



Estudio de los niveles de aislamiento en los motores para tracción y del grupo motor alternador, de la C.A. Metro de Caracas.

Br. Giovanni Vespa Aparicio

Introducción



Planteamiento del problema



Objetivos del proyecto

❑ Objetivo general:

Estudiar los niveles de resistencia de aislamiento de los motores de tracción DC, AC y GMA de 1^{ra} y 2^{da} generación tecnológica, recabando información de carácter estadístico de los valores obtenidos de resistencia de aislamiento en las pruebas y ensayos hechos sobre estas máquinas.

❑ Objetivos específicos:

- ✓ Analizar información recopilada de valores provenientes de las pruebas realizadas en los talleres del Metro, sobre la resistencia de aislamiento de las máquinas.
- ✓ Validar métodos de medición de resistencia de aislamiento.
- ✓ Estudiar la posibilidad de desarrollar y proponer un nuevo esquema de medición de aislamiento.

Tipos de arrollados.

Bobinas rotóricas

Bobinas estáticas



Arrollado aleatorio

Arrollado preformado

Preformado macizo Roebel

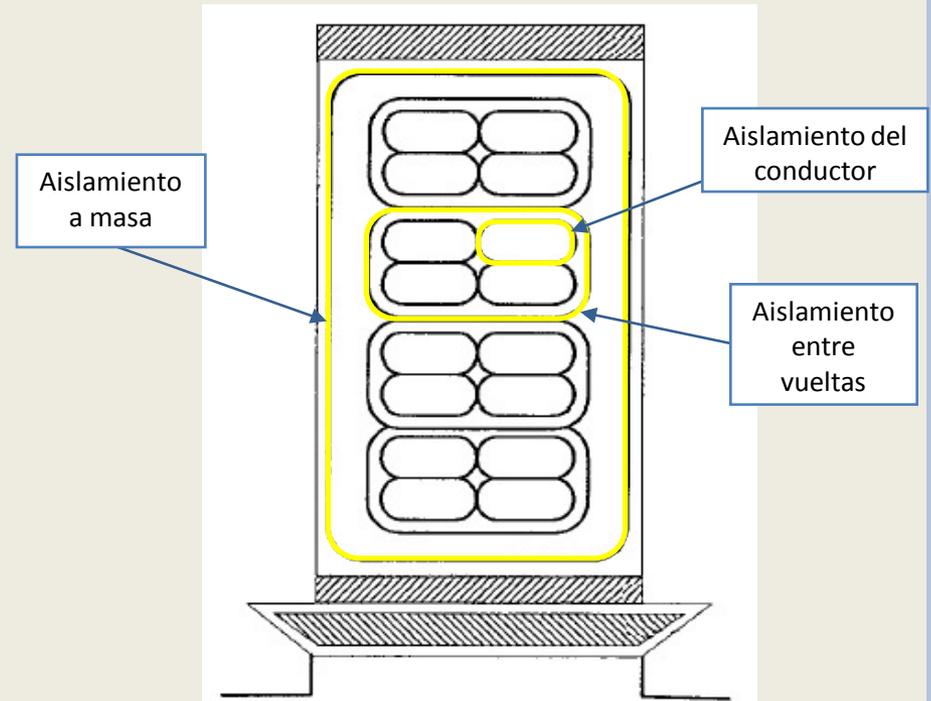


Materiales y configuración usados en aislamiento.

Materiales:

- i. Productos naturales:
lino, seda, asbesto, algodón, lana, etc.
- ii. Primeros productos sintéticos.
- iii. Películas plásticas.
- iv. Resinas sintéticas líquidas.
- v. Mica.
- vi. Fibra de vidrio.

Sección transversal
arrollado preformado multiconductor.



Clasificación térmica del aislamiento

Clasificación AIEE (principios de siglo XX)

| Clase | Material | Temperatura |
|-------|-----------------------------------------------------------------|-------------------------------|
| A | Solo materiales orgánicos. | Hasta 90°C |
| B | Materiales orgánicos en combinación con materiales inorgánicos. | Hasta 125°C |
| C | Solo materiales inorgánicos. | 150°C hasta la incandescencia |

Clasificación actual IEC : 60085

| RTE | Clase térmica | Designación previa |
|-------------|---------------|--------------------|
| < 90 | 70 | - |
| < 90 – 105 | 90 | Y |
| < 105 – 120 | 105 | A |
| < 120 – 130 | 120 | E |
| < 130 – 155 | 130 | B |
| < 155 – 180 | 155 | F |
| < 180 – 200 | 180 | H |
| < 200 – 220 | 200 | - |
| < 220 – 250 | 220 | - |
| > 250 | 250 | - |

Deterioro del aislamiento

- ✘ Factores que influyen en el deterioro del aislamiento:
 - i. Factor temperatura.
 - ii. Factor eléctricos.
 - iii. Factores ambientales.
 - iv. Factores mecánicos.

Métodos de medición

- Métodos de evaluación de aislamiento:



Tipos de medición con corriente continua

○ Tipos de evaluación de aislamiento con tensión directa:

•Baja tensión

i. Resistencia de aislamiento “IR”.

ii. Índice de polarización “PI”.

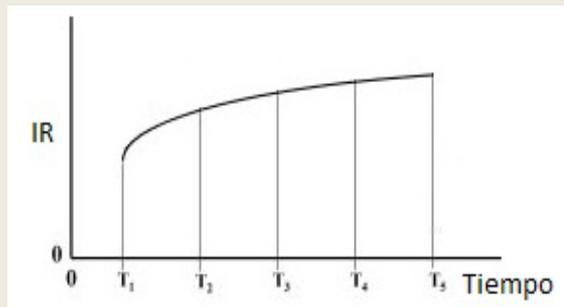
$$R = \frac{V}{I} \quad [\Omega]$$

$$PI = \frac{R_{10\min}}{R_{1\min}}$$

•Alta tensión (Hipot)

iii. Voltaje de paso “SV”.

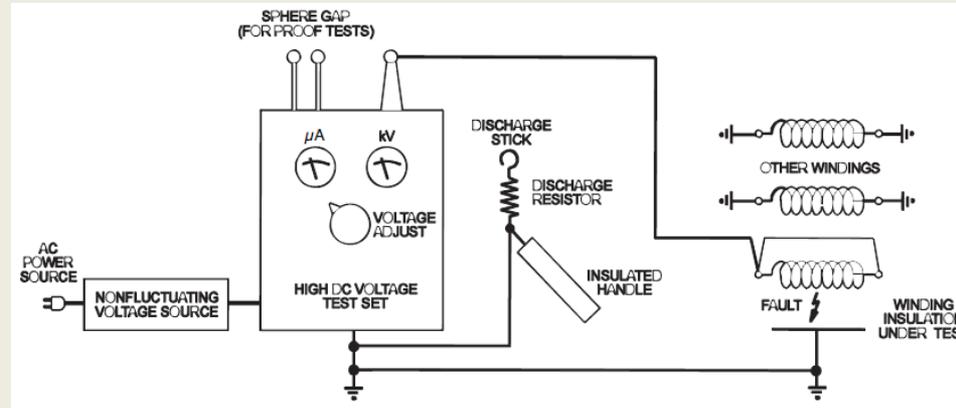
iv. Descarga dieléctrica “DD”.



$$DD = \frac{I_{1\min}}{V.C}$$

Condiciones de las pruebas

Condiciones generales



Fuente: IEEE 95-2002

Condiciones de tensión

Baja tensión

| Tensión nominal de la bobina [V] | Tensión DC para la prueba IR [V] |
|----------------------------------|----------------------------------|
| < 1000 | 500 |
| 1000 – 2500 | 500 – 1000 |
| 2501 – 5000 | 1000 – 2500 |
| 5001 – 12000 | 2500 – 5000 |
| > 12000 | 5000 – 10000 |

Fuente: IEEE 43-2000

Alta tensión

Tensión de prueba será entre el 125% y 150% del valor de 1,7 veces la tensión nominal de la máquina

Fuente: IEEE 432-1992

Resultados esperados de las pruebas

Prueba DD

| Valor DD | Condición del aislamiento |
|----------|---------------------------|
| < 2 | Excelente |
| 2 a 4 | Cuestionable |
| 4 a 7 | Pobre |
| > 7 | Peligroso |

