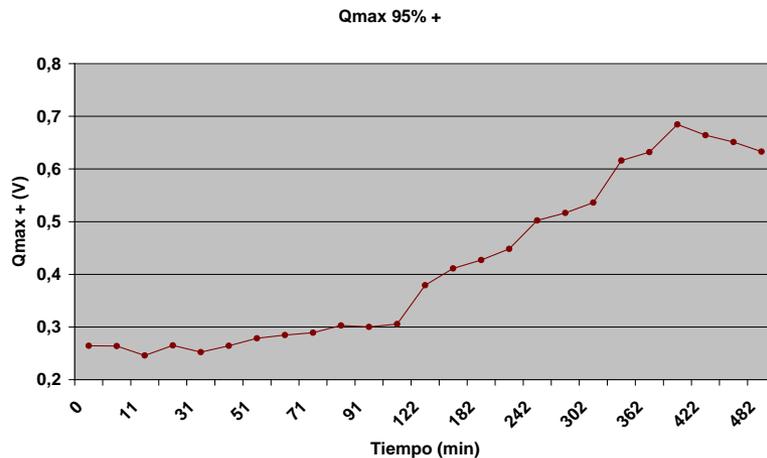
# 3. Resultado de ensayos de envejecimiento

## 3.2. Resultados Qmax 95%. Hilo REA. 11 de 13 con tendencia creciente.

### Muestra REA 7



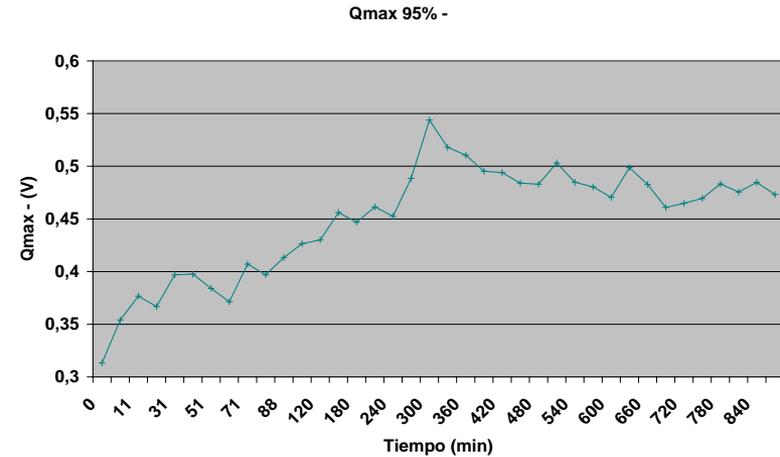
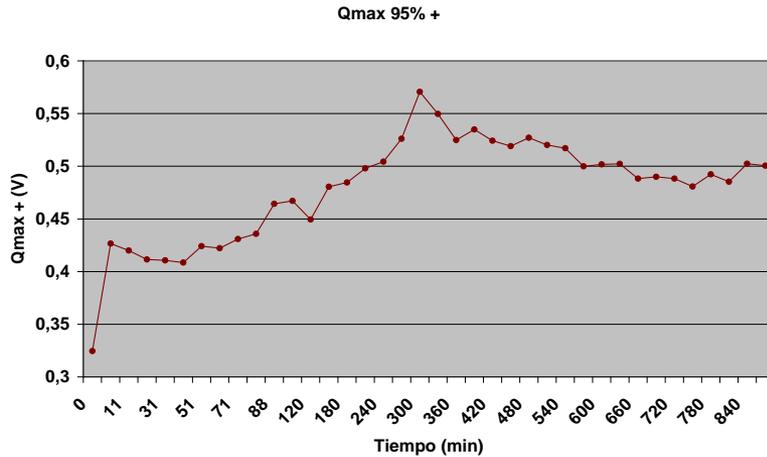
### Muestra REA 8



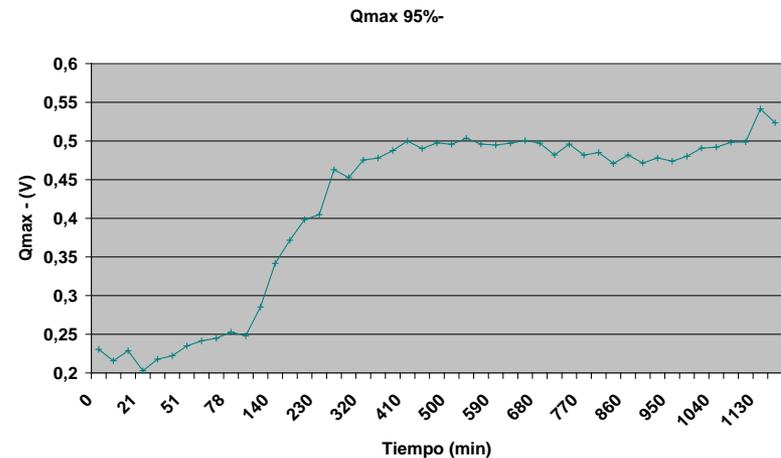
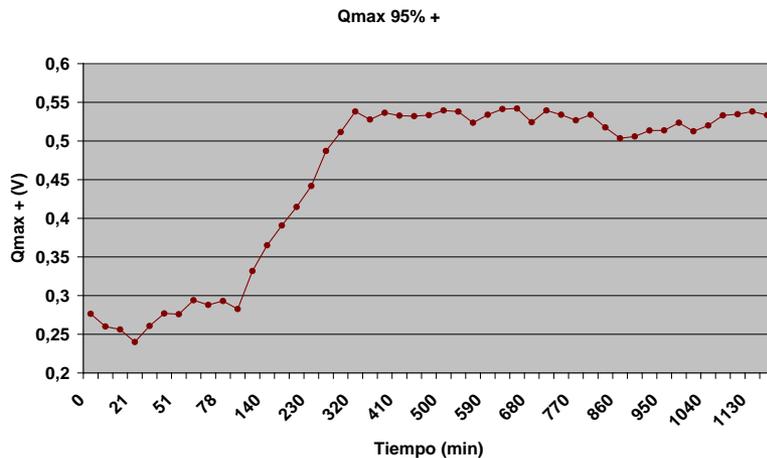
# 3. Resultado de ensayos de envejecimiento

## 3.2. Resultados Qmax 95%. Hilo REA. 11 de 13 con tendencia creciente.

### Muestra REA 9



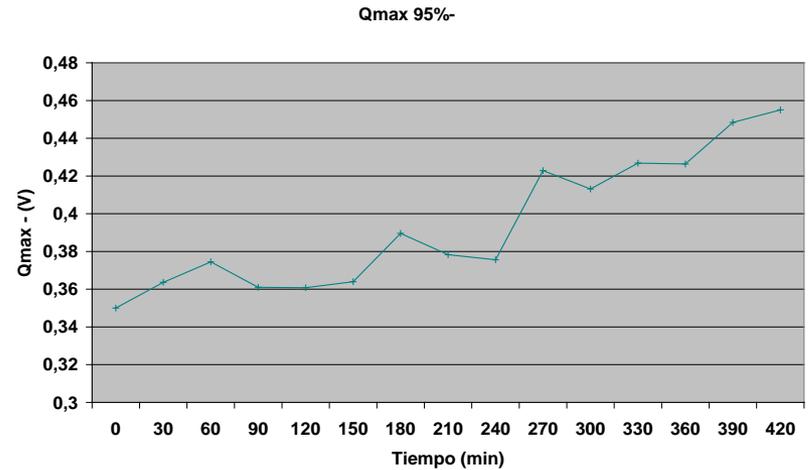
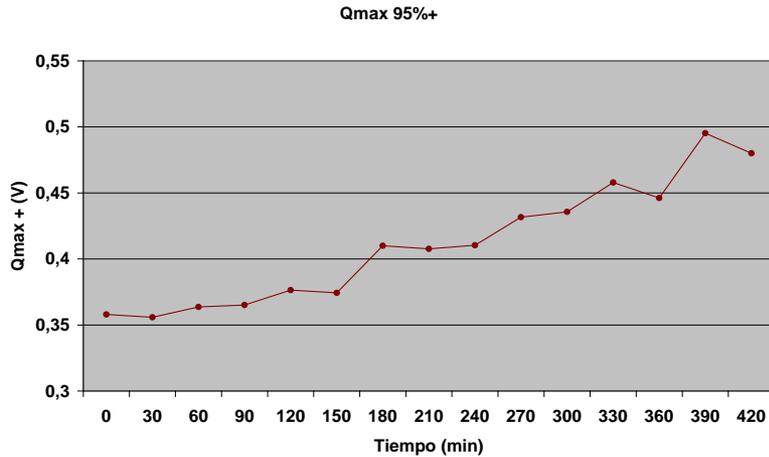
### Muestra REA 10



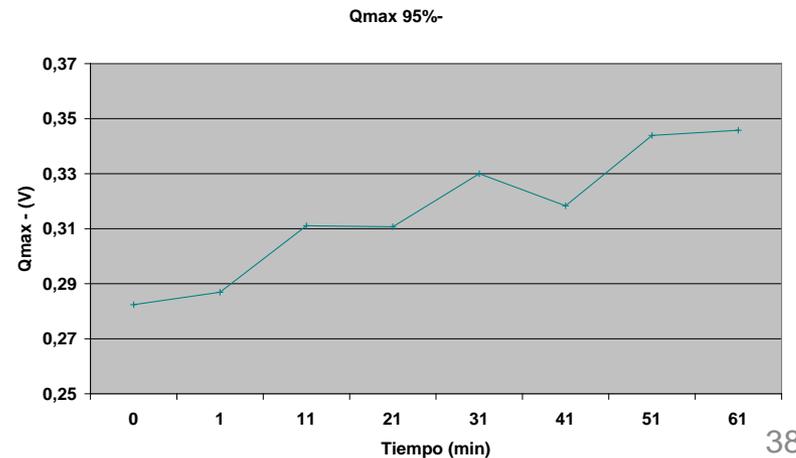
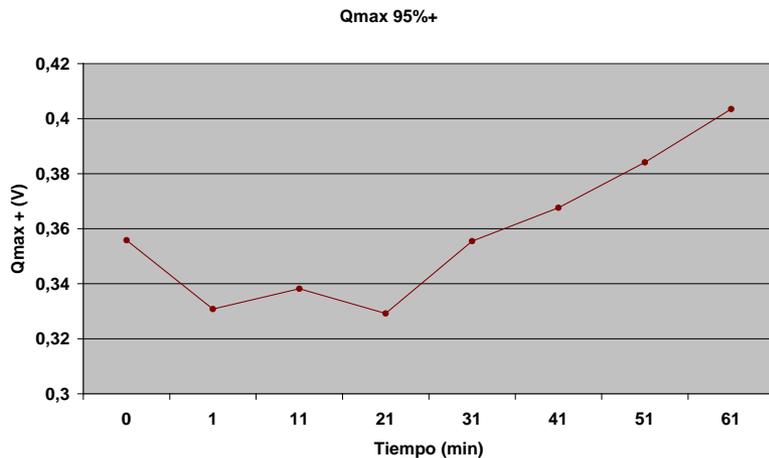
# 3. Resultado de ensayos de envejecimiento

## 3.2. Resultados Qmax 95%. Hilo REA. 11 de 13 con tendencia creciente.

### Muestra REA 11



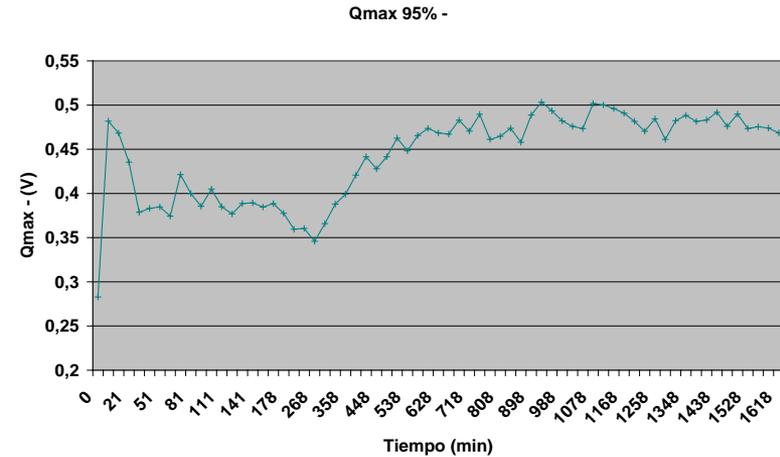
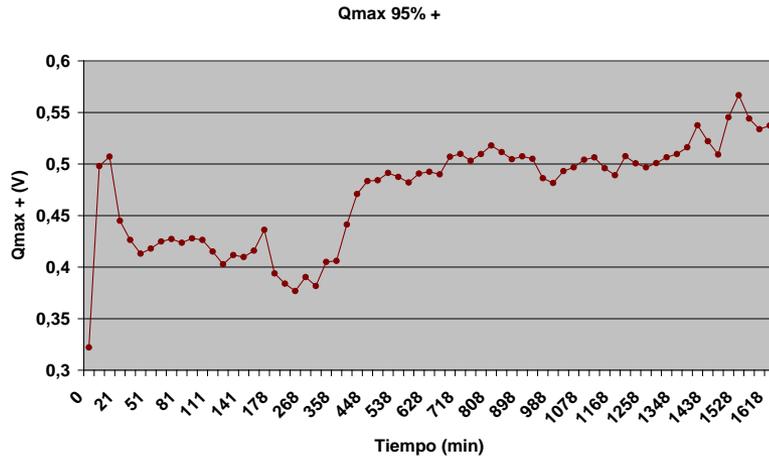
### Muestra REA 12



# 3. Resultado de ensayos de envejecimiento

## 3.2. Resultados Qmax 95%. Hilo REA. 11 de 13 con tendencia creciente.

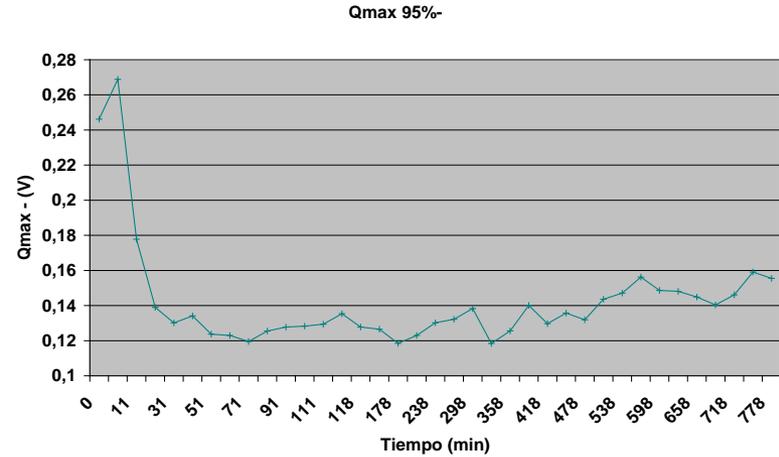
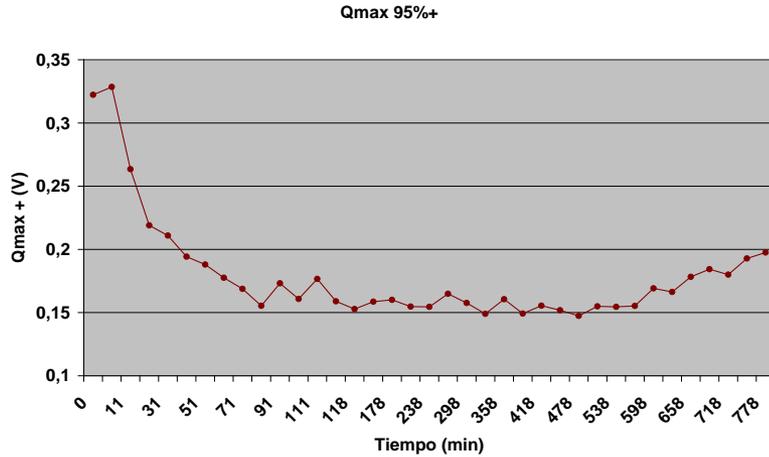
### Muestra REA 13



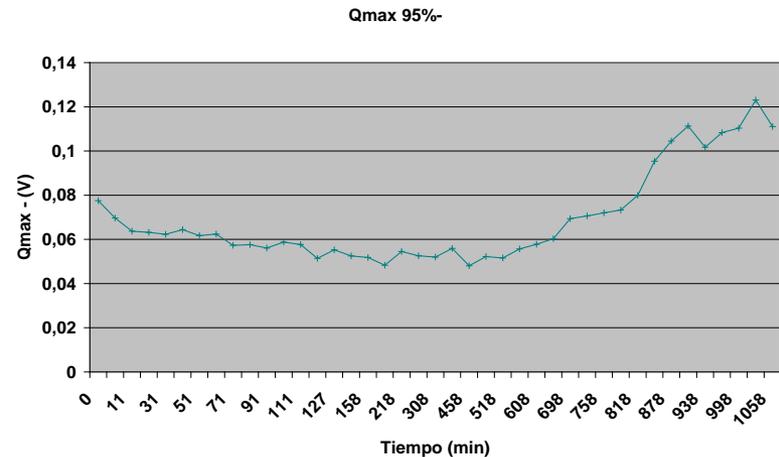
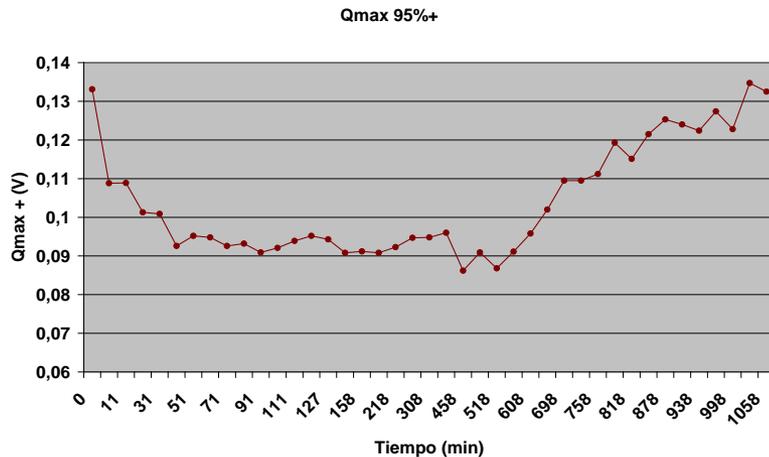
# 3. Resultado de ensayos de envejecimiento

## 3.2. Resultados Qmax 95%. Hilo Partzsch. 3 de 6 tendencia creciente.

### Muestra Partzsch 1



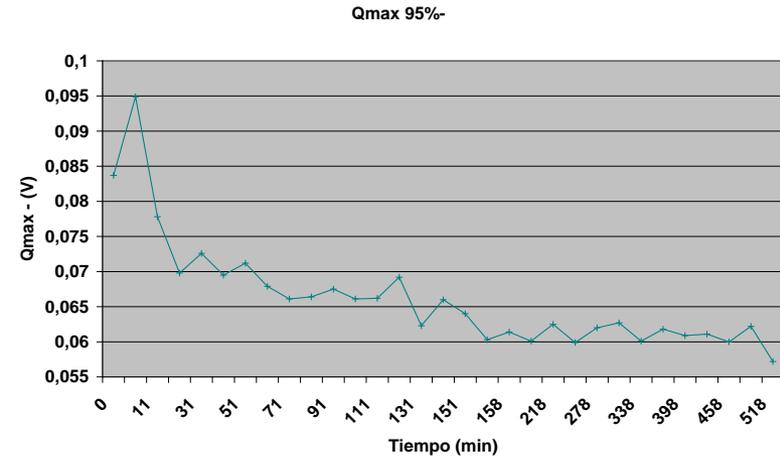
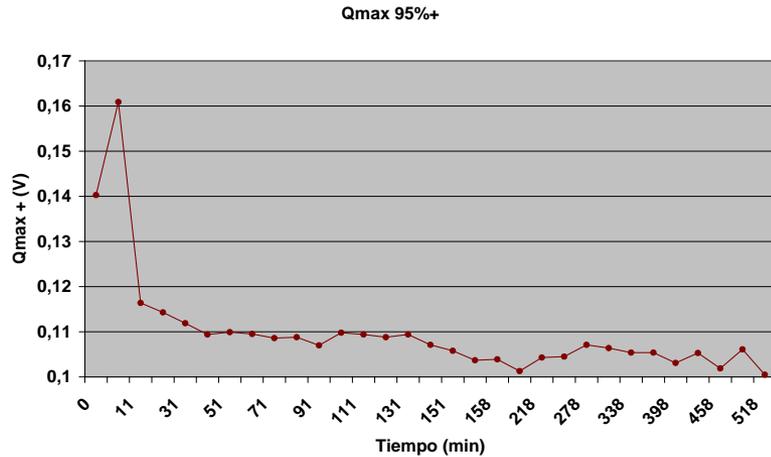
### Muestra Partzsch 2



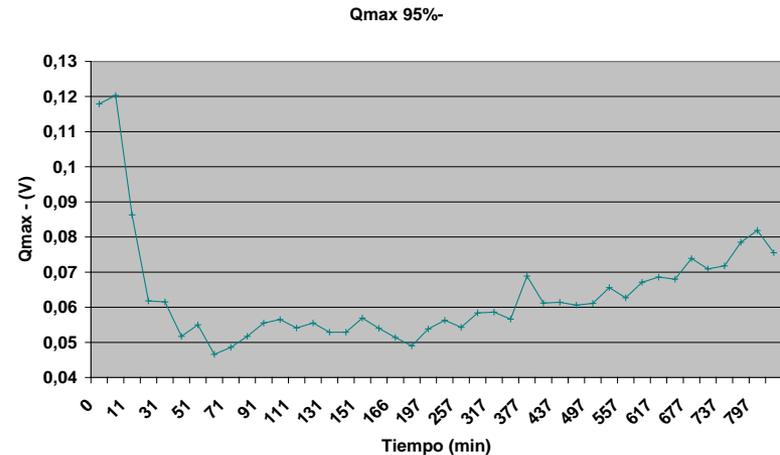
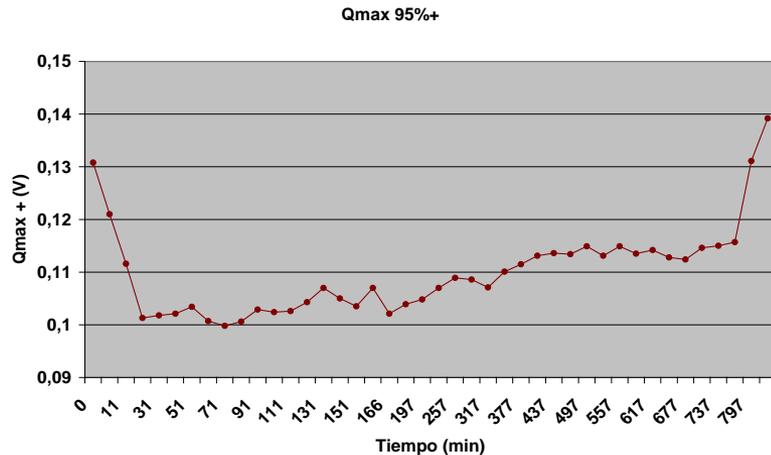
# 3. Resultado de ensayos de envejecimiento

## 3.2. Resultados Qmax 95%. Hilo Partzsch. 3 de 6 tendencia creciente.

### Muestra Partzsch 3



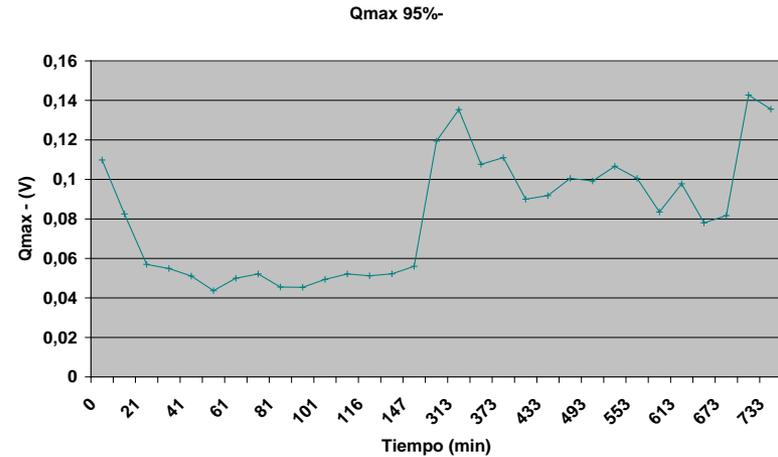
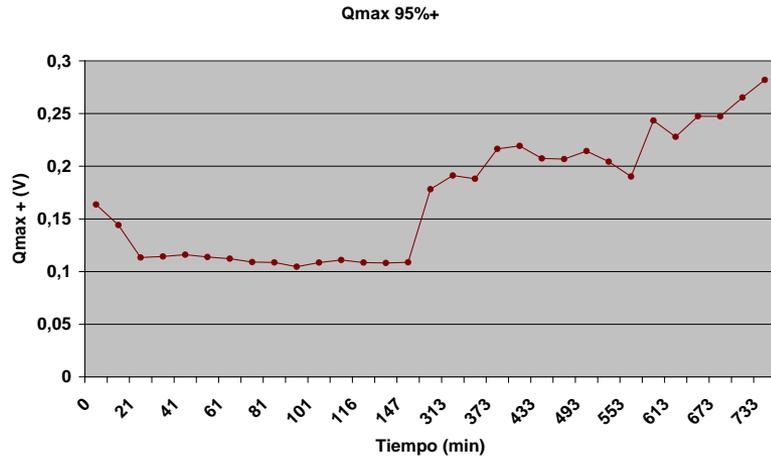
### Muestra Partzsch 4



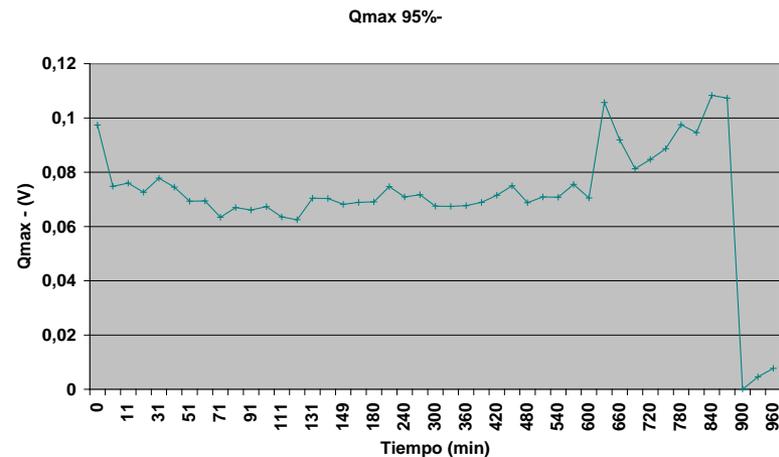
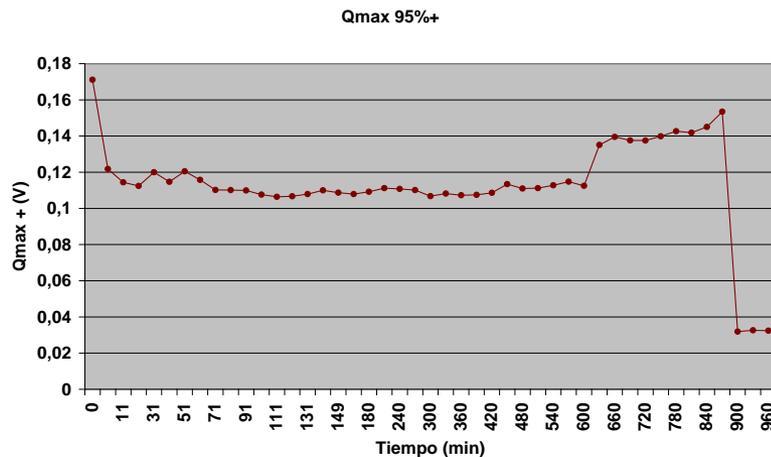
# 3. Resultado de ensayos de envejecimiento

## 3.2. Resultados Qmax 95%. Hilo Partzsch. 3 de 6 tendencia creciente.

### Muestra Partzsch 5



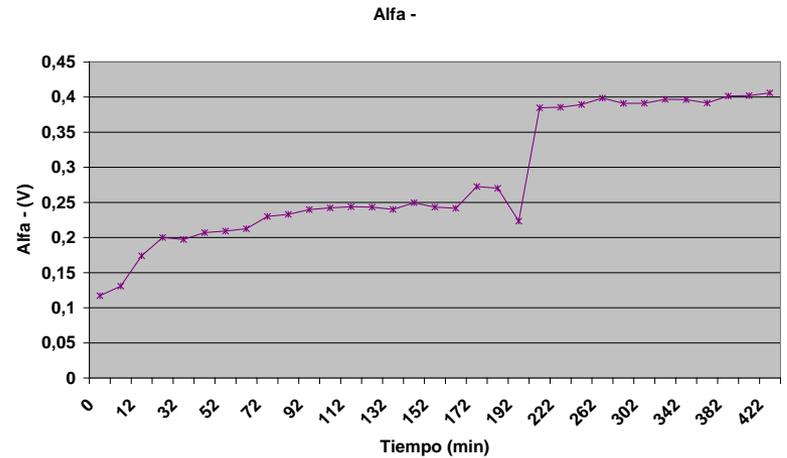
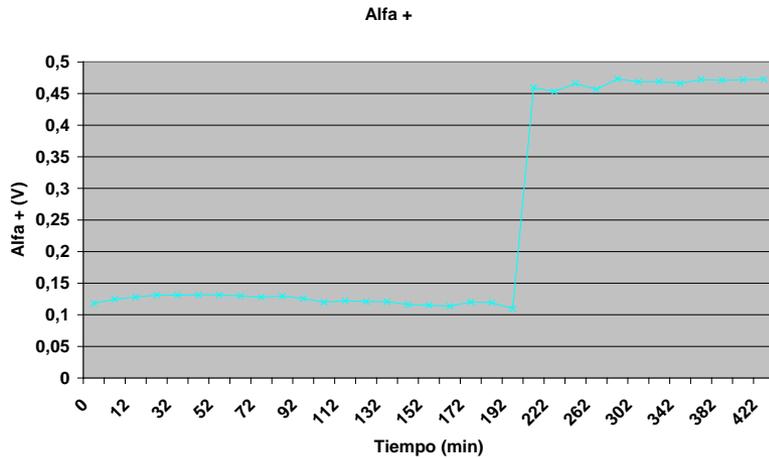
### Muestra Partzsch 6



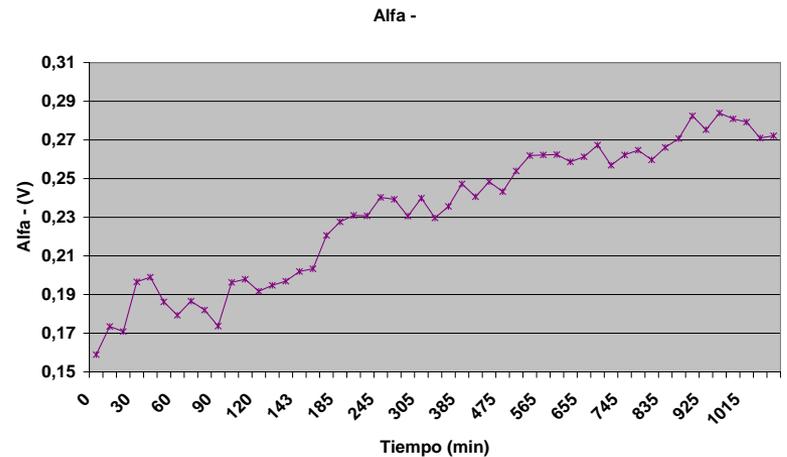
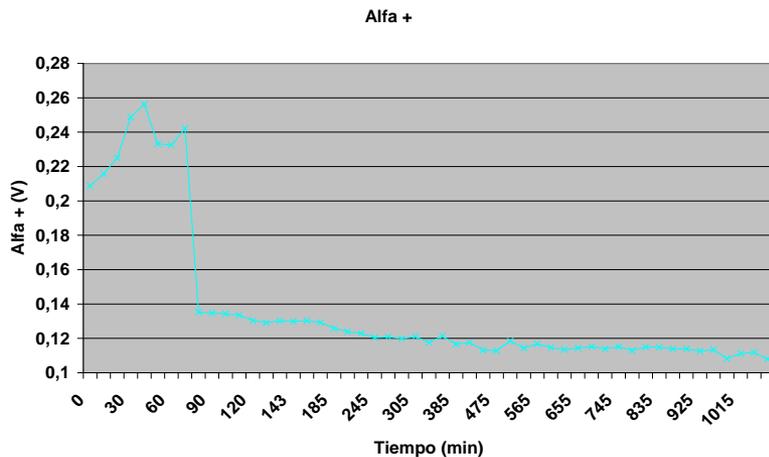
# 3. Resultado de ensayos de envejecimiento

## 3.3. Resultados Alfa. Hilo Acebsa. 3 de 5 con tendencia creciente.

### Muestra Acebsa 1



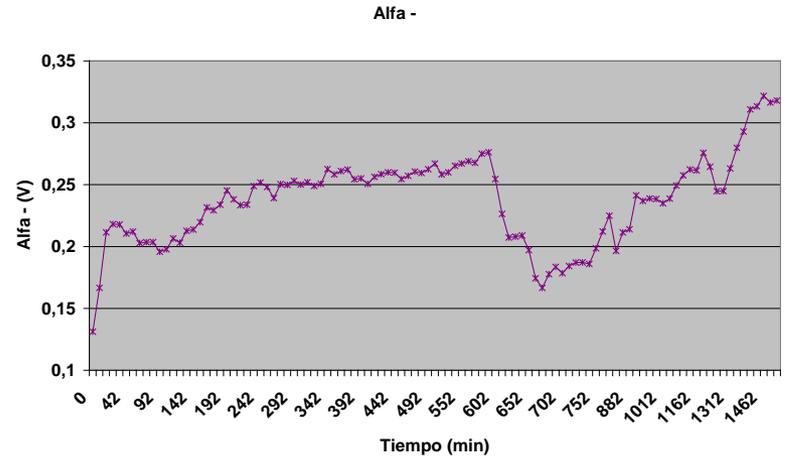
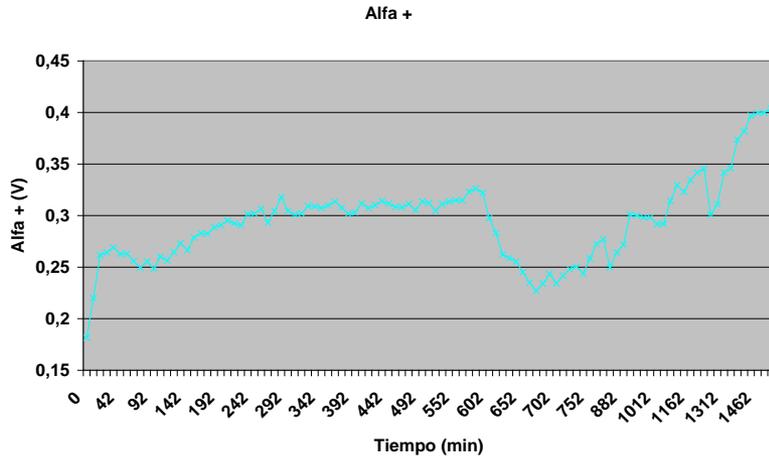
### Muestra Acebsa 2



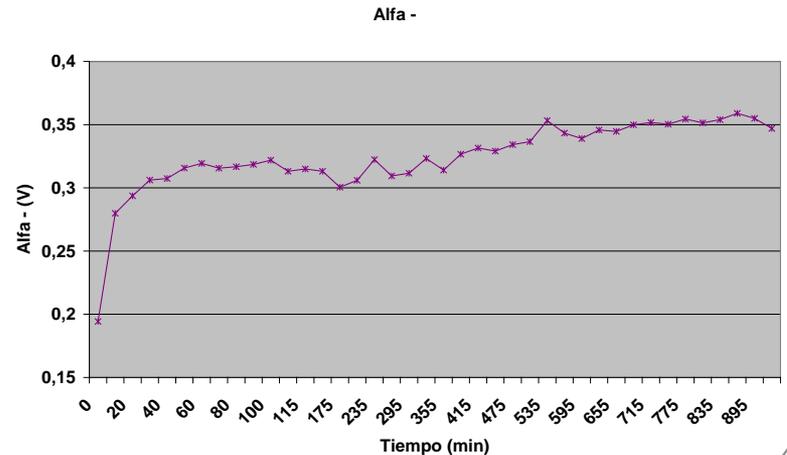
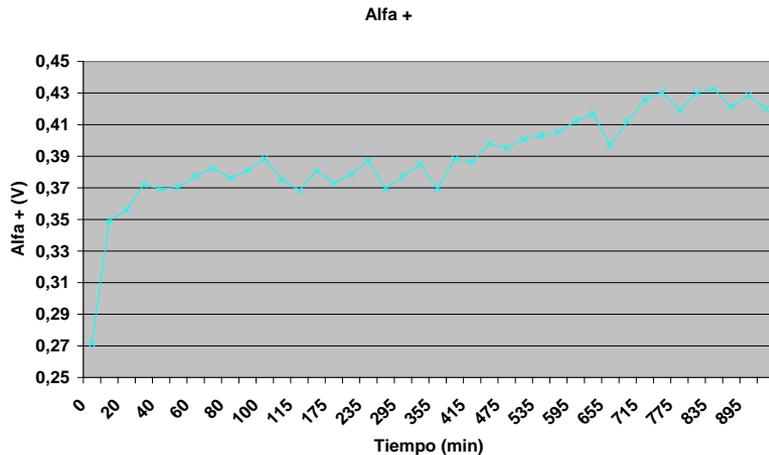
# 3. Resultado de ensayos de envejecimiento