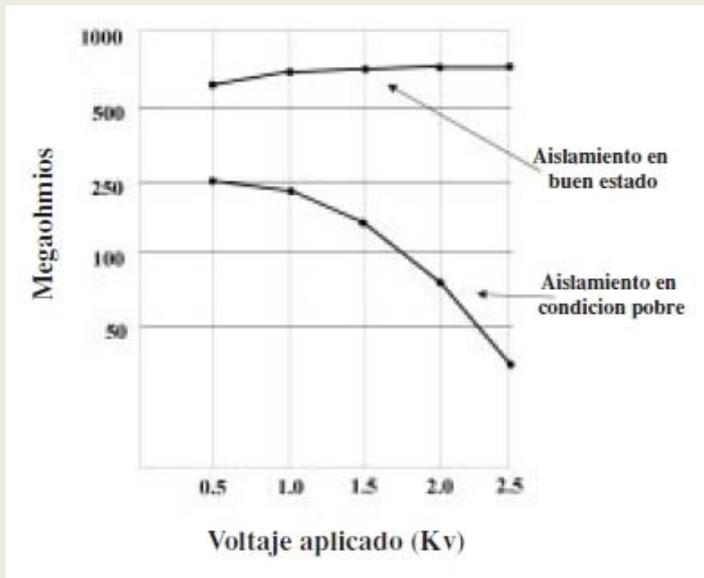
Fuente: Megger

Prueba PI

| Clase de aislamiento | Mínimo valor de P.I. |
|----------------------|----------------------|
| Clase A | 1,5 |
| Clase B | 2,0 |
| Clase F | 2,0 |
| Clase H | 2,0 |

Fuente: IEEE 43-2000

Prueba SV



Fuente: Megger

Prueba IR

| Mínimo valor en MΩ @ 40°C | Tipo de máquina bajo prueba |
|---------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $IR_{1min} = kV + 1$ | Mayoría de los devanados hechos antes de 1970, todos los devanados de campo y otros no descritos en la continuación de esta tabla. |
| $IR_{1min} = 100$ | Mayoría de las armaduras tipo DC y arrollados tipo AC construidos después de 1970 (devanados preformados). |
| $IR_{1min} = 5$ | Mayoría de las máquinas construidas en el estator con devanados tipo aleatorios y devanados tipo preformados con tensiones de operación de por debajo de 1 kV. |

Fuente: IEEE 43-2000

Factores que influyen en la pruebas

- ✘ Factores que influyen en pruebas DC para evaluación de aislamiento:
 - i. Humedad.
 - ii. Condición superficial.
 - iii. Nivel de tensión.
 - iv. Carga existente.
 - v. Temperatura.

Efecto temperatura

Lecturas IR sin corregir

| Fecha | IR [MΩ] | Temperatura [°C] |
|------------|---------|------------------|
| 1/ene/1990 | 15,000 | 20,0 |
| 1/jun/1990 | 9,000 | 26,7 |
| 1/ene/1991 | 14,500 | 20,0 |
| 1/jun/1991 | 8,500 | 27,8 |
| 1/ene/1992 | 14,300 | 20,0 |
| 1/jun/1992 | 8,700 | 27,2 |
| 1/ene/1993 | 14,500 | 20,0 |
| 1/jun/1993 | 8,900 | 27,2 |
| 1/ene/1994 | 14,200 | 20,6 |
| 1/jun/1994 | 8,900 | 26,7 |
| 1/ene/1995 | 13,600 | 20,0 |
| 1/jun/1995 | 8,900 | 25,6 |
| 1/ene/1996 | 13,500 | 18,9 |
| 1/jun/1996 | 7,500 | 26,7 |
| 1/ene/1997 | 11,300 | 20,0 |
| 1/jun/1997 | 6,500 | 26,7 |
| 1/ene/1998 | 8,000 | 19,4 |

Lecturas IR corregidas a 40°C



| IR @ 40°C |
|-----------|
| 3,750 |
| 3,572 |
| 3,625 |
| 3,643 |
| 3,575 |
| 3,588 |
| 3,625 |
| 3,671 |
| 3,689 |
| 3,532 |
| 3,400 |
| 3,270 |
| 3,125 |
| 2,976 |
| 2,825 |
| 2,580 |
| 1,924 |