## 3.3. Resultados Alfa. Hilo Acebsa. 3 de 5 con tendencia creciente.

### Muestra Acebsa 3



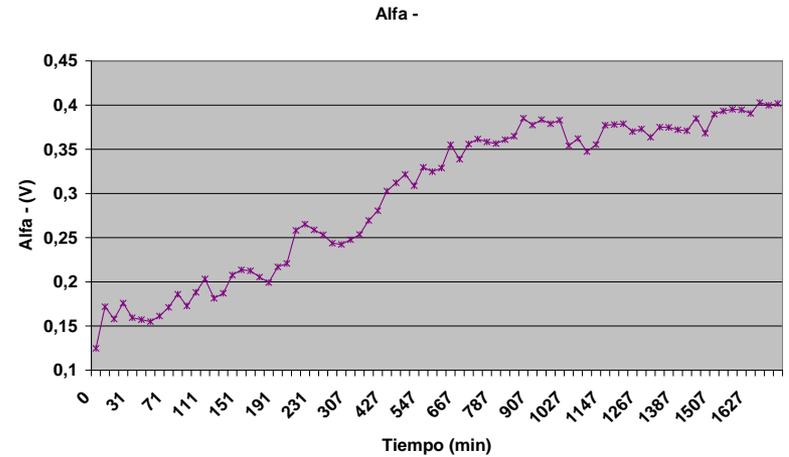
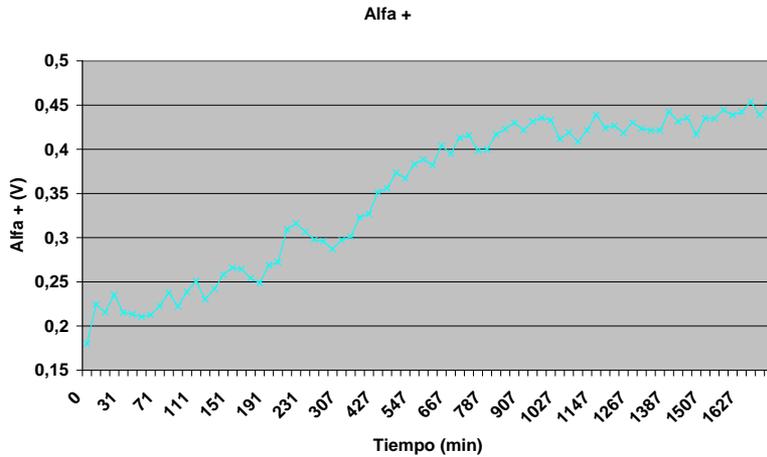
### Muestra Acebsa 4



# 3. Resultado de ensayos de envejecimiento

## 3.3. Resultados Alfa. Hilo Acebsa. 3 de 5 con tendencia creciente.

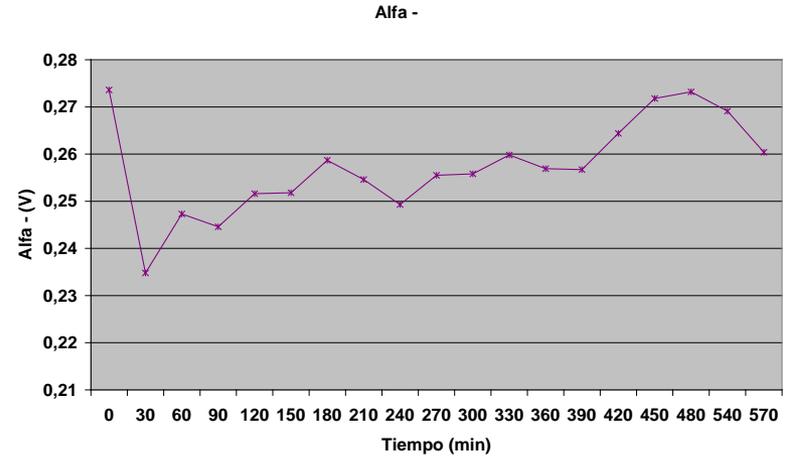
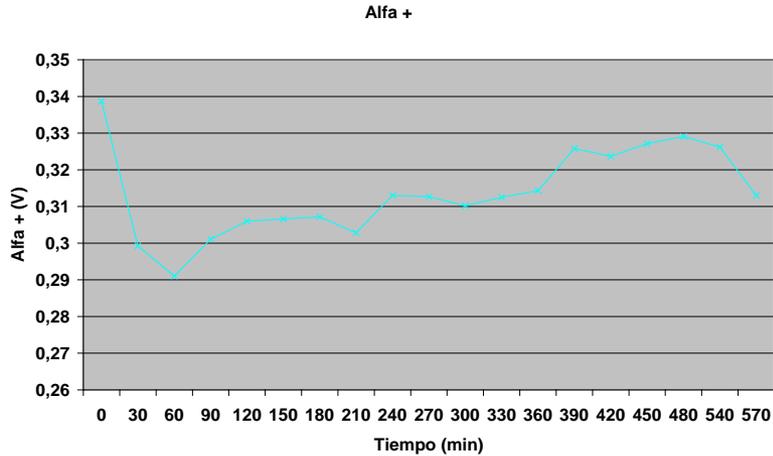
### Muestra Acebsa 5



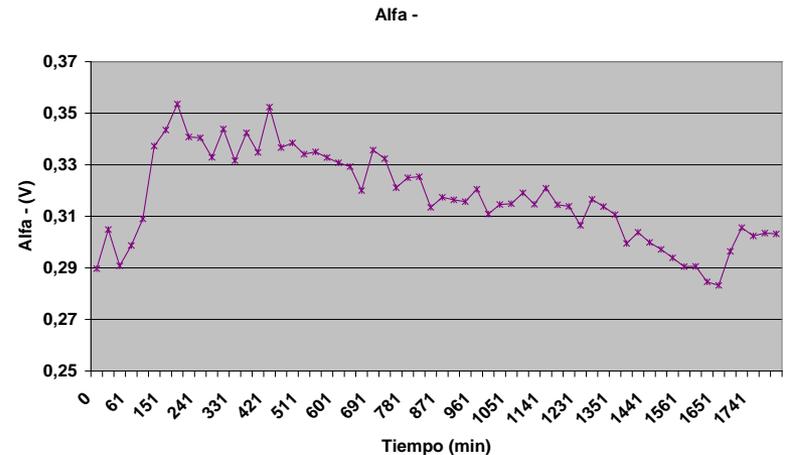
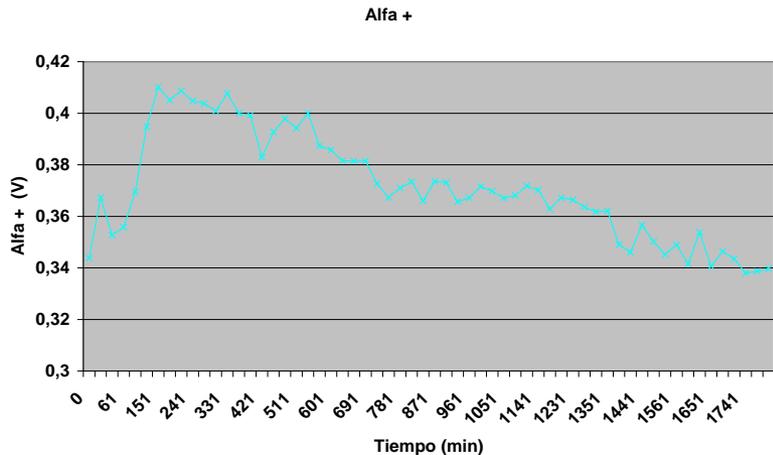
# 3. Resultado de ensayos de envejecimiento

## 3.3. Resultados Alfa. Hilo REA. 10 de 13 con tendencia creciente.

### Muestra REA 1



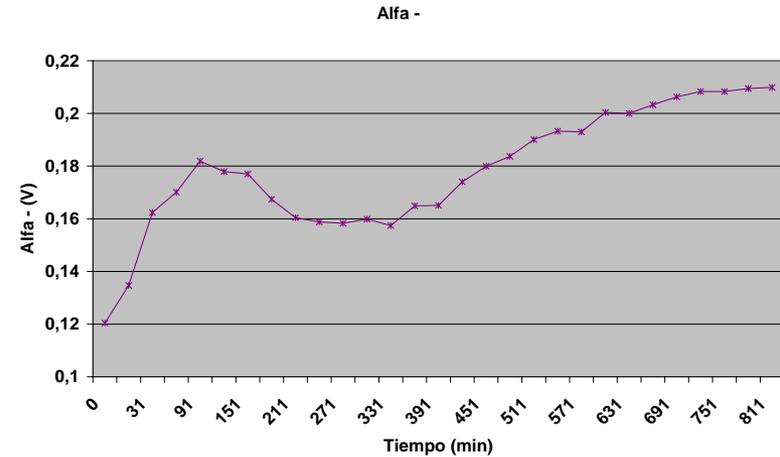
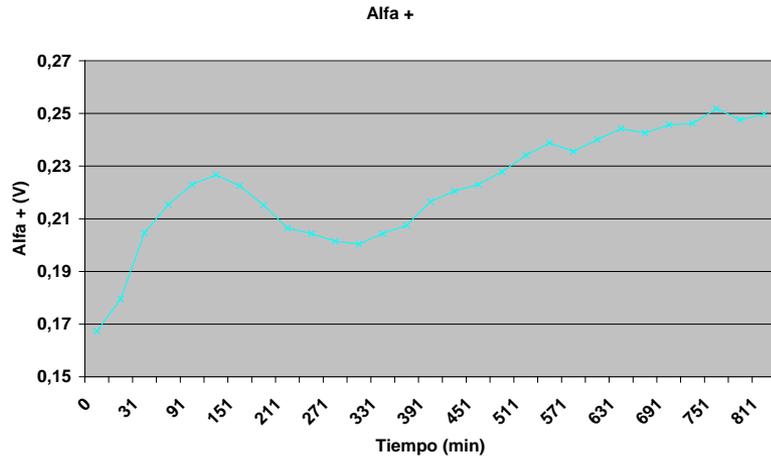
### Muestra REA 2



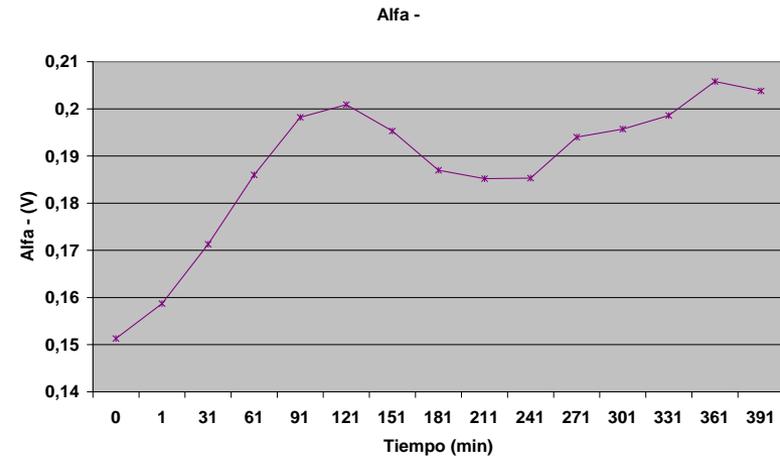
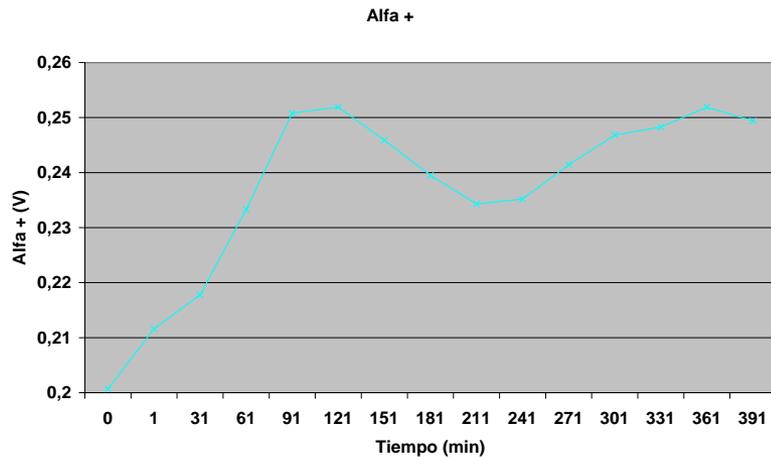
# 3. Resultado de ensayos de envejecimiento

## 3.3. Resultados Alfa. Hilo REA. 10 de 13 con tendencia creciente.

### Muestra REA 3



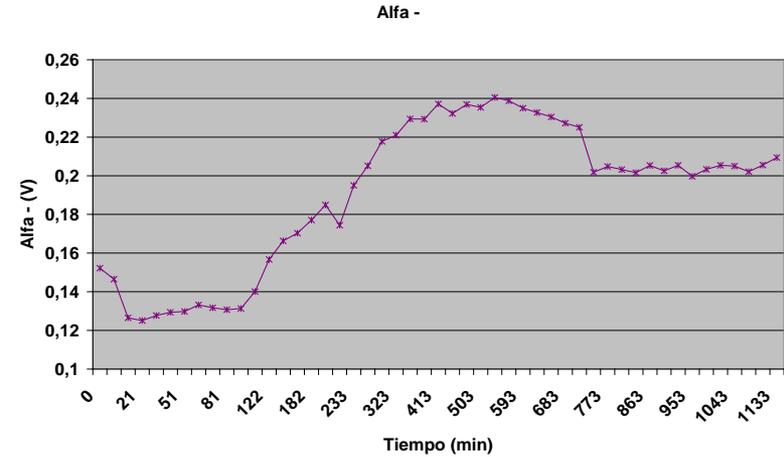
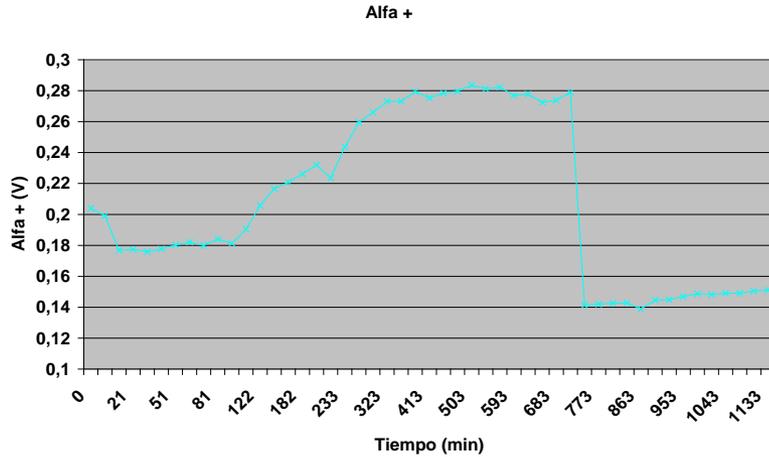
### Muestra REA 4



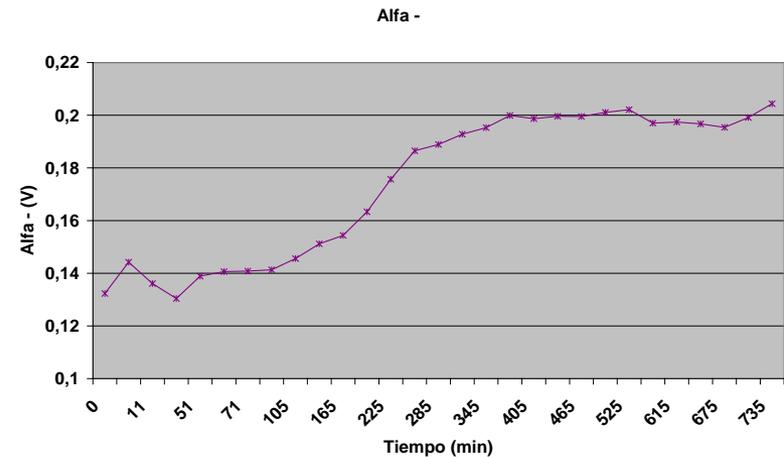
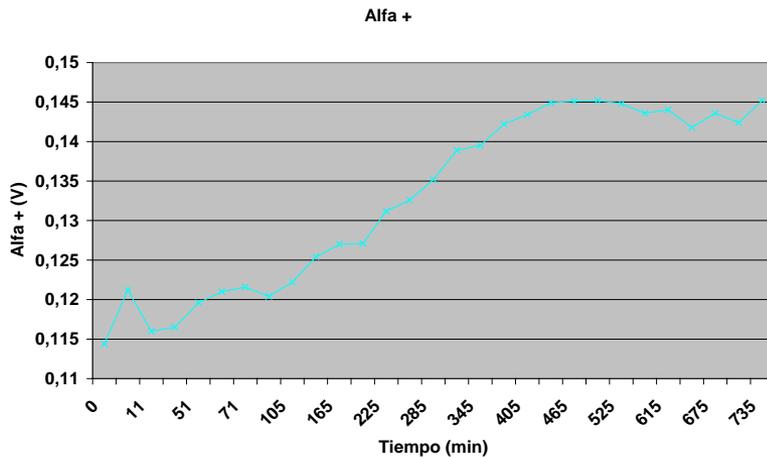
# 3. Resultado de ensayos de envejecimiento

## 3.3. Resultados Alfa. Hilo REA. 10 de 13 con tendencia creciente.

### Muestra REA 5



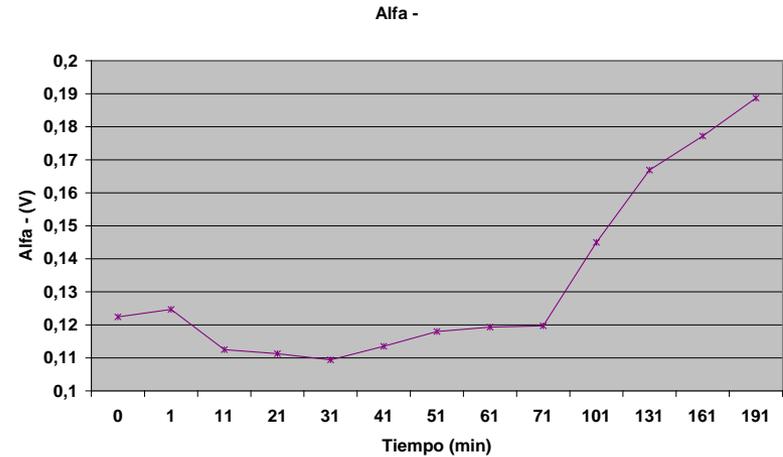
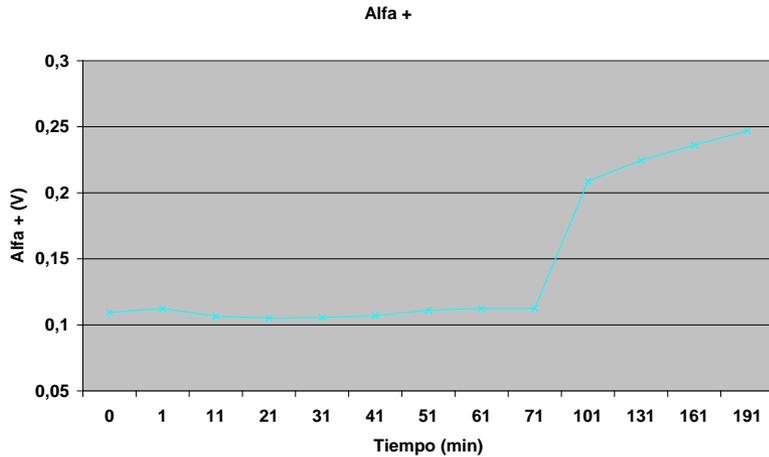
### Muestra REA 6



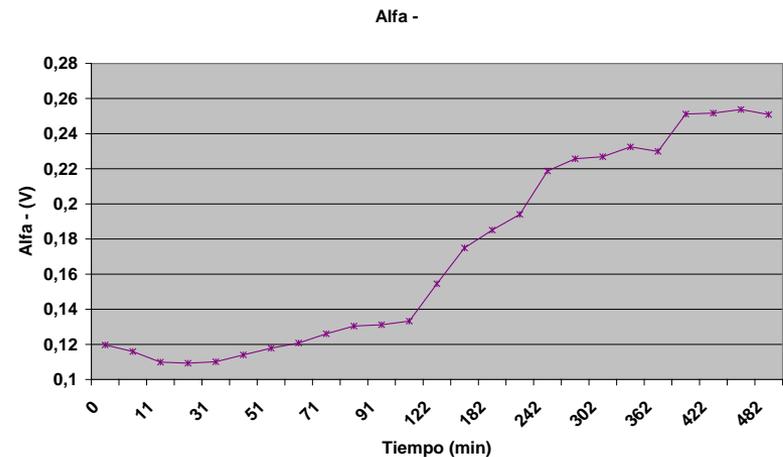
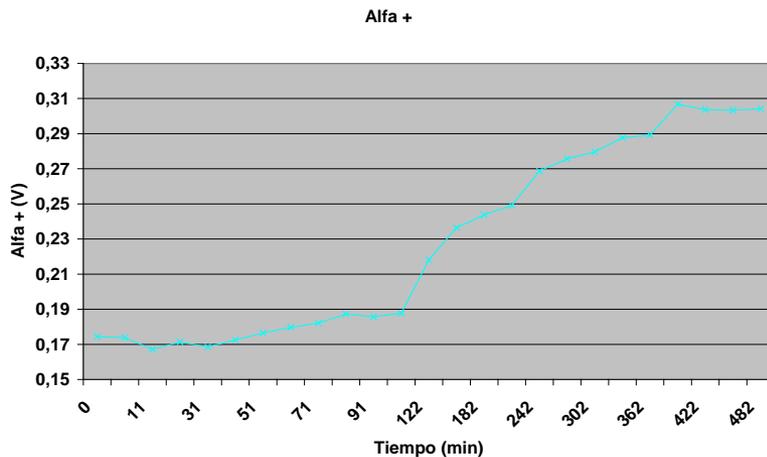
# 3. Resultado de ensayos de envejecimiento

## 3.3. Resultados Alfa. Hilo REA. 10 de 13 con tendencia creciente.

### Muestra REA 7



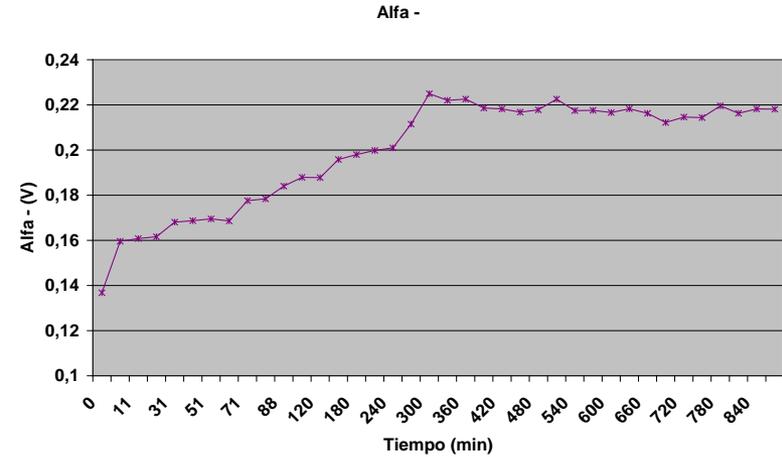
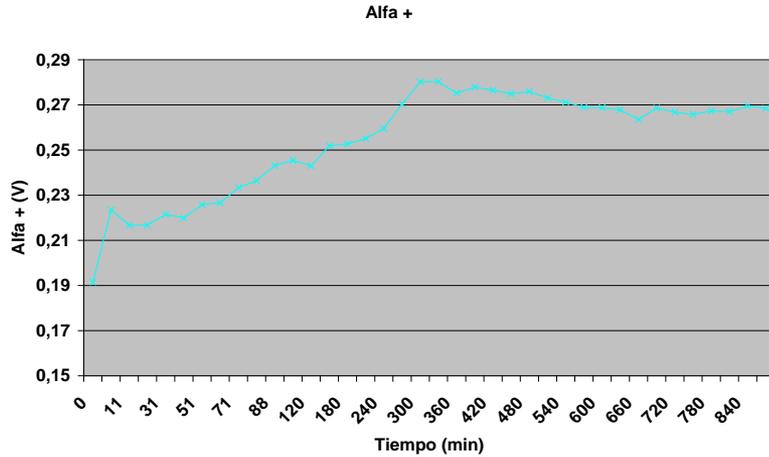
### Muestra REA 8



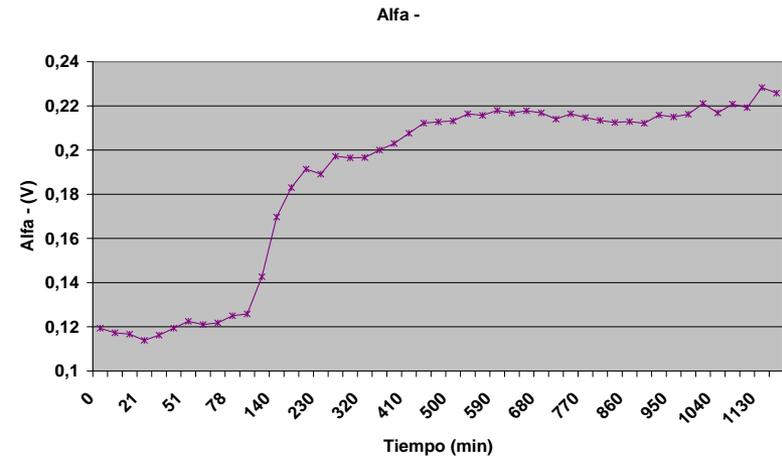
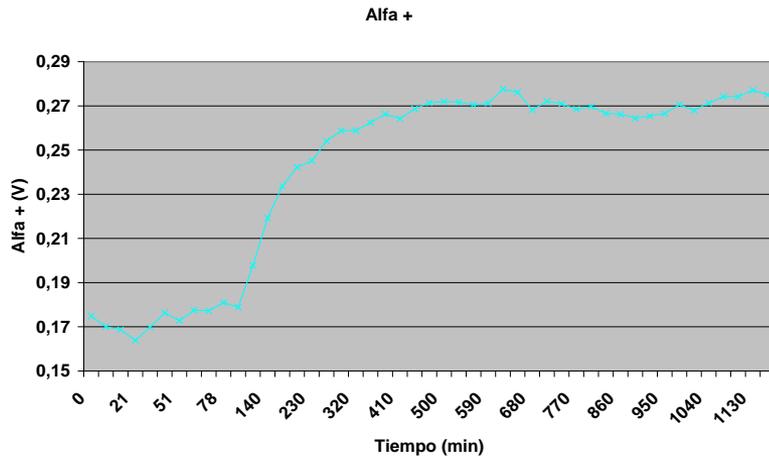
# 3. Resultado de ensayos de envejecimiento

## 3.3. Resultados Alfa. Hilo REA. 10 de 13 con tendencia creciente.

### Muestra REA 9



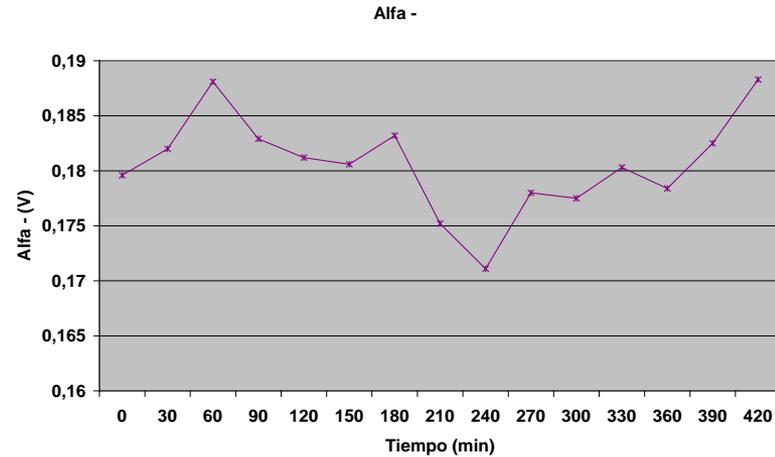
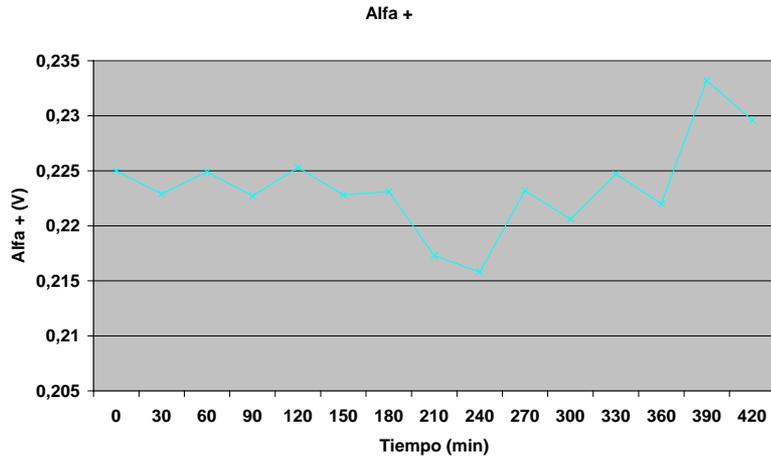
### Muestra REA 10



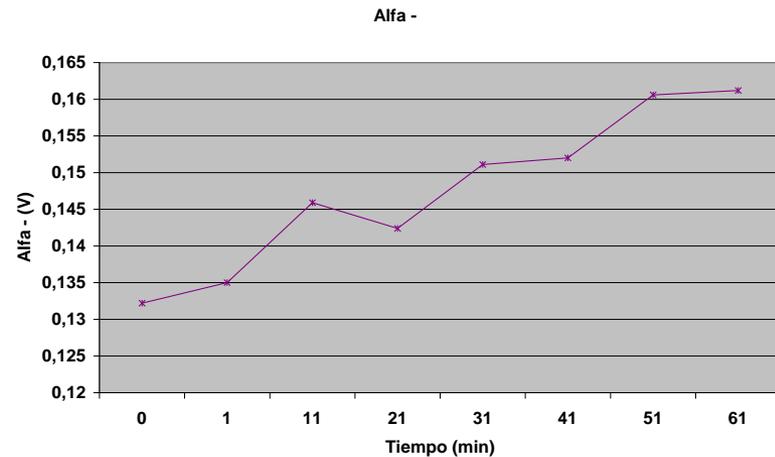
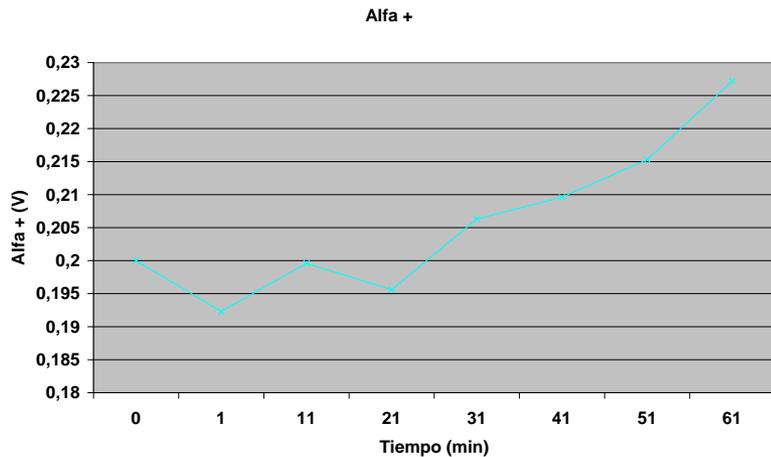
# 3. Resultado de ensayos de envejecimiento

## 3.3. Resultados Alfa. Hilo REA. 10 de 13 con tendencia creciente.

### Muestra REA 11



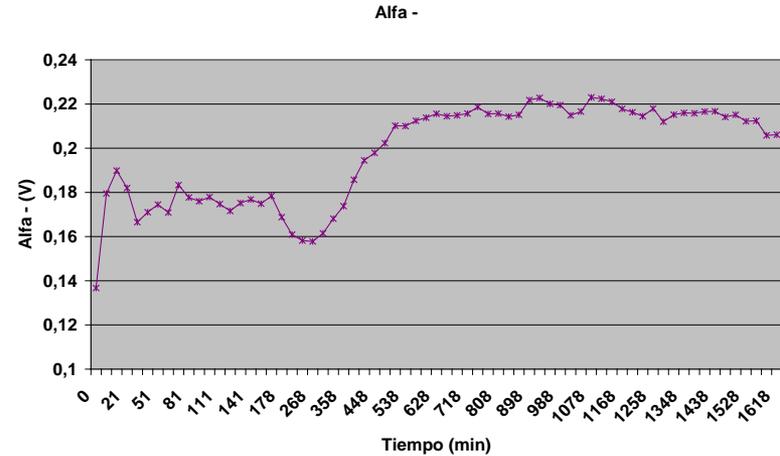
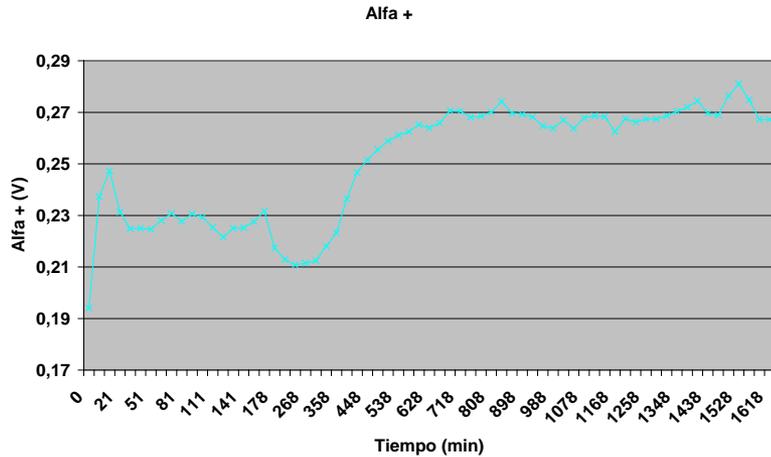
### Muestra REA 12



# 3. Resultado de ensayos de envejecimiento

## 3.3. Resultados Alfa. Hilo REA. 10 de 13 con tendencia creciente.

Muestra REA 13

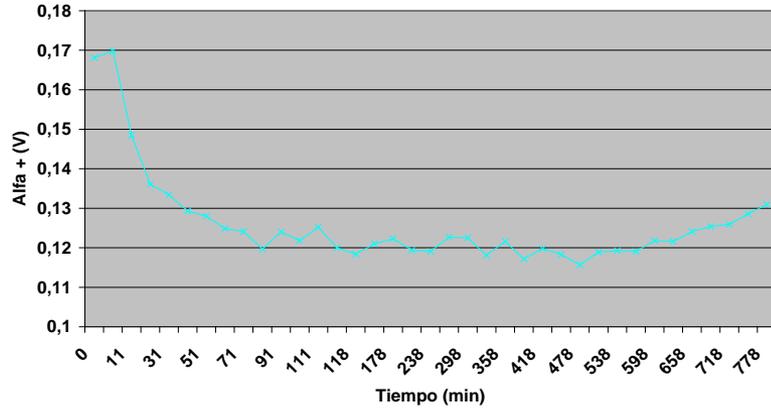


# 3. Resultado de ensayos de envejecimiento

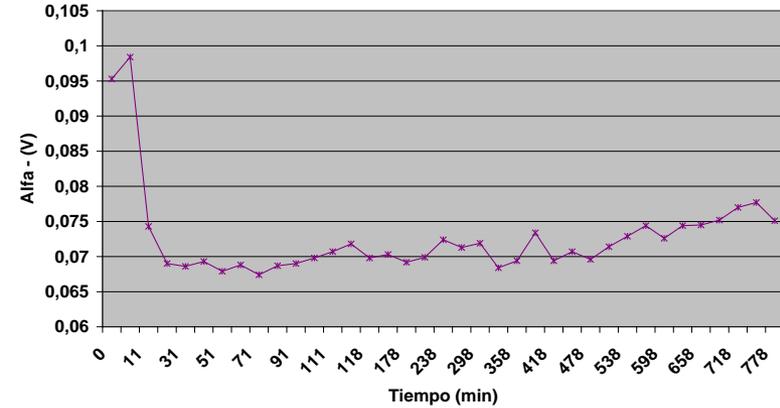
## 3.3. Resultados Alfa. Hilo Partzsch. 4 de 6 con tendencia creciente.