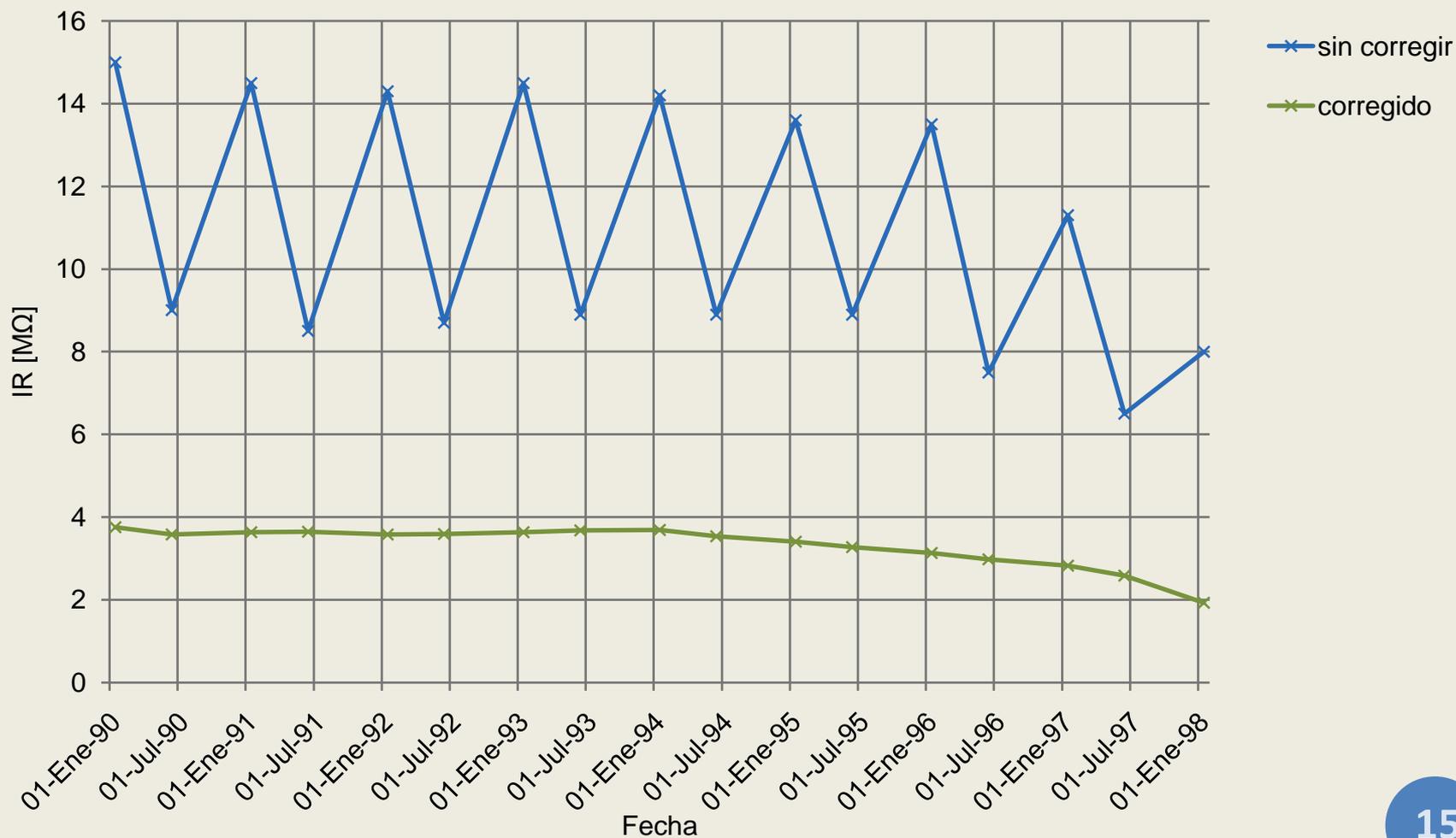
$$R_{40^{\circ}C} = K_T R_T$$

$$K_T = (0,5)^{\left(\frac{40-T}{10}\right)}$$

Fuente: IEEE 43-2000

Efecto temperatura

Gráfica de tendencias de lecturas IR sin corrección y corregidas



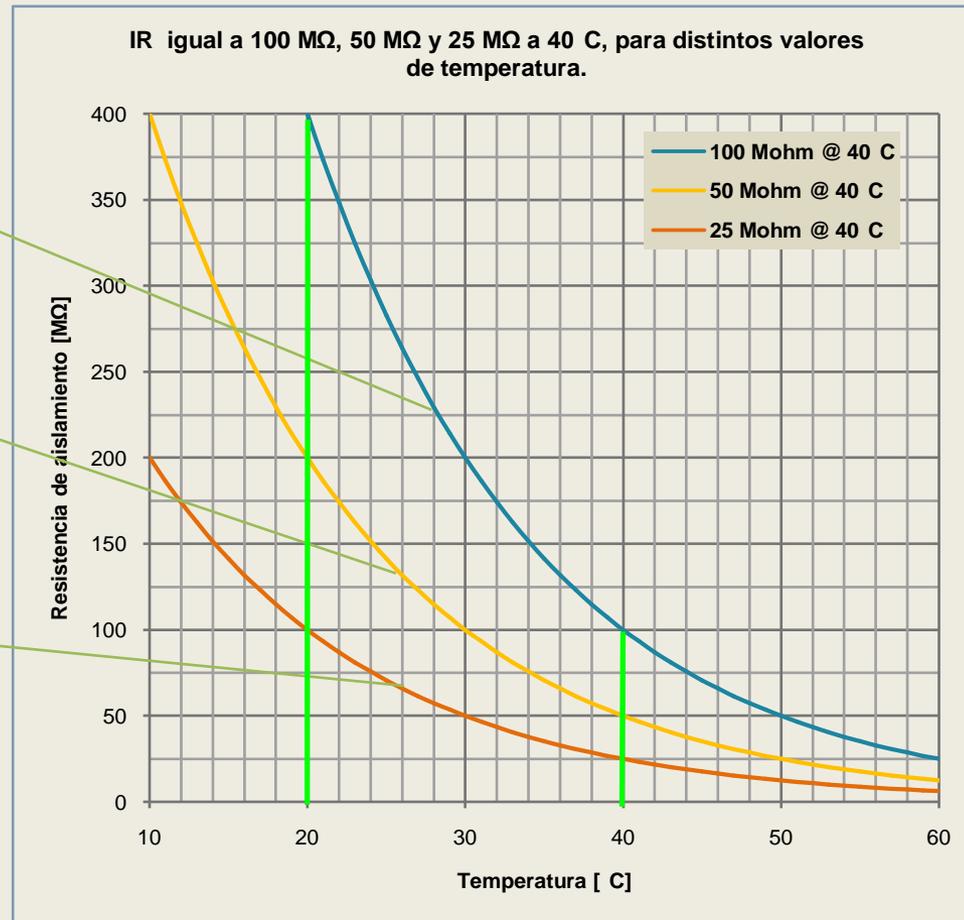
Efecto temperatura

Variación IR (100 MΩ, 50 MΩ y 25 MΩ) vs temperatura

Entre 100 MΩ y 400 MΩ.

Entre 50 MΩ y 200 MΩ.

Entre 25 MΩ y 100 MΩ.



Valores de placas, tipos de aislamiento y valores IR, motores de tracción.

Motor de tracción CC 1^{ra} generación

| | | | | |
|---------------------------------------|-----|-----|-----|------|
| Modelo: 4EXH 2522 | | | | |
| Tipo: DC, excitación serie. Año: 1983 | | | | |
| | kW | V | A | rpm |
| Régimen continuo | 122 | 340 | 400 | 1810 |

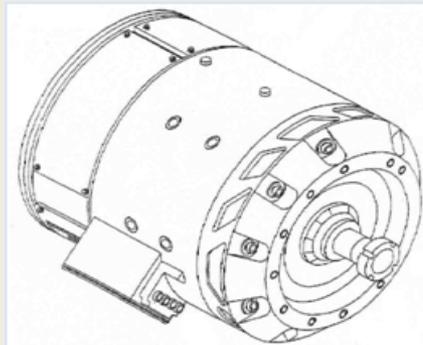
Motor de tracción CC 2^{da} generación

| | | | | | |
|-----------------------------------------------|-----|-----|-----|---------|------|
| Modelo: 4EXF 2522A | | | | | |
| Tipo: DC, excitación independiente. Año: 1992 | | | | | |
| | kW | V | A | A (Exc) | rpm |
| Régimen continuo | 152 | 375 | 440 | 24 | 1965 |

| | |
|----------|---------------------|
| | Tipo de aislamiento |
| Inducido | F |
| Colector | F |
| Estator | F |

| |
|--------------------------------------|
| Valor IR |
| IR > 1MΩ @ 1000V |
| IR > 1000M Ω @ 1000 V : O.K. |
| 500 MΩ < IR < 1000 MΩ @ 1000 V : OJO |
| IR < 500 MΩ @ 1000 V : bajo IR |

| | |
|----------------------|---------------------|
| | Tipo de aislamiento |
| Inducido | 200 |
| Resto de las bobinas | F |



Motor de tracción CC 2^{da} generación

Valores de placas, tipos de aislamiento y valores IR del GMA.

GMA 1^{ra} generación

| | Motor DC | Alternador | Excitatriz |
|-----------|-------------------------------------|---------------------------|------------|
| Potencia | 87 kW | 80 kVA | 1,96 kW |
| Voltaje | 750 V | 208 V @ 60 Hz, $fp = 0,8$ | 35 V |
| Corriente | 125 A (Inducido) 2,76 (Inductor) | 222 A | 56 A |

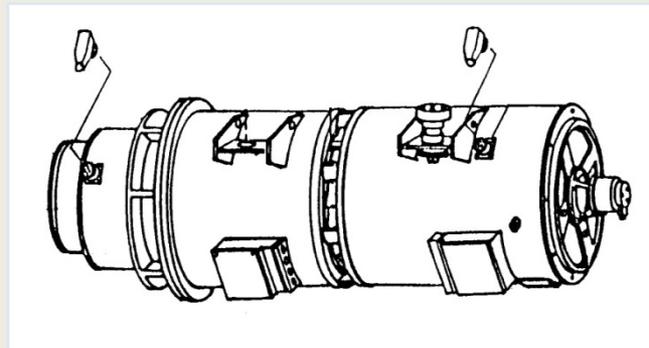
GMA 2^{da} generación

| | Motor DC | Alternador | Excitatriz | Estatodina | |
|-----------|-------------------------------------|---------------------------|------------|------------|---------|
| Potencia | 95 kW | 85 kVA | 1,3 kW | Excitación | Batería |
| Voltaje | 750 V | 208 V @ 60 Hz, $fp = 0,8$ | 30 V | 200 V | 78 V |
| Corriente | 148 A (Inducido) 5,86 (Inductor) | 236 A | 41,5 A | 18 A | 115 A |

| |
|---------------------|
| Tipo de aislamiento |
| F |

| |
|------------------|
| Valor IR |
| IR > 1MΩ a 1000V |

| |
|---------------------|
| Tipo de aislamiento |
| F |



Grupo motor alternador (GMA) de 1^{ra} generación

Pruebas de aislamiento en CAMETRO

Pruebas y valores de referencia

| | IR | | | IP | | |
|-------------------|---------|--------|--------------|---------------------|------------|--------------|
| | Tensión | Tiempo | Valor mínimo | Tensión | Tiempo | Valor mínimo |
| Motor de tracción | 1000 V | 1 min | 1000 MΩ | 1000 V | 1min/10min | 2 |
| GMA | 1000 V | 5 s | 1000 MΩ | No está contemplado | | |

Motor de tracción CC

Medición de parámetros.

Medición de aislamiento del motor.

| | | | |
|------------------------|------------------------|---------------------------------|------------------------|
| A ₁ vs masa | <input type="text"/> Ω | Inducido vs masa | <input type="text"/> Ω |
| A ₂ vs masa | <input type="text"/> Ω | | |
| F ₁ vs masa | <input type="text"/> Ω | Corona porta-escobillas vs masa | <input type="text"/> Ω |
| F ₂ vs masa | <input type="text"/> Ω | | |

Valor referencial:

> 500 MΩ

GMA de 1^{ra} generación

| Alternador | | | |
|------------|-------|--------|----|
| Parámetros | R [Ω] | L [mH] | IR |
| U-N | | | |
| V-N | | | |
| W-N | | | |