### Muestra Partzsch 1

Alfa +

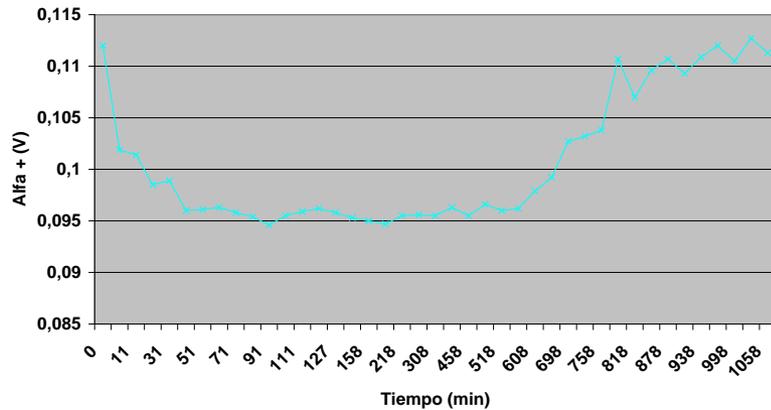


Alfa -

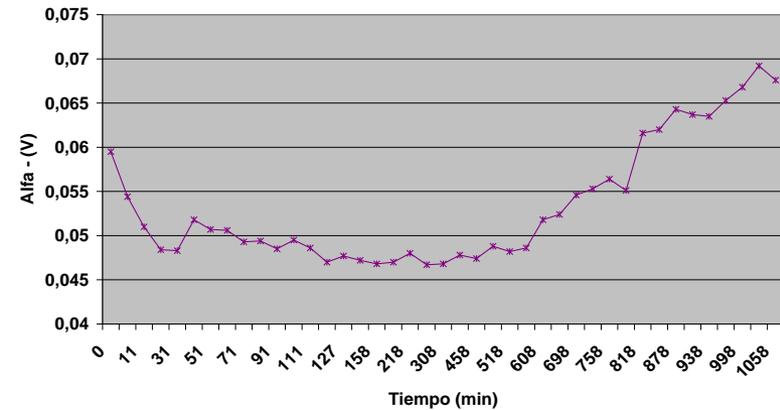


### Muestra Partzsch 2

Alfa +



Alfa -

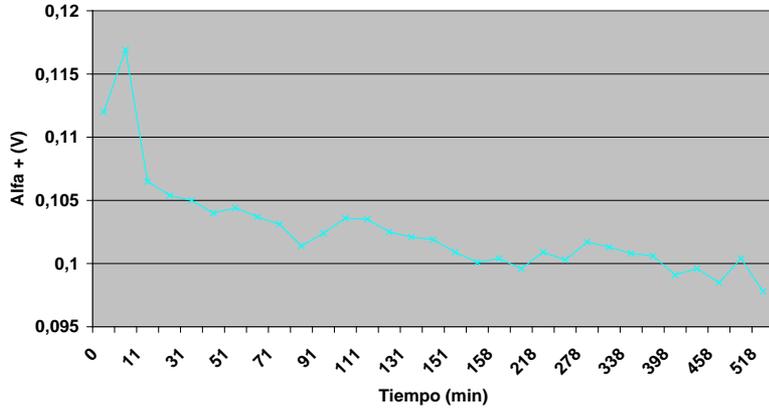


# 3. Resultado de ensayos de envejecimiento

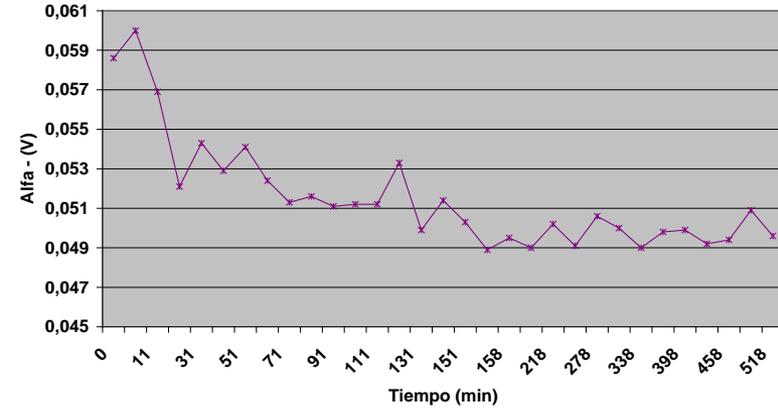
## 3.3. Resultados Alfa. Hilo Partzsch. 4 de 6 con tendencia creciente.

### Muestra Partzsch 3

Alfa +

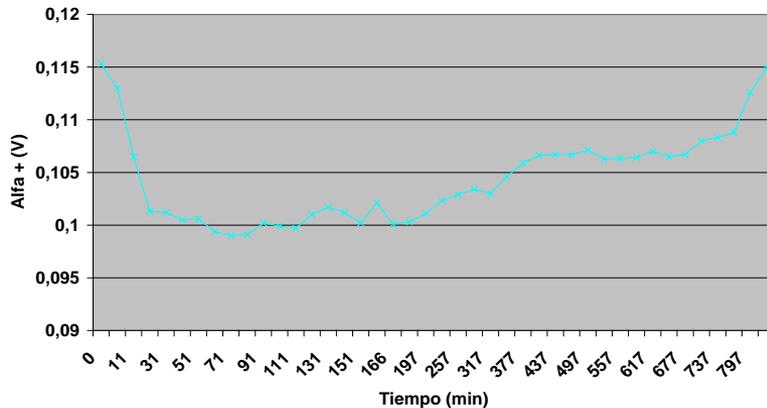


Alfa -

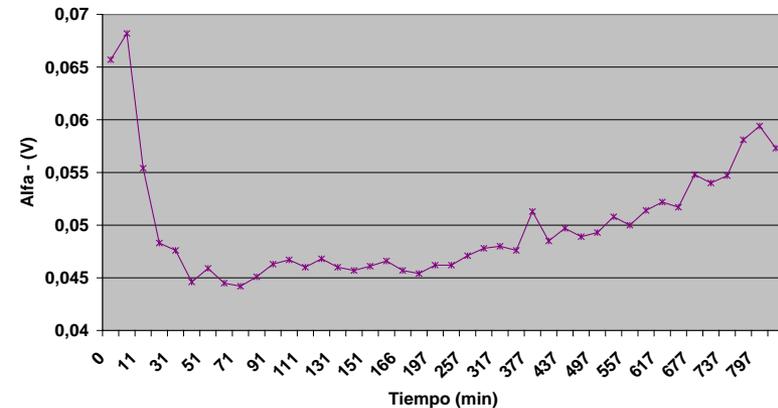


### Muestra Partzsch 4

Alfa +



Alfa -

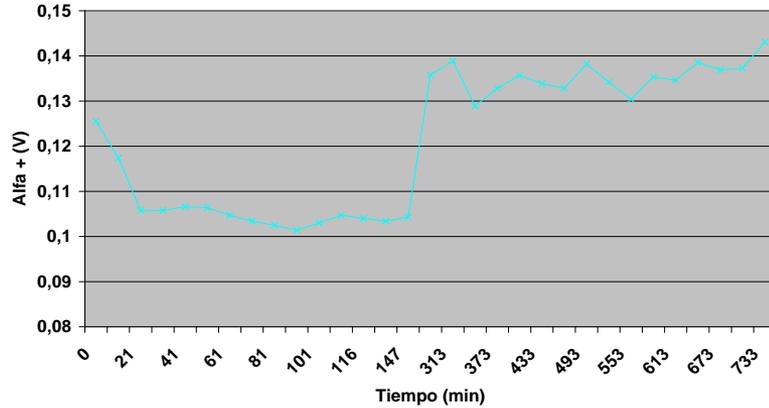


# 3. Resultado de ensayos de envejecimiento

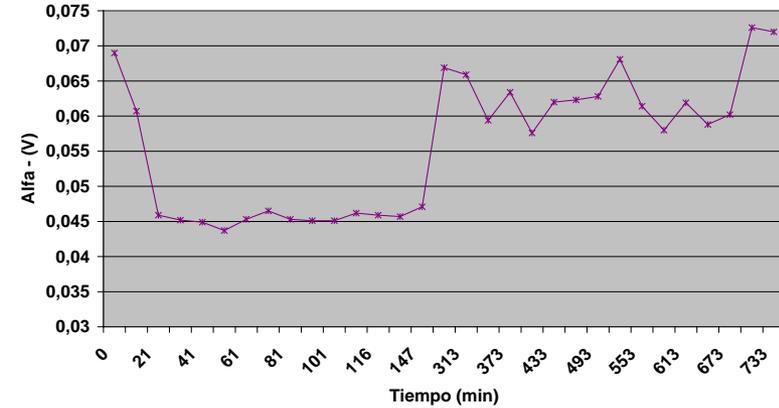
## 3.3. Resultados Alfa. Hilo Partzsch. 4 de 6 con tendencia creciente.

### Muestra Partzsch 5

Alfa +

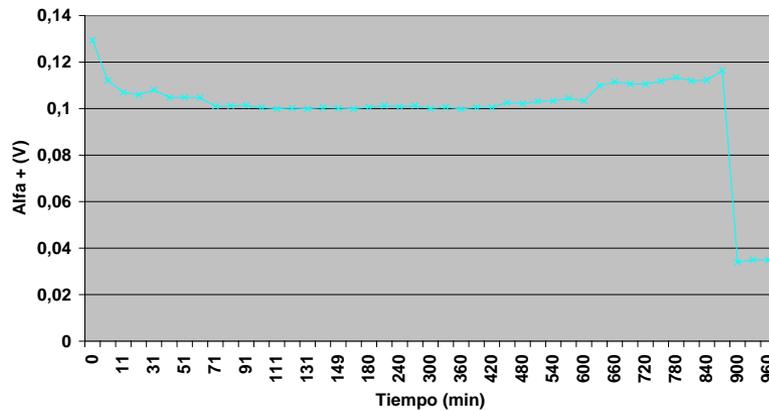


Alfa -

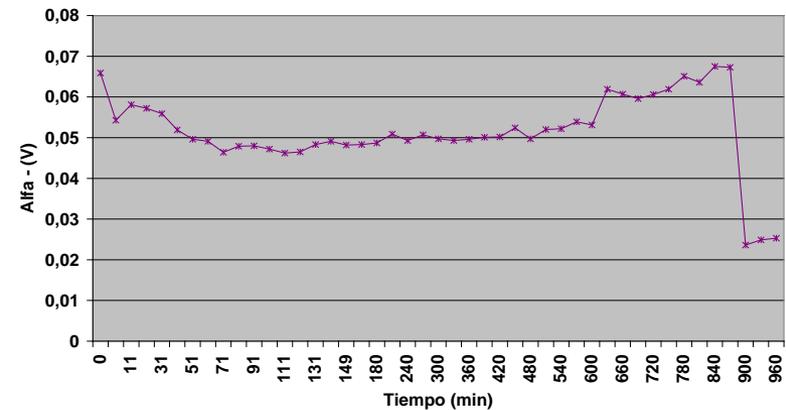


### Muestra Partzsch 6

Alfa +



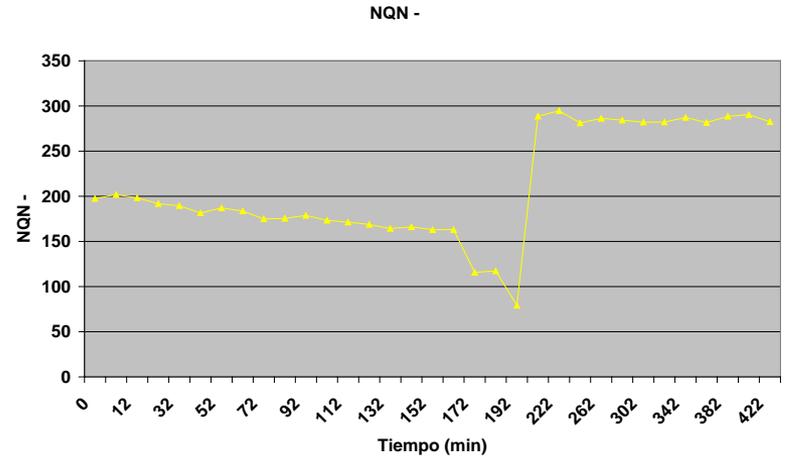
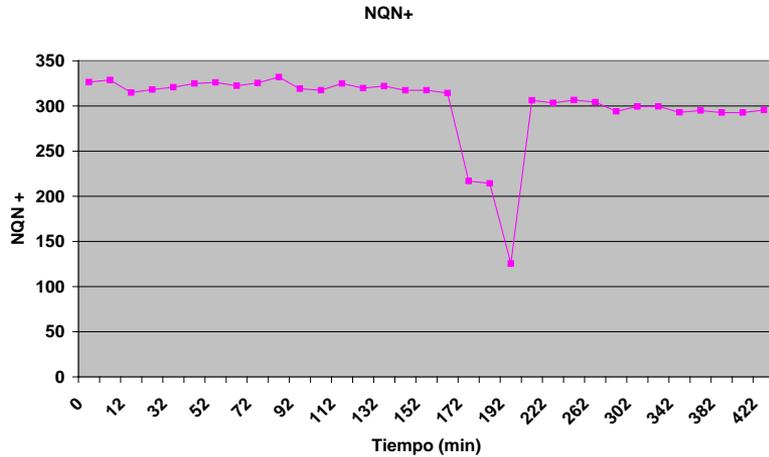
Alfa -



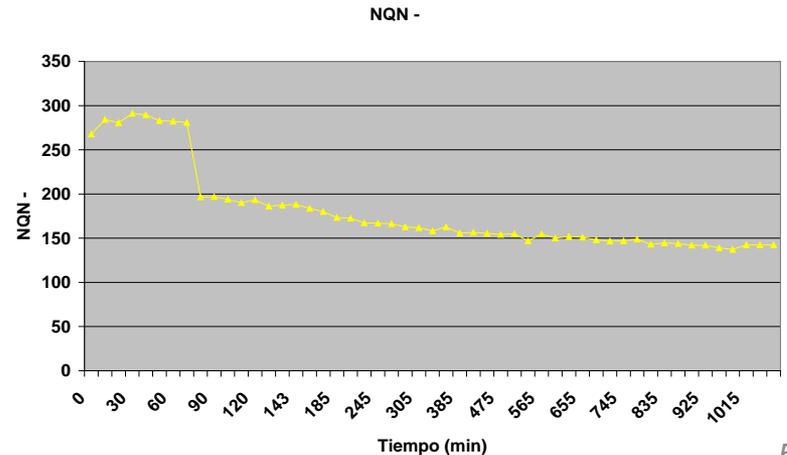
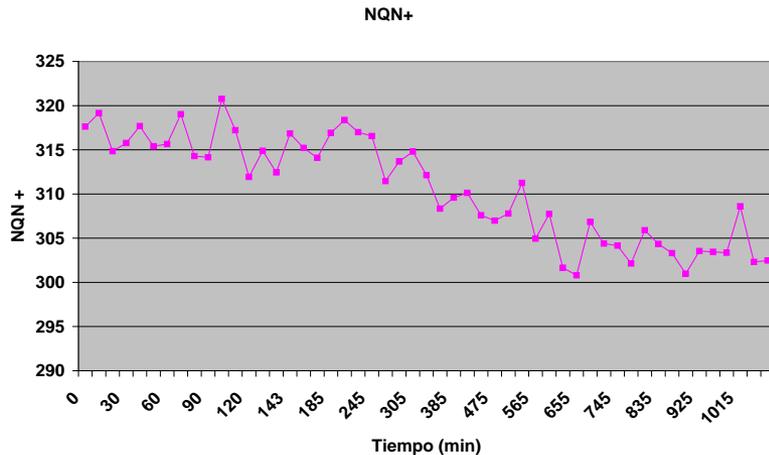
# 3. Resultado de ensayos de envejecimiento

## 3.4. Resultados NQN. Hilo Acebsa. Ninguna muestra con tendencia creciente.

### Muestra Acebsa 1



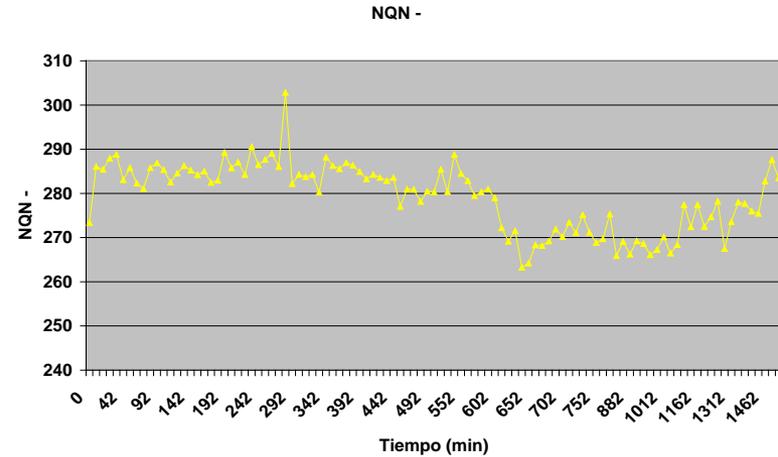
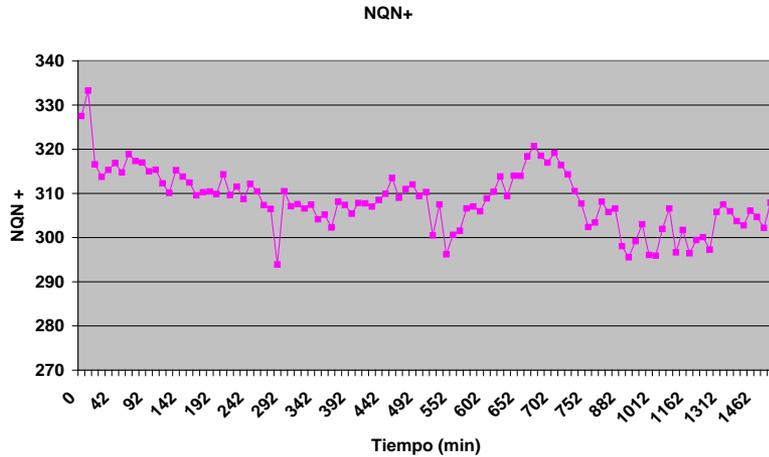
### Muestra Acebsa 2