GMA de 2^{da} generación

| Pruebas Estáticas | | | | |
|-------------------------------------------------------------|---------------------------------|-----------------|------------------|--------|
| Descripción | Puntos a medir | Resistencia [Ω] | Inductancia [mH] | IR [Ω] |
| Caja de Conexiones (Carcasa Motor) | | | | |
| Campo Arm-Serie | A ₁ - F ₂ | Ω | mH | |
| Campo Shunt | 3 - 2 | Ω | mH | |
| Caja de Conexión. Eje de Excitación en la Estatodina | | | | |
| Salida del eje de excitación | 1 - 2 | Ω | mH | |
| | 1 - 3 | Ω | mH | |
| | 2 - 3 | Ω | mH | |
| Excitatriz del eje de excitación | + - | Ω | mH | |
| Caja de Conexión. Eje de Baterías en la Estatodina | | | | |
| Salida del eje de baterías | 1 - 2 | Ω | mH | |
| | 1 - 3 | Ω | mH | |
| | 2 - 3 | Ω | mH | |
| Excitatriz del eje de baterías | + - | Ω | mH | |
| Excitación del alternador | | | | |
| Excitación alternador. | 2 - 1 | Ω | mH | |
| Caja de Conexión del Alternador | | | | |
| Salida del Alternador | U - N | Ω | μH | |
| | V - N | Ω | μH | |
| | W - N | Ω | μH | |
| Caja de Conexiones (Carcasa Alternador) | | | | |
| Resistencia MSR | 10 - 3 | Ω | | |
| Resistencia REX | | Ω | | |
| Resistencia paralela a la Shunt | | Ω | | |

| Prueba. Estator | Excitatriz | | | | | | | | | Shunt | | | Armadura | | | Rueda Polar | | | |
|-----------------|------------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|--------|--------|----------|--------|--------|-------------|--------|--------|--|
| | (1-2) | | | (3-6) | | | (4-7) | | | (2-3) | | | A1 - F2 | | | Terminales | | | |
| | R [Ω] | L [mH] | IR [Ω] | R [Ω] | L [mH] | IR [Ω] | R [mΩ] | L [mH] | IR [Ω] | R [Ω] | L [mH] | IR [Ω] | R [mΩ] | L [mH] | IR [Ω] | R [mΩ] | L [mH] | IR [Ω] | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Pruebas de aislamiento en CAMETRO

Mediciones de aislamiento en motores de tracción DC

- ✓ Tiempo de aplicación de 1 minuto y 10 minutos.
- ✓ Descarga de las bobinas (se indica el tiempo de cinco veces el tiempo de carga)
- ✓ Medición de temperatura ambiental y de la bobina en cada medición.
- ✓ Ajuste del valor IR para 40º C.
- x Descarga entre cada medición y a través de un punto aterrado.
- x El motor no necesariamente debe estar a 40º C.
- x Condición de las bobinas.
- x Previsión debida a la tensión usada en las pruebas

Mediciones de aislamiento en GMA

- x Tiempo de aplicación de 5 segundos.
- x Temperatura de bobina y ambiental, ni ajuste de valor IR a 40º C.
- x Condición de las bobinas.
- x Descarga entre mediciones.
- x Se indica procedimiento para motor DC y alternador, no así para las demás máquinas que posee el GMA.
- x Voltaje elevado usado en las pruebas.

Condiciones de aplicación de las pruebas (Norma IEEE)

- i. Cada bobina a medir debe estar desconectada de cualquier fuente de corriente, tensión, circuito o elemento.
- ii. Las demás bobinas que no están siendo medidas en ese instante, deben estar cortocircuitadas entre sí y conectadas a la masa de la máquina.
- iii. Se debe descargar la bobina llevándola a un punto que se encuentre firmemente aterrado.
- iv. La temperatura de la máquina o la bobina debe ser tal que no permita un cambio importante en un intervalo de tiempo de diez minutos.
- v. Colocar siempre el terminal negativo del equipo de medición a la masa del motor en cada medida a realizar.
- vi. Se debe registrar la temperatura de bobina para cada medición de aislamiento, esto es solo valido para el registro del valor IR. Luego, este valor será referido a una temperatura de 40°C.
- vii. Se debe respetar el tiempo de medición que se haya escogido para realizar la prueba.
- viii. Se debe cuidar que la temperatura de las bobinas esté por debajo de la temperatura de punto de rocío.

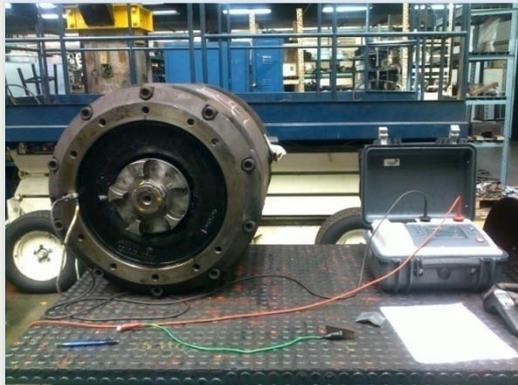
Condiciones de tensión de las pruebas (Norma IEEE)

| Características de la máquina | | | Tensión para la prueba | | | |
|-------------------------------------|------------|----------------|------------------------|---------------------|-------------------|-------|
| <i>Tipo de máquina</i> | | <i>Tensión</i> | <i>Potencia</i> | <i>Baja tensión</i> | <i>Hipot test</i> | |
| Motor DC 1 ^{ra} Generación | | 340 V | 122 kW | 500 V | 1000 V | |
| Motor DC 2 ^{da} Generación | | 375 V | 152 kW | " | 1000 V | |
| GMA 1 ^{ra} Generación | Motor DC | 750 V | 87 kW | " | 1900 V | |
| | Alternador | 208 V | 80 kVA | " | 500 V | |
| | Excitatriz | 35 V | 1,96 kW | " | NO | |
| GMA 2 ^{da} Generación | Motor DC | 750 V | 95 kW | " | 1900 V | |
| | Alternador | 208 V | 85 kVA | " | 500 V | |
| | Excitatriz | 30 V | 1,3 kW | " | NO | |
| | Estatodina | Eje Excitación | 200 V | 3,6 kW | " | 500 V |
| | | Eje Baterías | 78 V | 9 kW | " | 500 V |

Resultados mediciones IR, PI y SV.

Mediciones de aislamiento realizadas en el transcurso del proyecto

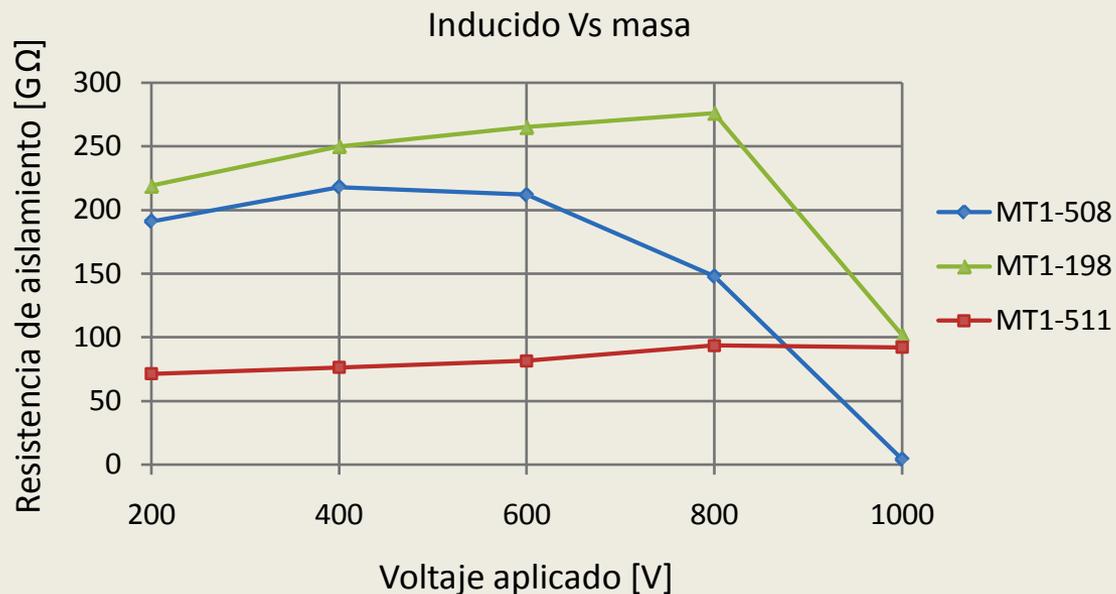
| Elementos medidos | | |
|----------------------------------|------------------|---|
| Nº de motores de tracción CC | | 5 |
| Nº de inducidos (12 en total) | Defectuosos | 2 |
| | Secados al horno | 3 |
| | Rebobinados | 7 |



Resultados mediciones IR, PI y SV.

Mediciones IR y PI en motores de tracción DC

| Motor | Entra por | A ₂ vs. Masa | | F ₁ (F ₂) vs. Masa | | A ₁ vs. Masa | | Inducido vs. Masa | |
|---------|---------------------------|-------------------------|-----|-------------------------------------------|-----|-------------------------|-----|--------------------|-----|
| | | IR _{40°C} | PI | IR _{40°C} | PI | IR _{40°C} | PI | IR _{40°C} | PI |
| MT1-508 | Bajo aislamiento inducido | 1,42 GΩ | 1,2 | 45,2 GΩ | 3,8 | 90,1 MΩ | 1,3 | 47,4 GΩ | 3,8 |
| MT1-198 | Tornillos base rotos | 0,79 GΩ | 1,1 | 15,8 GΩ | 1,8 | 13,0 MΩ | 1,3 | 70,1 GΩ | 3,3 |
| MT1-511 | Zuncho abierto | 141,8 MΩ | 0,9 | 28,0 GΩ | 5,5 | 166,6 MΩ | 1,1 | 40,1 GΩ | 1,4 |



Resultados mediciones IR, PI y SV.

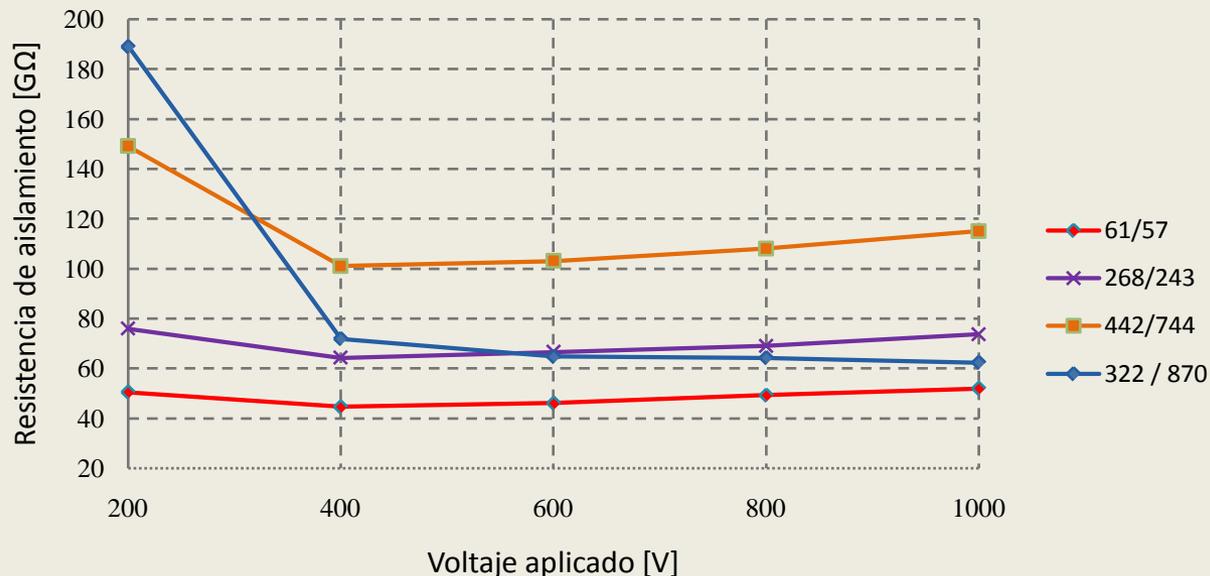
Mediciones de aislamiento en inducidos dañados.

| N° Inducido | Prueba IR y PI | |
|-------------|--------------------|-----|
| | IR _{40°C} | PI |
| 322 / 870 | 33,8 GΩ | 3,8 |
| 1308 | 121 kΩ | 0,1 |

Mediciones de aislamiento en inducidos rebobinados.

| N Inducido | IR _{40 C} | PI |
|------------|--------------------|------|
| 61 / 57 | 10,4 GΩ | 4,60 |
| 268 / 243 | 16,8 GΩ | 3,89 |
| 442 / 744 | 22,8 GΩ | 3,32 |

Pruebas "SV" a inducidos



Resultados mediciones RIR

$$RIR = \frac{IR_{1000V}}{IR_{500V}}$$

Resultados prueba RIR en motores de tracción DC

| | | IR _{500 V} | IR _{1000 V} | RIR |
|---------|-------------------|---------------------|----------------------|------|
| MT1-508 | A2 vs. Masa | 3,81 GΩ | 5,2 GΩ | 1,36 |
| | (F2) F1 vs. Masa | 120 GΩ | 210 GΩ | 1,75 |
| | A1 vs. Masa | 0,241 GΩ | 0,503 GΩ | 2,09 |
| | Inducido vs. Masa | 125 GΩ | 5,02 GΩ | 0,04 |
| MT1-198 | A2 vs. Masa | 2,09 GΩ | 2,6 GΩ | 1,24 |
| | (F2) F1 vs. Masa | 41,4 GΩ | 36,2 GΩ | 0,87 |
| | A1 vs. Masa | 0,0359 GΩ | 0,0534 GΩ | 1,49 |
| | Inducido vs. Masa | 189 GΩ | 92,6 GΩ | 0,49 |
| MT1-511 | A2 vs. Masa | 0,364 GΩ | 0,381 GΩ | 1,05 |
| | (F2) F1 vs. Masa | 71,8 GΩ | 165 GΩ | 2,30 |
| | A1 vs. Masa | 0,416 GΩ | 0,596 GΩ | 1,43 |
| | Inducido vs. Masa | 105 GΩ | 93,4 GΩ | 0,89 |

Resultados prueba RIR en inducidos de motor de tracción DC

| | N Inducido | IR _{500 V} | IR _{1000 V} | RIR |
|--------------------|------------|---------------------|----------------------|--------|
| Defectuosos | 322 / 870 | 81,5 GΩ | 71 GΩ | 0,87 |
| | 1308 | 0,00031 GΩ | 0,00003 GΩ | 0,08 |
| Salidos de horno | 467 / 596 | 0,0393 GΩ | 1,12 GΩ | 28,50 |
| | 324 / 337 | 0,063 GΩ | 0,00005 GΩ | 0,0008 |
| | 216 / 485 | 1,96 GΩ | 0 GΩ | 0,00 |
| Recién rebobinados | 61 / 57 | 28,9 GΩ | 52,1 GΩ | 1,80 |
| | 268 / 243 | 41,1 GΩ | 73,5 GΩ | 1,79 |
| | 442 / 744 | 61 GΩ | 115 GΩ | 1,89 |

Estadísticas mediciones IR en hechas en talleres para motores de tracción y GMA.

Cantidad de máquinas intervenidas de por vida (hasta agosto de 2009)

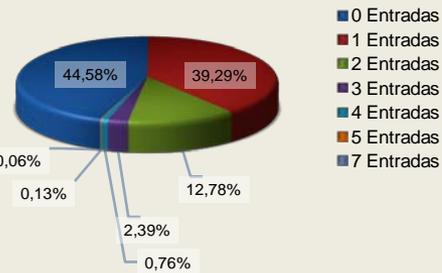
Cantidades totales de existencia

| | 1 ^{ra} Generación | 2 ^{da} Generación |
|----------|----------------------------|----------------------------|
| Motor DC | 1588 | 522 |
| GMA | 395 | 81 |