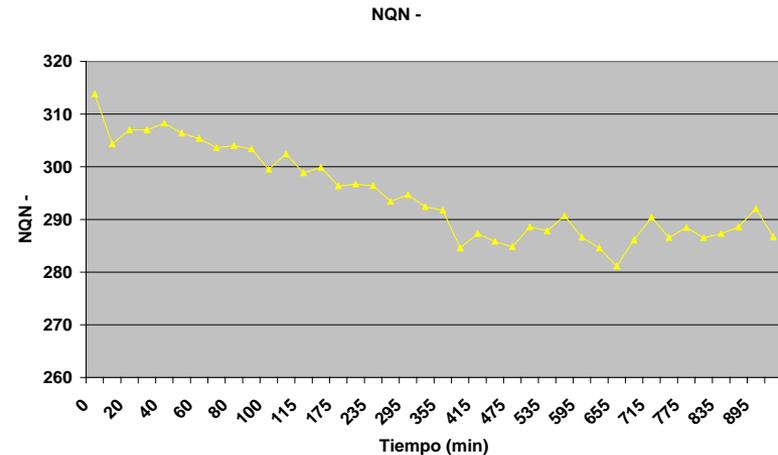
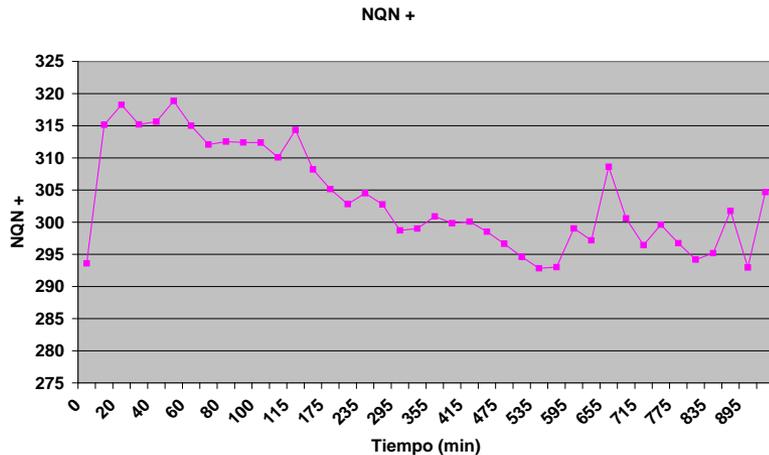
# 3. Resultado de ensayos de envejecimiento

## 3.4. Resultados NQN. Hilo Acebsa. Ninguna muestra con tendencia creciente.

### Muestra Acebsa 3



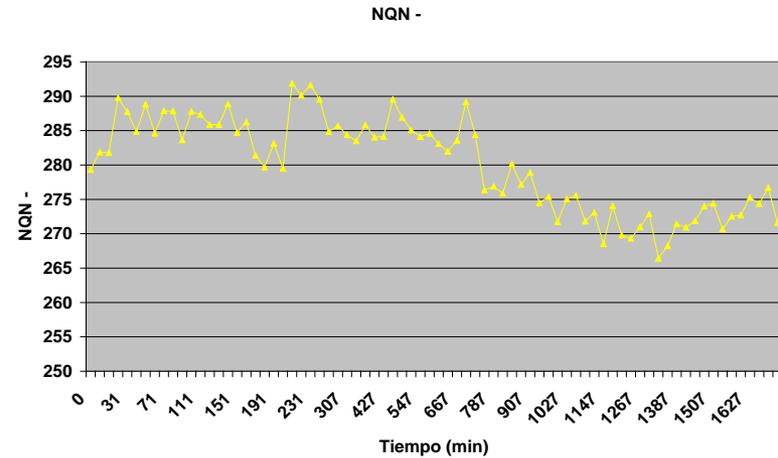
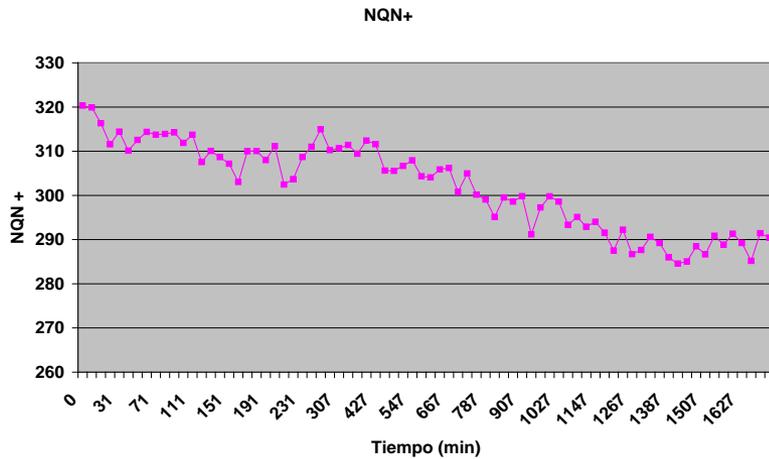
### Muestra Acebsa 4



# 3. Resultado de ensayos de envejecimiento

## 3.4. Resultados NQN. Hilo Acebsa. Ninguna muestra con tendencia creciente.

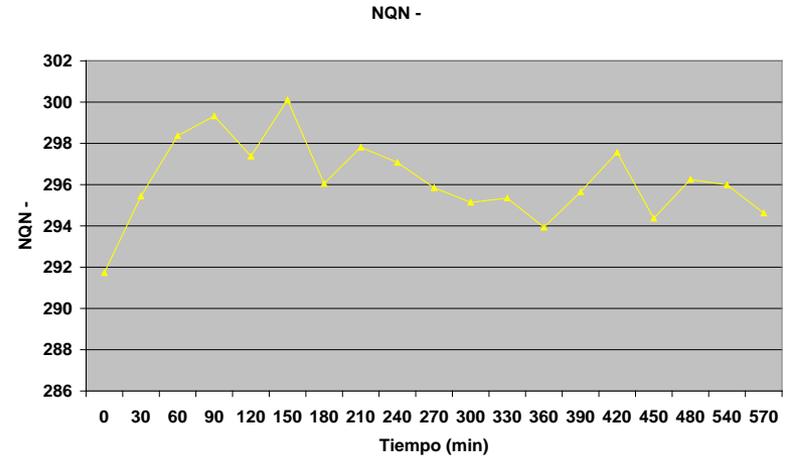
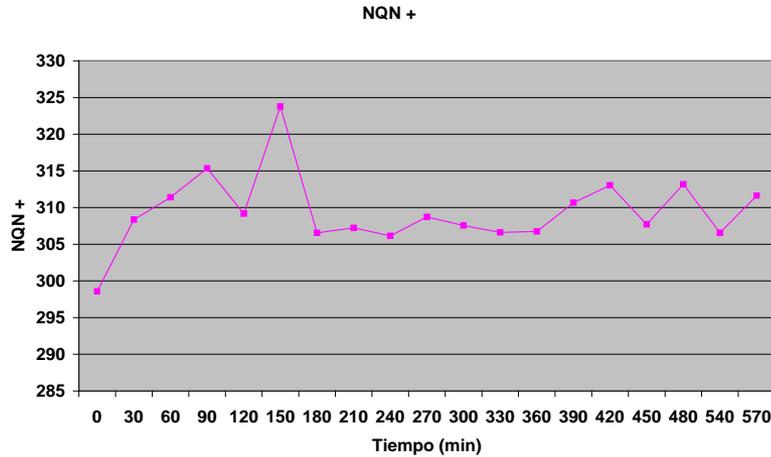
Muestra Acebsa 5



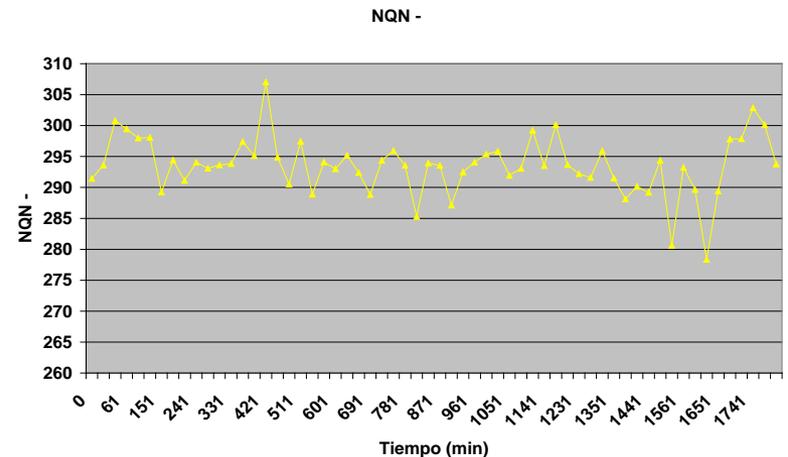
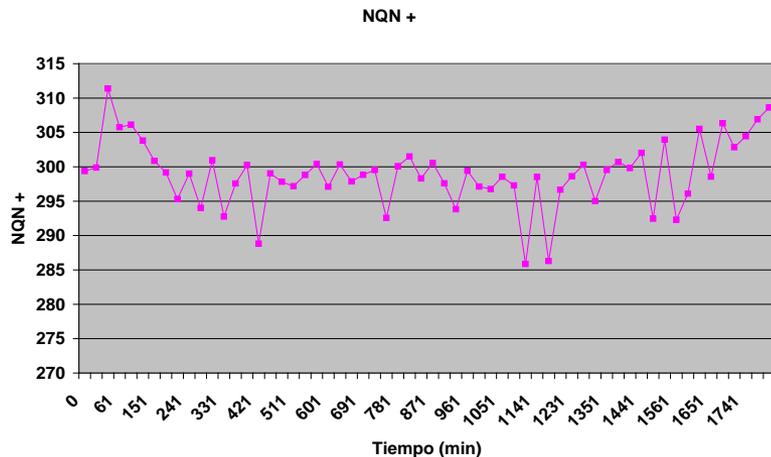
# 3. Resultado de ensayos de envejecimiento

## 3.4. Resultados NQN. Hilo REA. 1 de 13 con tendencia creciente.

### Muestra REA 1



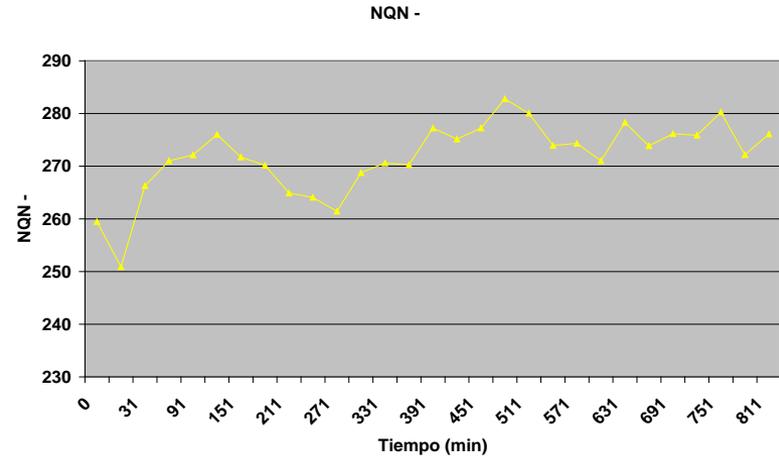
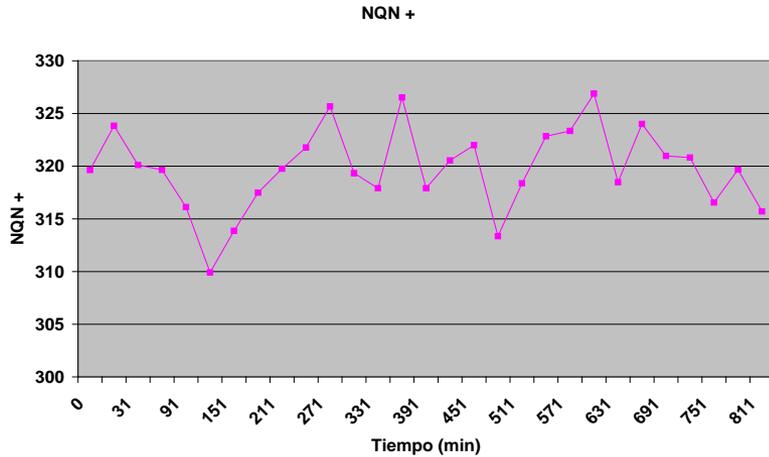
### Muestra REA 2



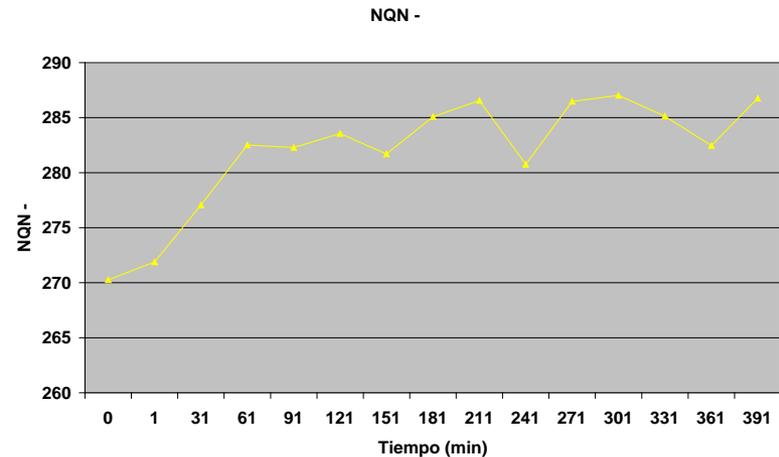
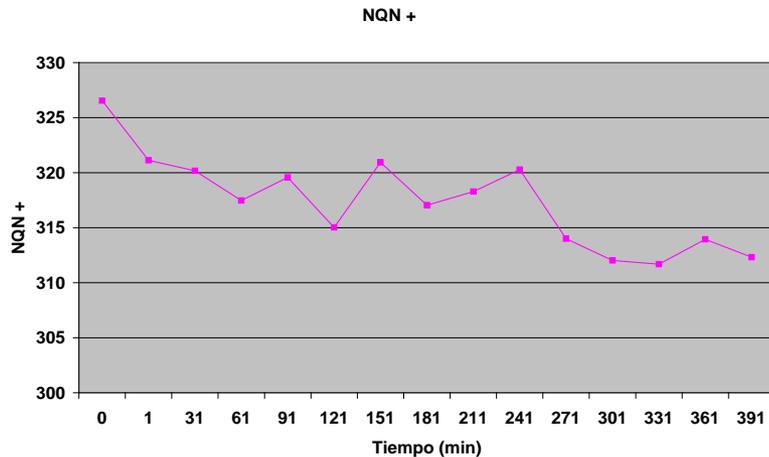
# 3. Resultado de ensayos de envejecimiento

## 3.4. Resultados NQN. Hilo REA. 1 de 13 con tendencia creciente.

### Muestra REA 3



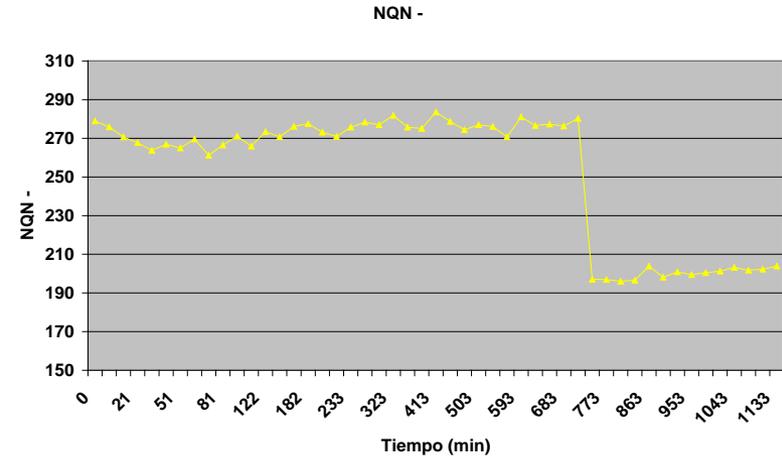
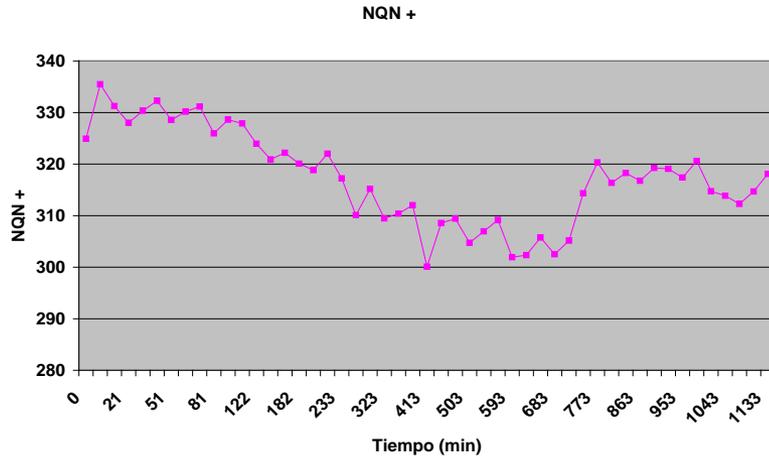
### Muestra REA 4



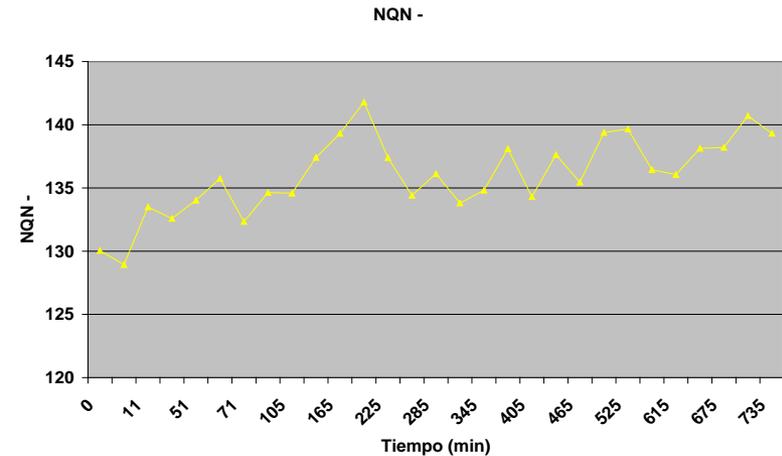
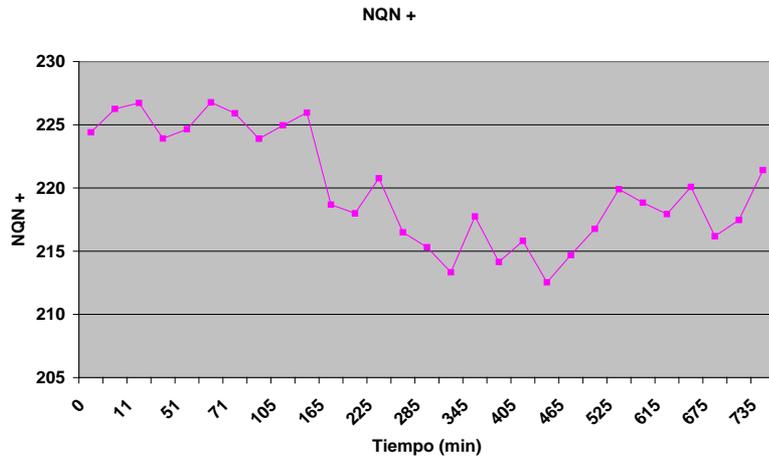
# 3. Resultado de ensayos de envejecimiento

## 3.4. Resultados NQN. Hilo REA. 1 de 13 con tendencia creciente.

### Muestra REA 5



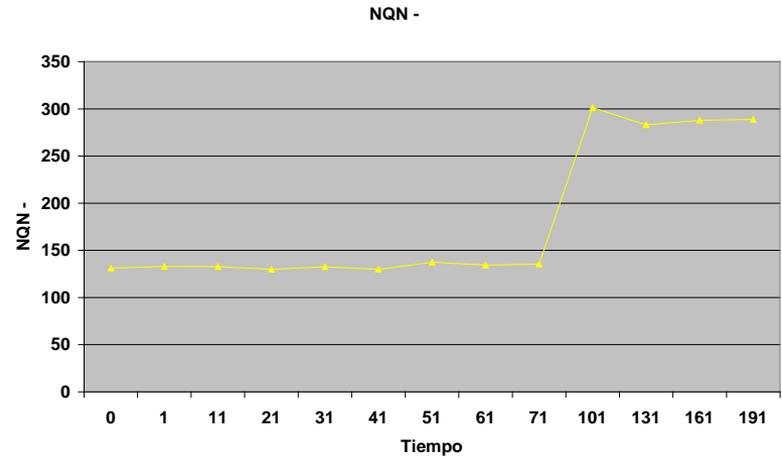
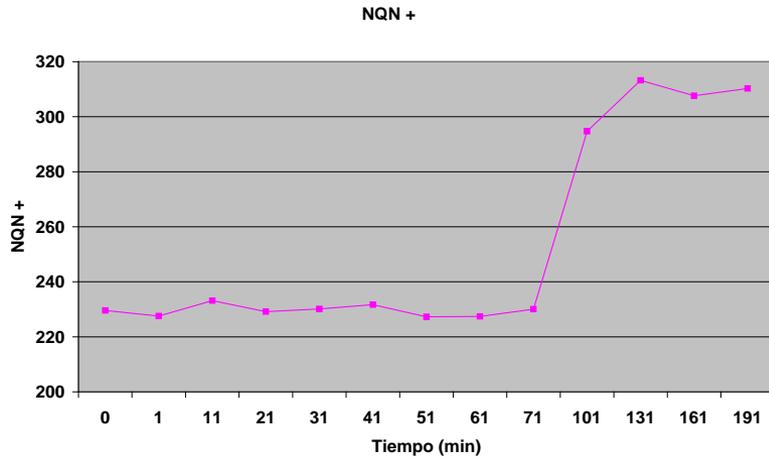
### Muestra REA 6



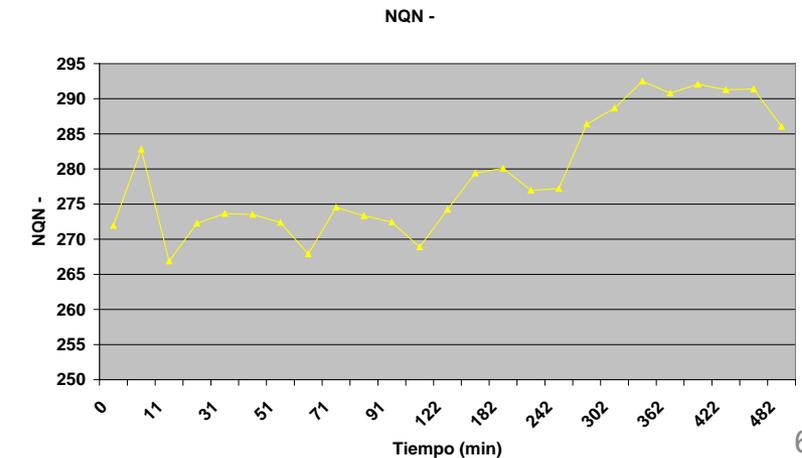
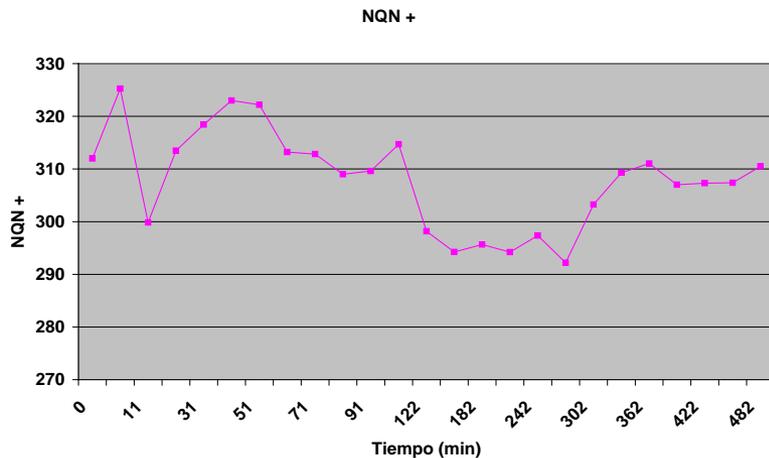
# 3. Resultado de ensayos de envejecimiento

## 3.4. Resultados NQN. Hilo REA. 1 de 13 con tendencia creciente.

### Muestra REA 7



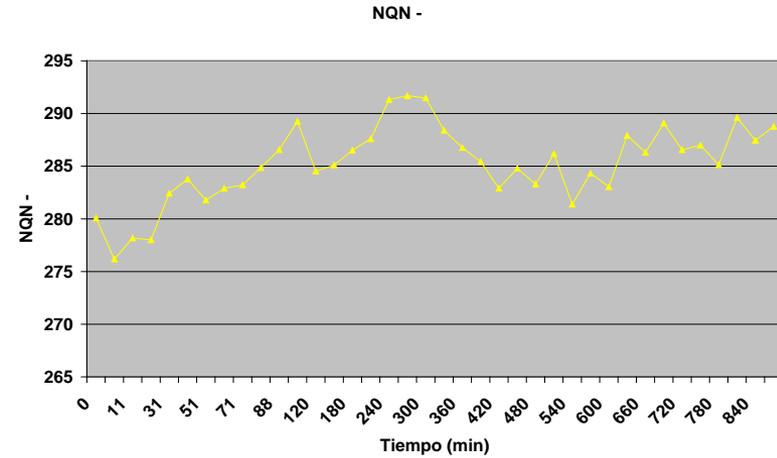
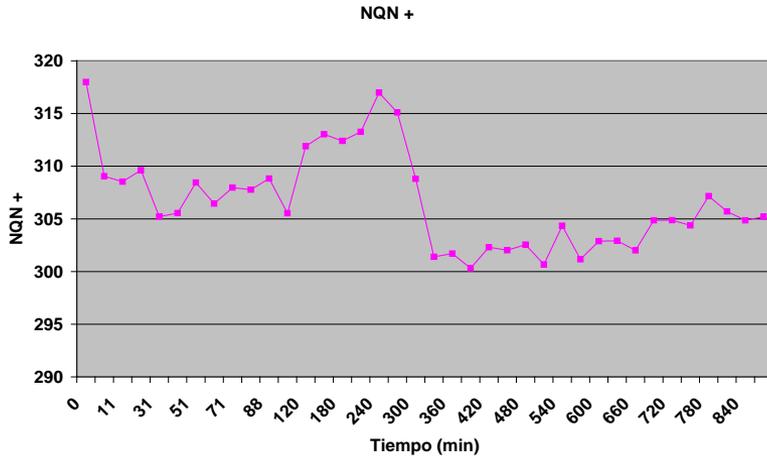
### Muestra REA 8



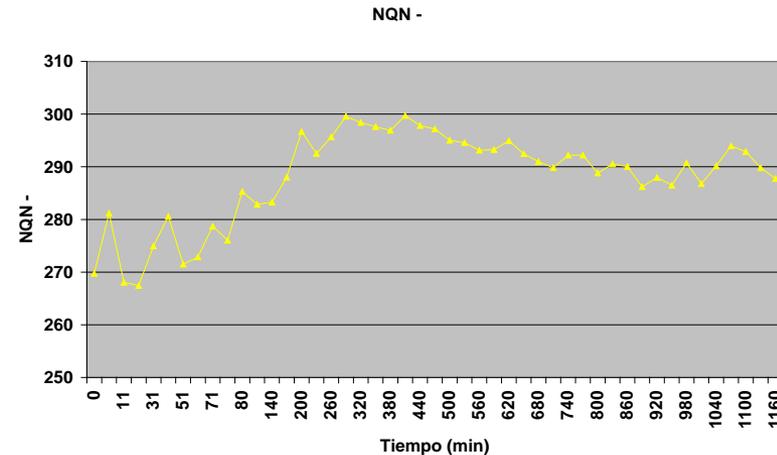
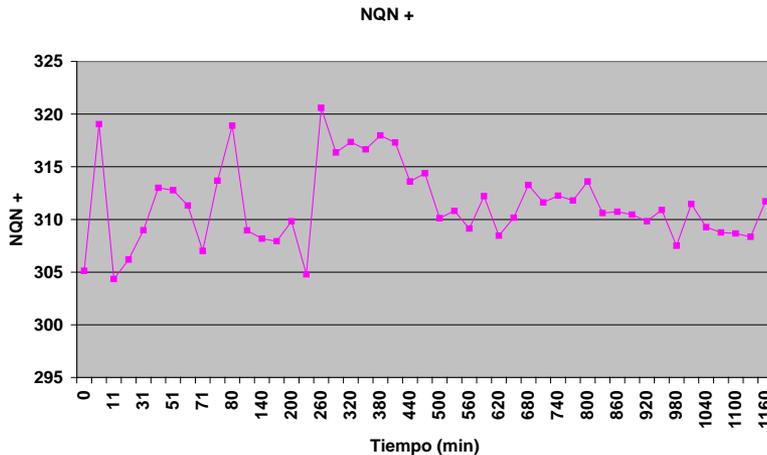
# 3. Resultado de ensayos de envejecimiento

## 3.4. Resultados NQN. Hilo REA. 1 de 13 con tendencia creciente.

### Muestra REA 9



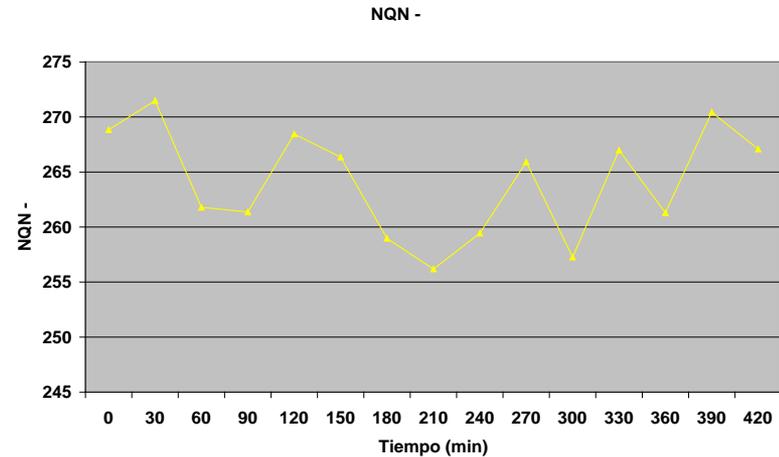
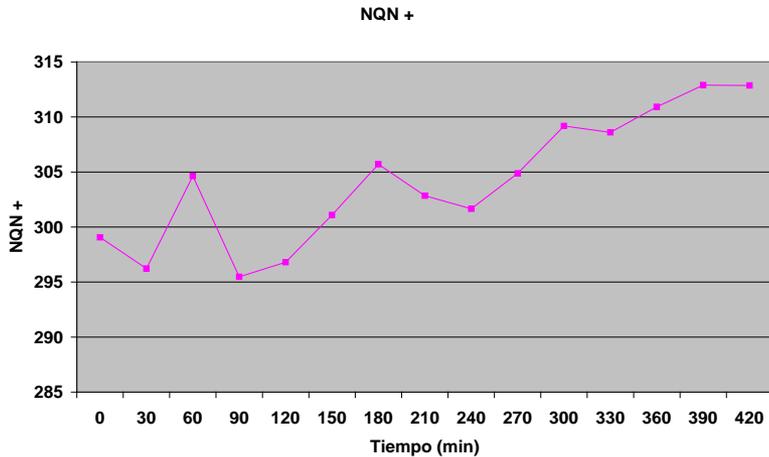
### Muestra REA 10



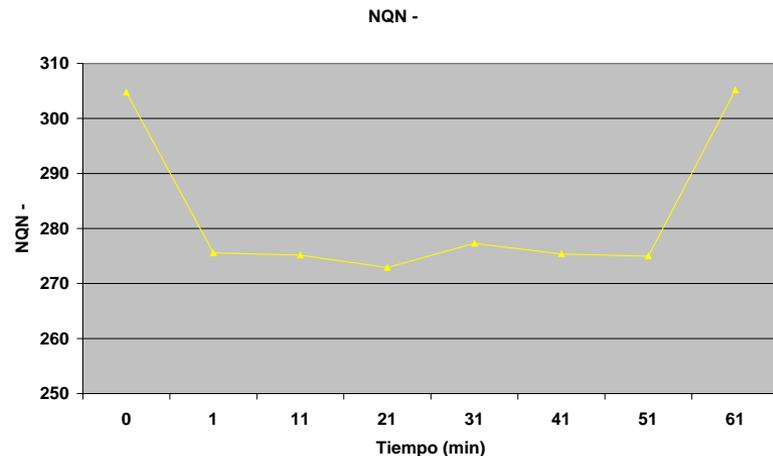
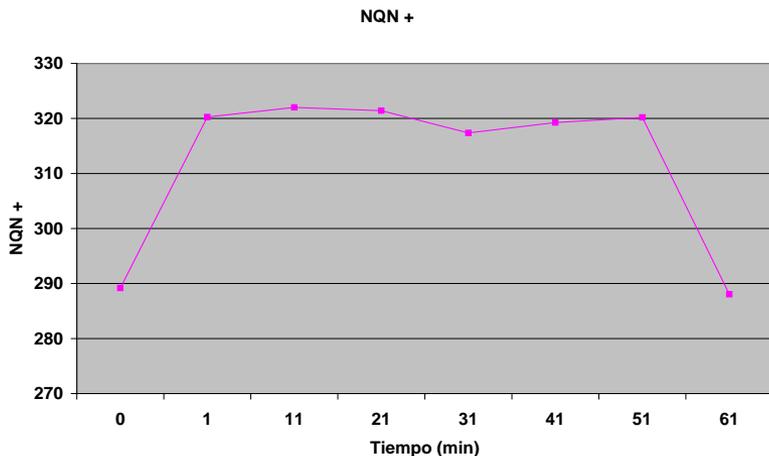
# 3. Resultado de ensayos de envejecimiento

## 3.4. Resultados NQN. Hilo REA. 1 de 13 con tendencia creciente.

### Muestra REA 11



### Muestra REA 12

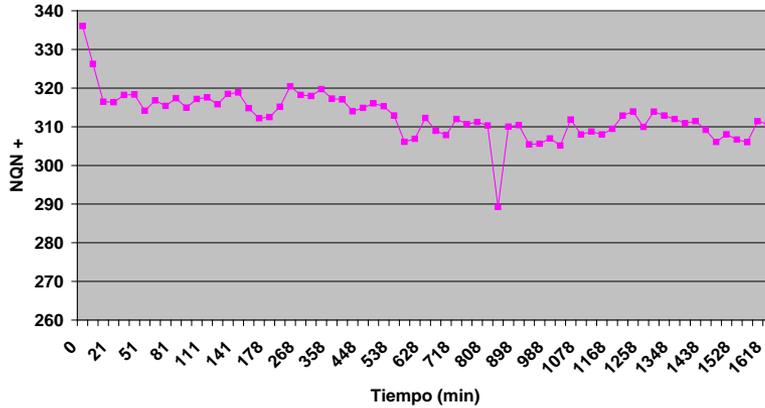


# 3. Resultado de ensayos de envejecimiento

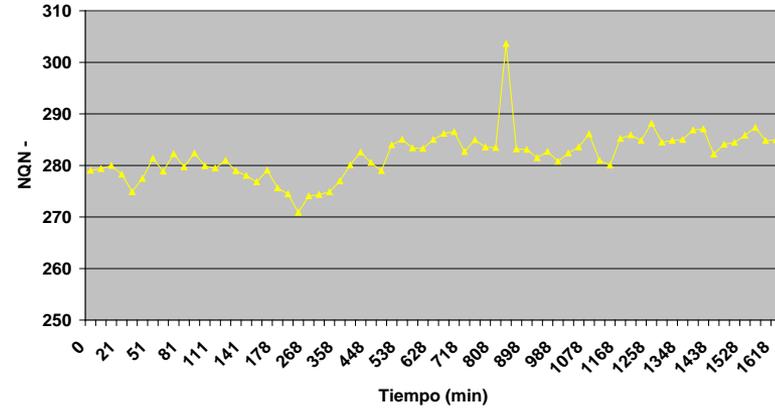
## 3.4. Resultados NQN. Hilo REA. 1 de 13 con tendencia creciente.