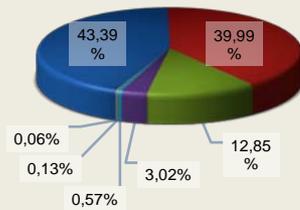
Motor de tracción 1^{ra} generación

Motor de tracción 2^{da} generación

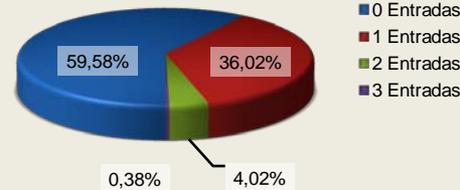
No. de motores x entrada



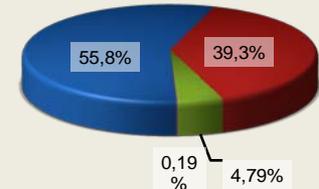
No. de motores x salida



No. de motores x entrada



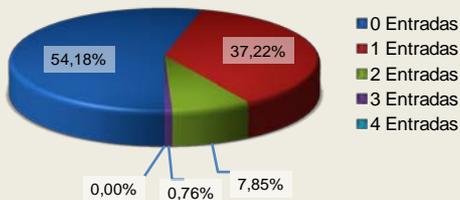
No. de motores x salida



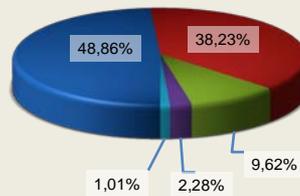
GMA de 1^{ra} generación

GMA de 2^{da} generación

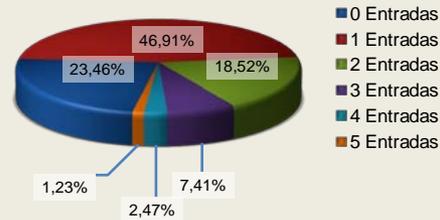
No. de GMA-1 por entrada



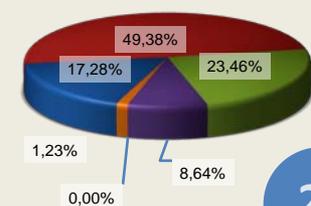
No. de GMA-1 por salida



No. de GMA-2 por entrada



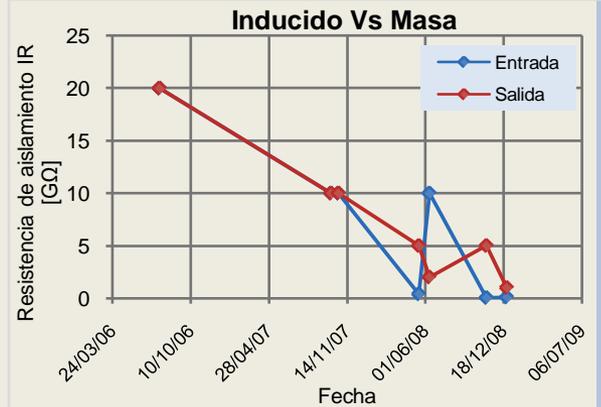
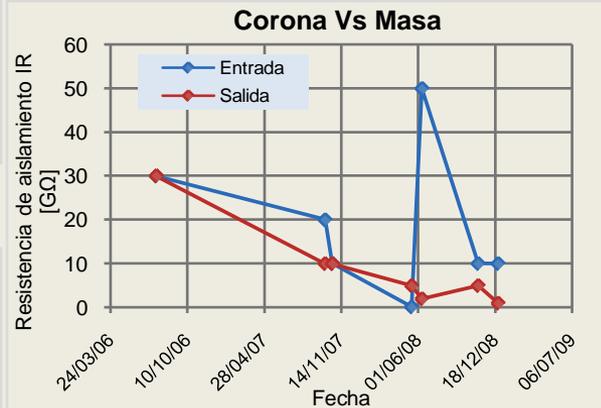
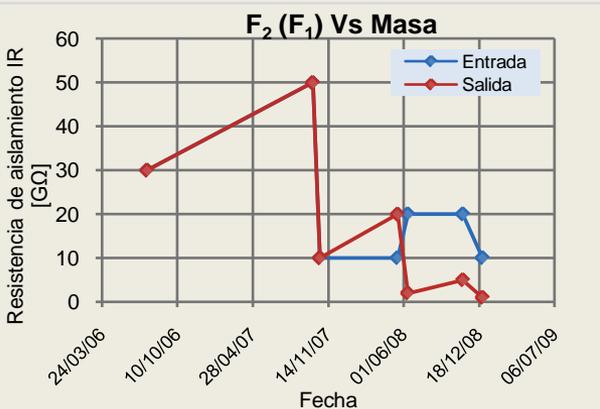
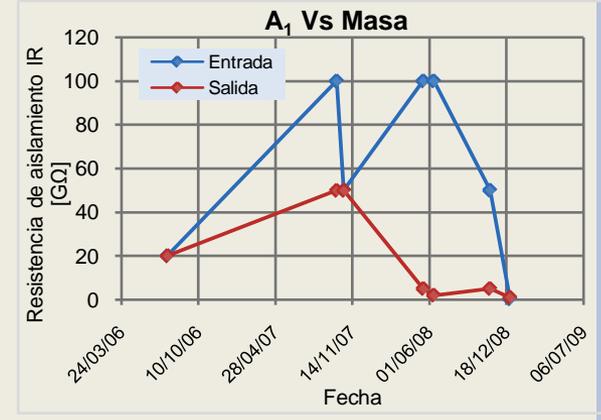
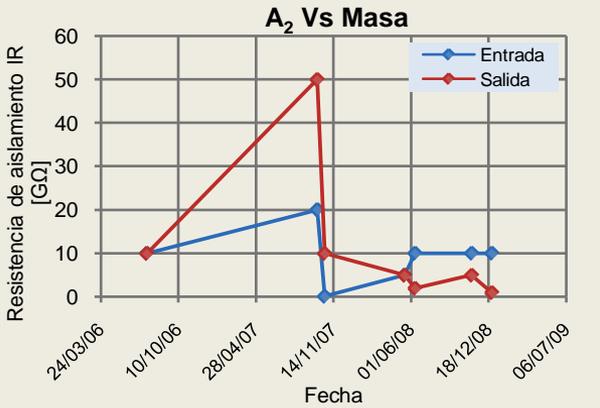
No. de GMA-2 por salida



Estadísticas mediciones IR en hechas en talleres para motores de tracción 1^{ra} G.

Variación IR motor MT1-249

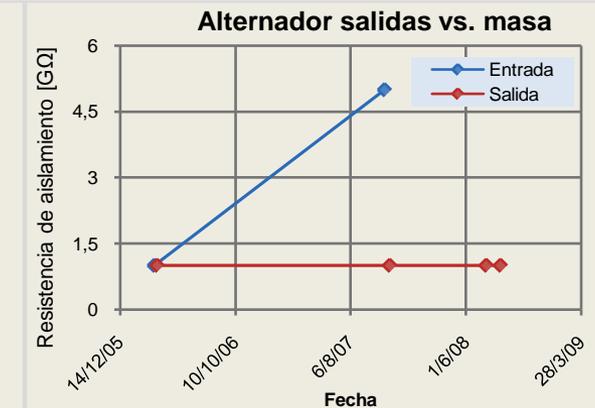
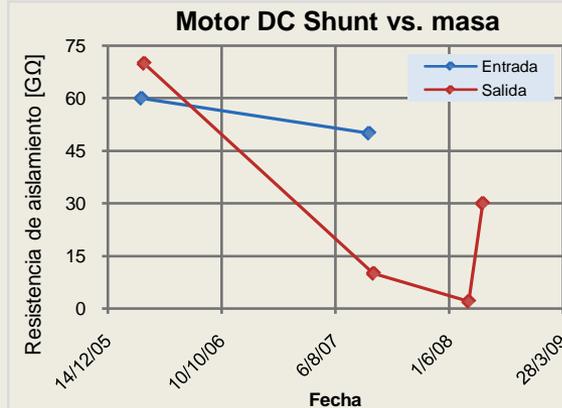
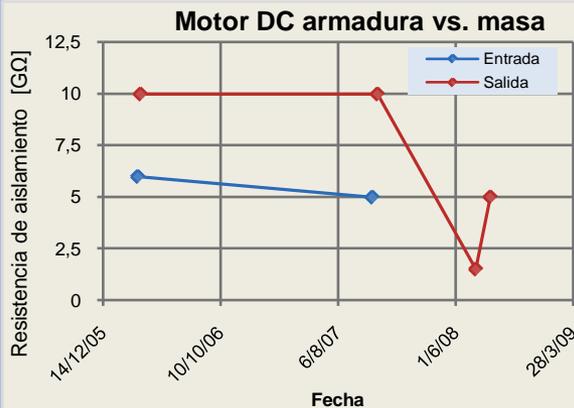
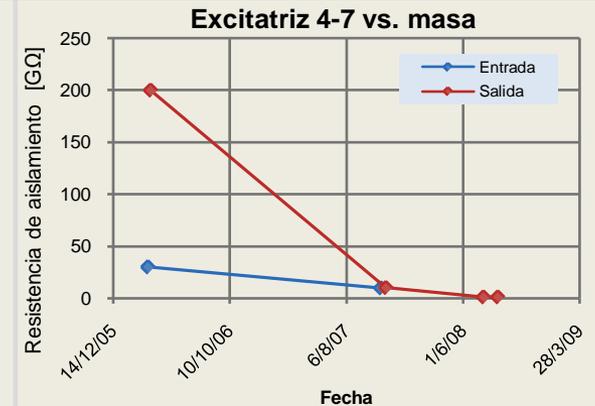
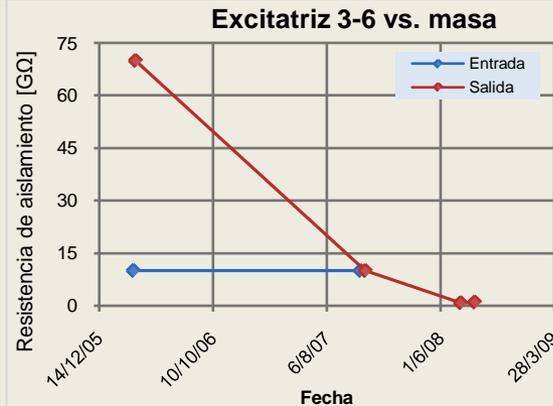
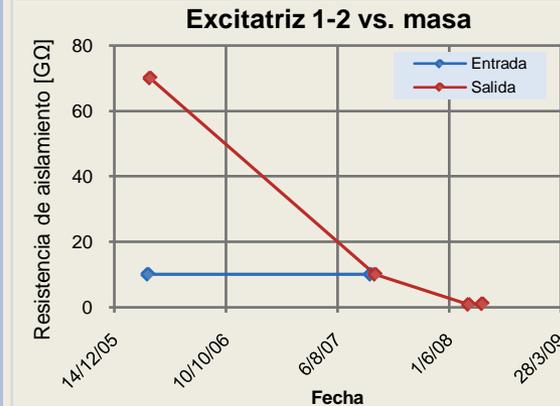
| | |
|----------|---|
| Entradas | 7 |
| Salidas | 7 |



Estadísticas mediciones IR en hechas en talleres para GMA 1^{ra} G.

Variación IR GMA1-376

| | |
|----------|---|
| Entradas | 3 |
| Salidas | 3 |

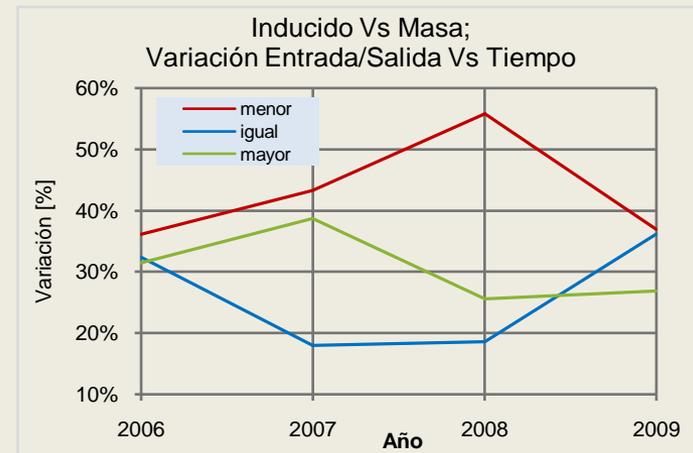
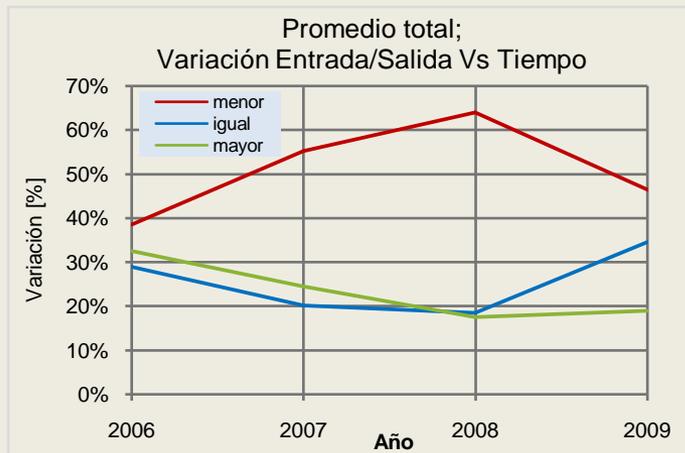


Estadísticas mediciones IR en hechas en talleres

Variación porcentual

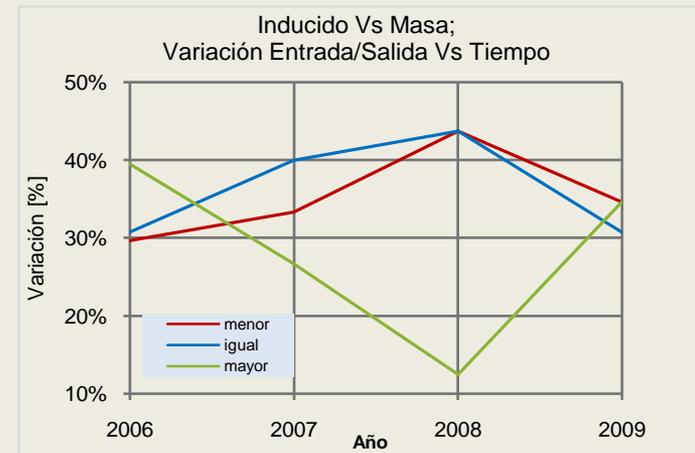
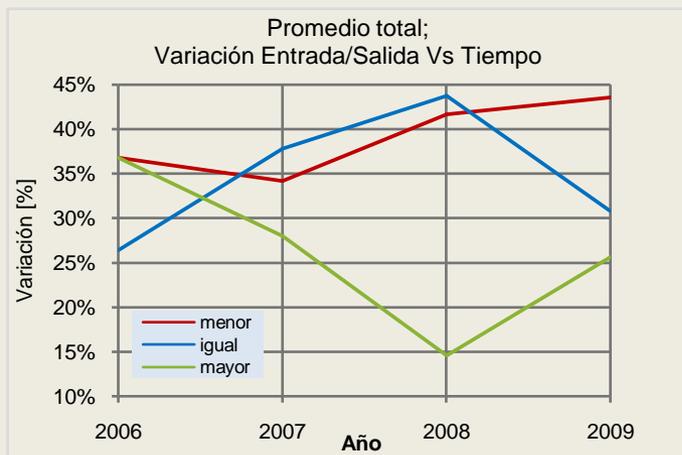
$$\Delta IR\% = \left(\frac{IR_{Salida} - IR_{Entrada}}{IR_{Entrada}} \right) 100\%$$

Variación porcentual para motor de tracción CC 1^{ra} generación



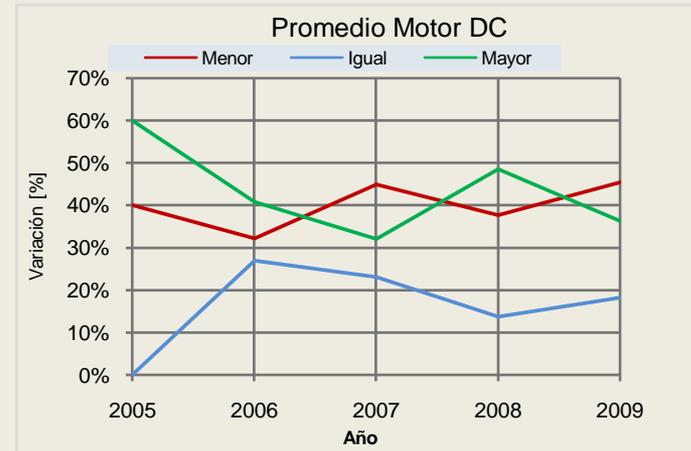
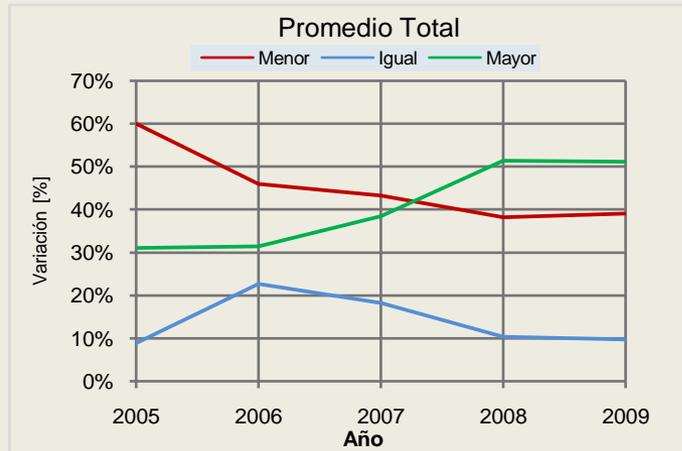
Estadísticas mediciones IR en hechas en talleres