Muestra REA 13

NQN +



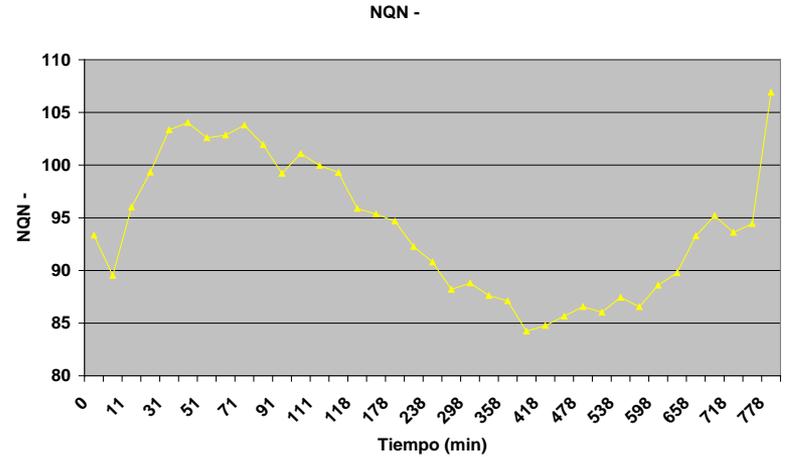
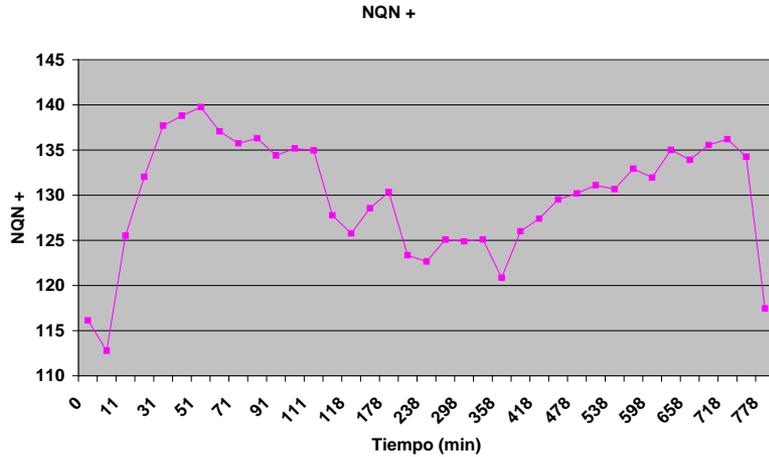
NQN -



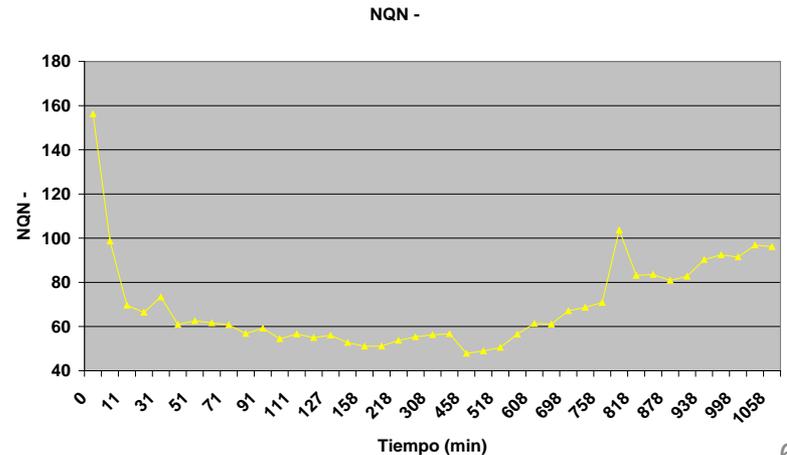
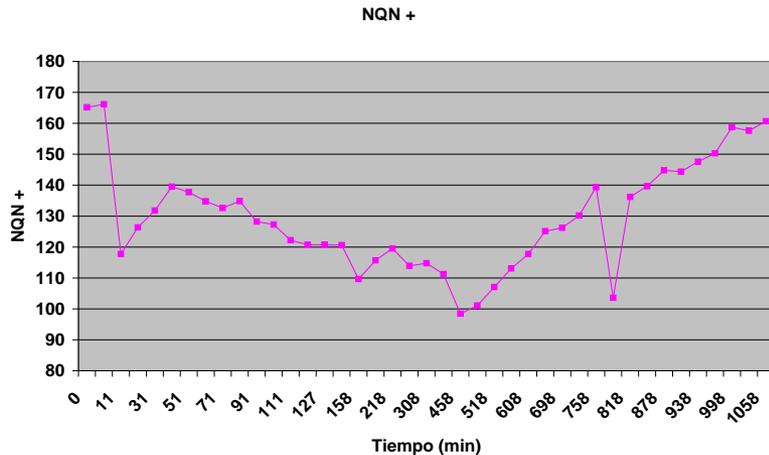
# 3. Resultado de ensayos de envejecimiento

## 3.4. Resultados NQN. Hilo Partzsch. 2 de 6 con tendencia creciente.

### Muestra Partzsch 1



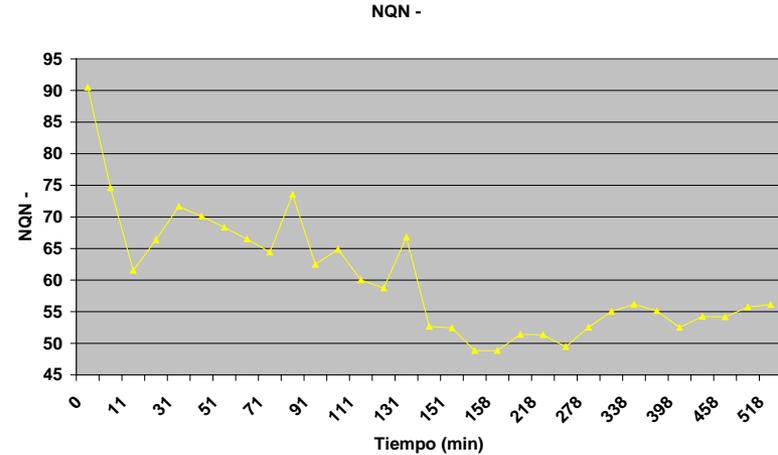
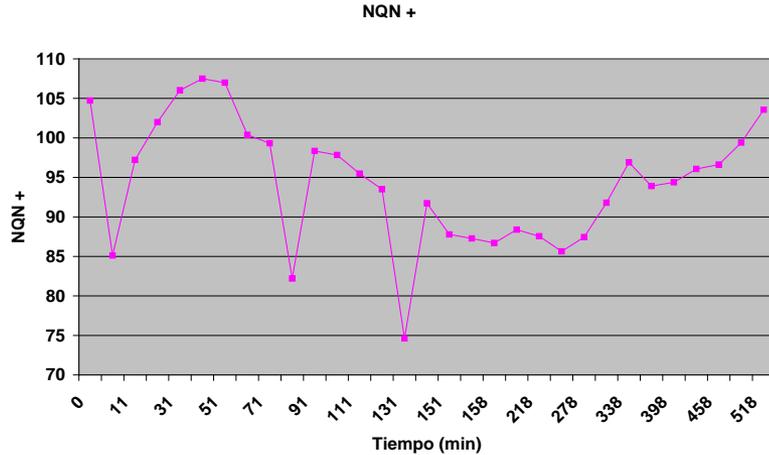
### Muestra Partzsch 2



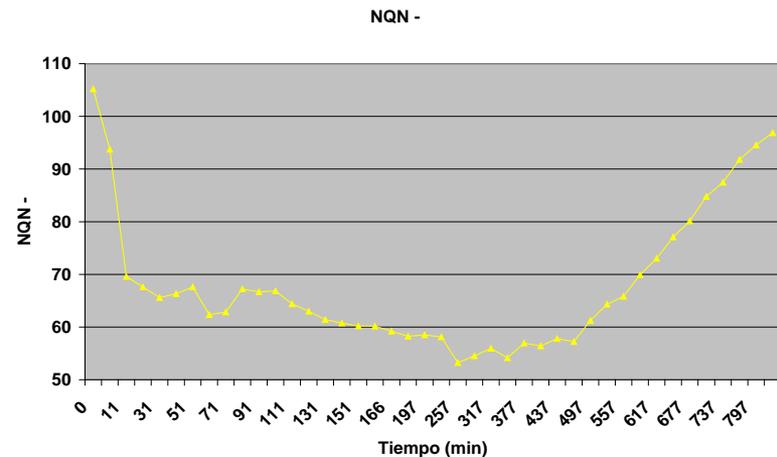
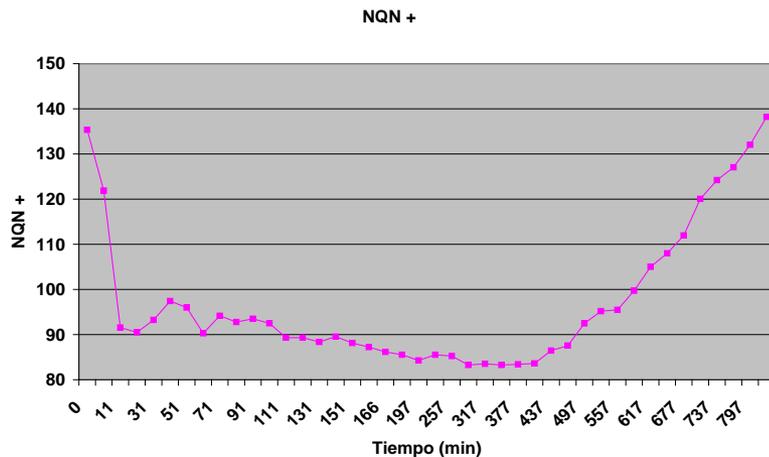
# 3. Resultado de ensayos de envejecimiento

## 3.4. Resultados NQN. Hilo Partzsch. 2 de 6 con tendencia creciente.

### Muestra Partzsch 3



### Muestra Partzsch 4

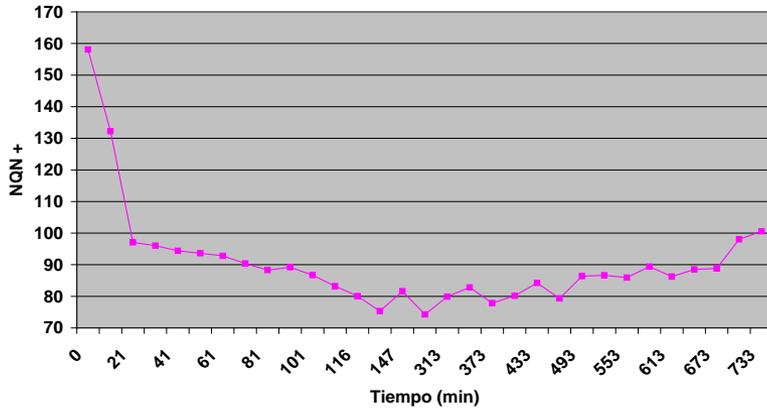


# 3. Resultado de ensayos de envejecimiento

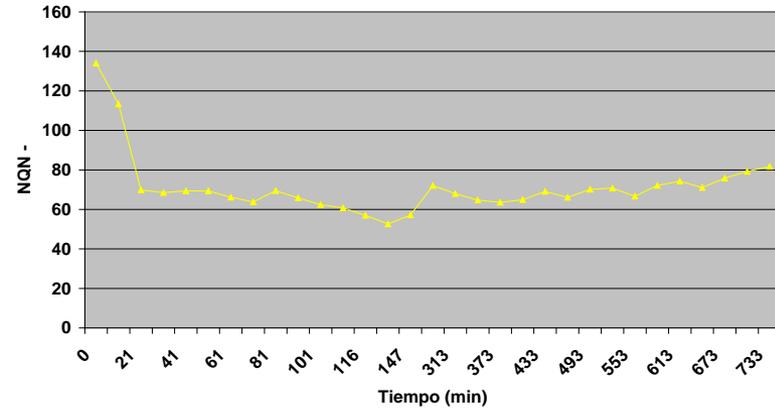
## 3.4. Resultados NQN. Hilo Partzsch. 2 de 6 con tendencia creciente.

### Muestra Partzsch 5

NQN +

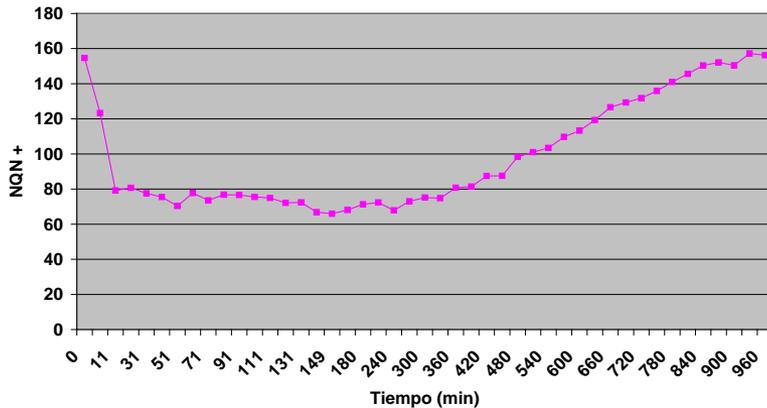


NQN -

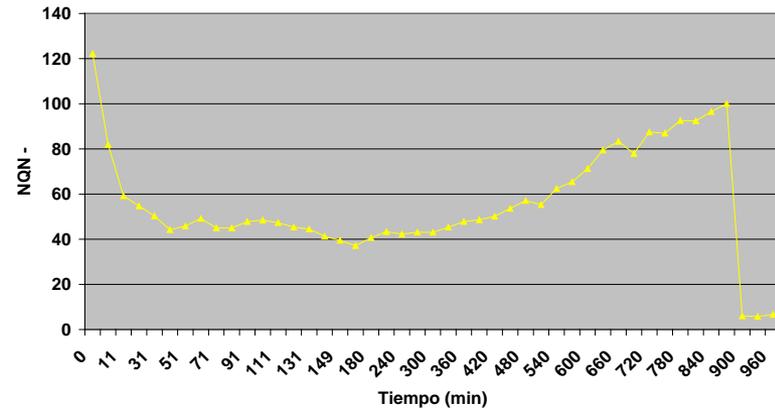


### Muestra Partzsch 6

NQN +



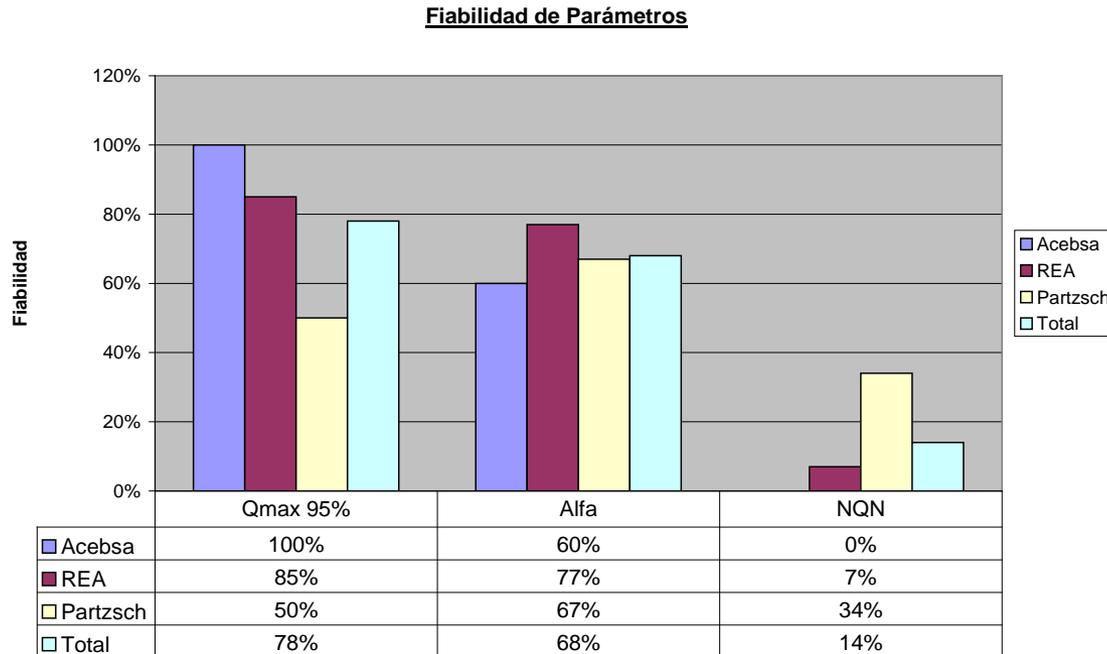
NQN -



# 3.Resultado de ensayos de envejecimiento

## RESULTADOS

Gráfico de la fiabilidad de los parámetros analizados en los ensayos de envejecimiento. Se analizaron por separado con cada tipo de hilo y de forma general.



Según estos resultados, *Qmax 95%* es el parámetro con mayor fiabilidad para indicar el grado de deterioro de un sistema aislante, seguido de *Alfa*, al contrario de *NQN* que no presenta fiabilidad ninguna.

# Contenido:

- **Bloque 1:** Introducción a la detección de Descargas Parciales en máquinas rotativas.
- **Bloque 2:** Software de Monitorización de Techimp Systems S.r.l.
- **Bloque 3:** Resultados de ensayos de envejecimiento.
- **Bloque 4:** Conclusiones

# 4. Conclusiones

## CONCLUSIONES

Los ensayos de envejecimiento de sistemas de aislamiento por DP permiten clasificar los materiales en distintos niveles y características, para elegir el más adecuado para utilizarlos en máquinas de AT a partir de los requisitos necesarios.

### **Razones para utilizar la monitorización de DP en máquinas:**

- Anticiparse a los fallos catastróficos.
- Prolongar el tiempo de vida de la máquina.
- Alargar el intervalo de tiempo entre operaciones de mantenimiento.
- Maximizar los ingresos por producción.
- Test no destructivo, seguro y on-line.

Universidad Carlos III de Madrid  
Escuela Politécnica Superior  
Departamento de Ingeniería Eléctrica



Presentación Proyecto Fin de Carrera:  
**Monitorización continua de Descargas Parciales para  
caracterización de sistemas de aislamiento en máquinas  
eléctricas.**

Autor: Álvaro Sancho Blázquez  
Tutor: Juan Manuel Martínez Tarifa  
Leganés, Diciembre 2010.