Variación porcentual para motor de tracción CC 2^{da} generación

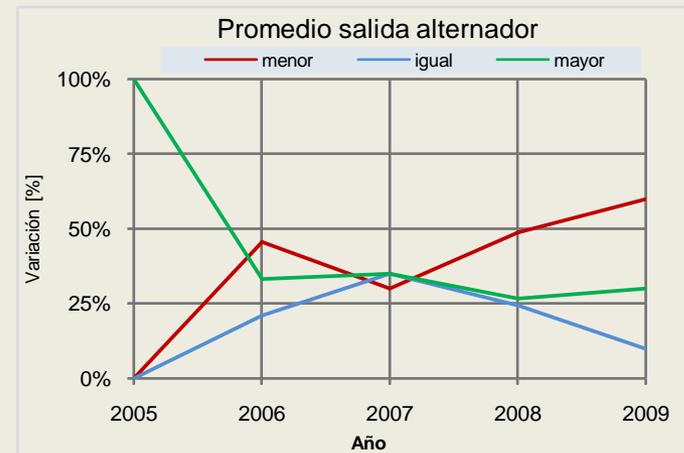
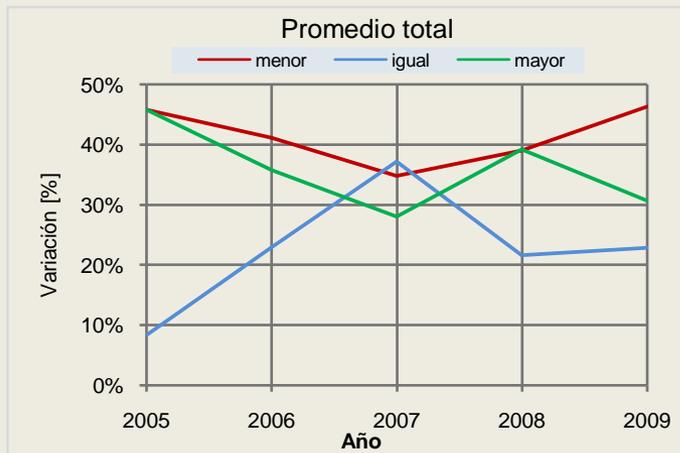


Estadísticas mediciones IR en hechas en talleres

Variación porcentual GMA 1^{ra} generación



Variación porcentual GMA 2^{da} generación

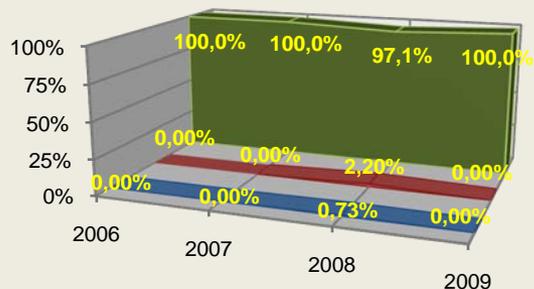


Estadísticas mediciones IR en hechas en talleres.

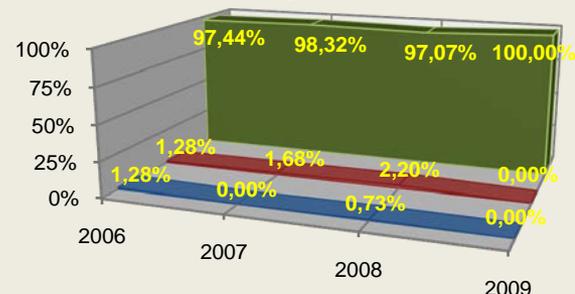
Variación porcentual motor de tracción CC 1^{ra} generación descripción por casos sobre el inducido

Variación negativa
Casos entrada y Salida

Inducido: Procedimiento de entrada, variación negativa



Inducido: Procedimiento de salida, variación negativa

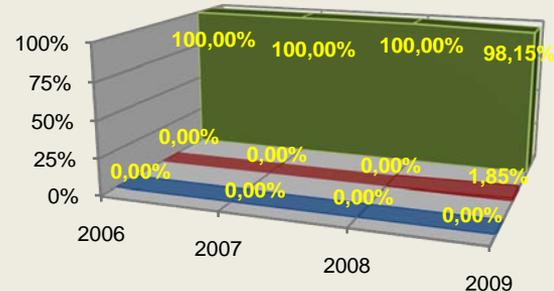


Leyenda

- IR > 1G
- 0,5 G < IR < 1G
- IR < 0,5 G

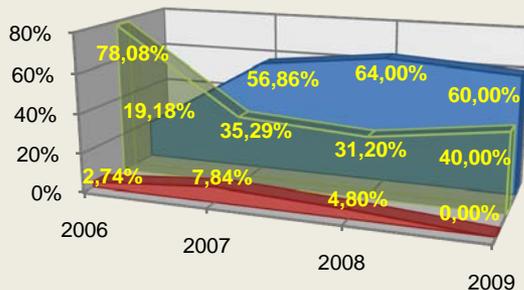
Variación nula
Casos entrada y Salida

Inducido: Procedimientos de entrada y salida, variación nula

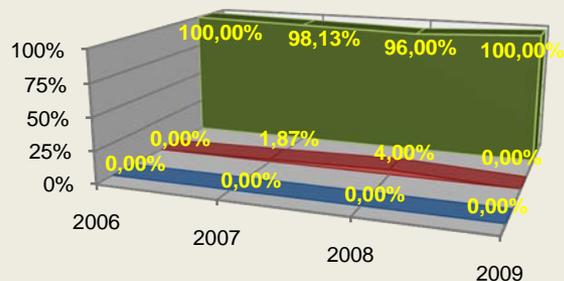


Variación positiva
Casos entrada y Salida

Procedimiento de entrada, variación positiva



Procedimiento de salida, variación positiva



Conclusiones

1. Existe una serie de ajustes y pasos que permiten evaluar a los sistemas aislantes sin alterar las condiciones dieléctricas de los mismos, ni afectar el resultado de las medición.
2. El hecho de que la compañía utilice una tensión superior al doble del voltaje nominal del motor de tracción, se debe a que es imperioso para la misma conocer de manera inmediata la condición de aislamiento de la máquina, este valor de potencial permite “sobredimensionar” la prueba.
3. El valor de referencia de IR sugerido por la empresa Metro para estas máquinas, no garantiza que posean aislamiento en condiciones adecuadas para prestar servicio.
4. No existe puntos de tierra adecuados en los puestos de trabajo del taller que permitan realizar la descarga de las bobinas.

Conclusiones

5. Dentro de las normas y guías de la compañía, existen ideas dispersas y consideraciones inexistentes sobre mediciones de aislamiento en motores y GMA.
6. Con el procedimiento de medición de IR propuesto en este trabajo, se pudo evaluar el aislamiento a un conjunto de motores e inducidos, lográndose unos resultados conformes a las condiciones que estos presentaban.
7. El análisis realizado pudo determinar que por las tendencias que toman los gráficos, se infiere que se las mediciones de IR se tomaron de forma no adecuada. También se observa que en el taller de motores se esmeran en recuperar a los sistemas mecánicos y eléctricos de las maquinarias que están a su cargo, evadiendo la importancia de considerar al registro de aislamiento que indique las condiciones previas de los máquinas que entran al servicio.

Recomendaciones

1. Estandarizar los procedimientos que posee la C.A. Metro de Caracas relacionados con la evaluación de aislamiento en motores de tracción DC, motores de tracción AC y GMA para todas sus generaciones tecnológicas, siguiendo las recomendaciones dadas por este trabajo.
2. Estudiar la posibilidad de integrar el indicador RIR, recomendado por este trabajo, dentro del proceso industrial de mantenimiento de las máquinas.
3. Disponer en cada puesto o mesa de trabajo donde se realice la intervención de la máquina, un punto donde que se encuentre firmemente a tierra.
4. Solicitar que para toda anotación de IR hechas a las máquinas intervenidas en el taller, se anote el valor de la temperatura de la bobina asociado a la medición.

Recomendaciones

5. Cuidar que las condiciones necesarias establecidas en los procedimientos para llevar a cabo las mediciones de aislamiento, se cumplan dentro del taller.
6. Agregar al sistema SGM una secuencia en la que al ingresar el valor de IR de la bobina, este pida al usuario la temperatura a la cual se realizó la medición de aislamiento y que de forma automática el programa haga la corrección a la temperatura de 40°C.
7. Examinar la posibilidad de tener a disposición información sobre aislamiento de la máquina, precedentes de evaluaciones anteriores, para poder cotejarlas de forma inmediata y realizar un mejor dictamen de su condición.
8. Aprovechar la numeración que poseen los inducidos de los motores para llevar una data sobre aislamiento similar a la que se lleva al motor en general.

Recomendaciones

9. Una vez se hayan cumplido las recomendaciones anteriores, se puede hacer un estudio anual sobre aislamiento, tal cual se realizó en este trabajo.
10. Explorar la posibilidad de mejorar la rutina de limpieza y mantenimiento (en todos los niveles de mantenimiento) de los filtros de aire para ventilación de los motores de tracción de corriente continua, a fin de mantener el libre desplazamiento de aire hacia los devanados rotóricos y estáticos de esta máquina.
11. Instar a las empresas externas que realizan el rebobinado de las máquinas, pruebas de IR para cada bobina indicando su respectivo valor de temperatura de medición.

Sesión de preguntas

GRACIAS POR SU ATENCIÓN

