

Trabajo Fin de Grado

Herramienta basada en el método de elementos finitos (Femm 2D) para el desarrollo de generadores montados en bicicleta.

Autor

Víctor Muñoz Forcano

Director

Antonio Usón Sardaña

ANEXOS:

1. PLANOS.

- 1.1. *Dimensiones de la llanta de 26".*
- 1.2. *Simplificación 1 de dimensiones de la llanta de 26".*
- 1.3. *Simplificación 2 de dimensiones de la llanta de 26".*
- 1.4. *Diseño bobina 3D.*
- 1.5. *Soporte de la bobina.*
- 1.6. *Soporte del imán.*
- 1.7. *Fijación del soporte del imán.*
- 1.8. *Separación entre el imán y la bobina.*
- 1.9. *Dimensiones Femm. Paso de un imán (detalle).*

2. RESULTADOS DEL PROTOTIPO.

2.1.DETALLE.

- 2.1.1. *Gráficos 1. Estudio diferentes tensiones de carga simuladas y posición Y imán.*
- 2.1.2. *Gráficos 2. Estudio alabeo.*
- 2.1.3. *Gráficos 3. Estudio tensiones circuito.*
- 2.1.4. *Gráficos 4. Estudio de la reacción del inducido.*
- 2.1.5. *Gráficos 5. Estudio de la potencia generada.*
- 2.1.6. *Gráficos 6. Error y ajuste de vectores de onda de vacío.*
- 2.1.7. *Gráficos 7. Análisis espectral y ajuste de vectores de ondas.*
- 2.1.8. *Gráficos 8. Error y ajuste de vectores de onda de carga.*
- 2.1.9. *Gráficos 9. Análisis espectral y ajuste de vectores de ondas de carga.*
- 2.1.10. *Gráficos 17. Estudio tensiones para diferentes simulaciones de misma variable.*

2.2.PERIODO.

- 2.2.1. *Gráficos 1. Estudio diferentes tensiones de carga simuladas y posición Y imán.*
- 2.2.2. *Gráficos 2. Estudio alabeo.*
- 2.2.3. *Gráficos 3. Estudio tensiones circuito.*
- 2.2.4. *Gráficos 10. Estudio de la reacción del inducido.*
- 2.2.5. *Gráficos 11. Estudio de la potencia generada.*
- 2.2.6. *Gráficos 12. Error y ajuste de vectores de onda de carga.*
- 2.2.7. *Gráficos 13. Análisis espectral y ajuste de vectores de ondas de carga.*
- 2.2.8. *Gráficos 17. Estudio tensiones para diferentes simulaciones de misma variable.*

2.3.NÚCLEO.

- 2.3.1. *Curvas B-H para los diferentes núcleos.*
- 2.3.2. *Curvas B-H para los diferentes núcleos ampliado.*
- 2.3.3. *Simulación del prototipo para diferentes núcleos.*
- 2.3.4. *Simulación del prototipo para diferentes núcleos ampliado.*

2.4.ALABEO.

- 2.4.1. *Simulación del prototipo sin alabeo.*
- 2.4.2. *Simulación del prototipo con alabeo.*
- 2.4.3. *Simulación del prototipo con alabeo y sin alabeo sobrepuestas con osciloscopio.*
- 2.4.4. *Simulación del prototipo con alabeo y sin alabeo sobrepuestas con osciloscopio ampliada.*
- 2.4.5. *Valor máximo de \vec{B} en el interior del núcleo.*

2.4.6. Valor máximo de \vec{H} en el interior del núcleo.

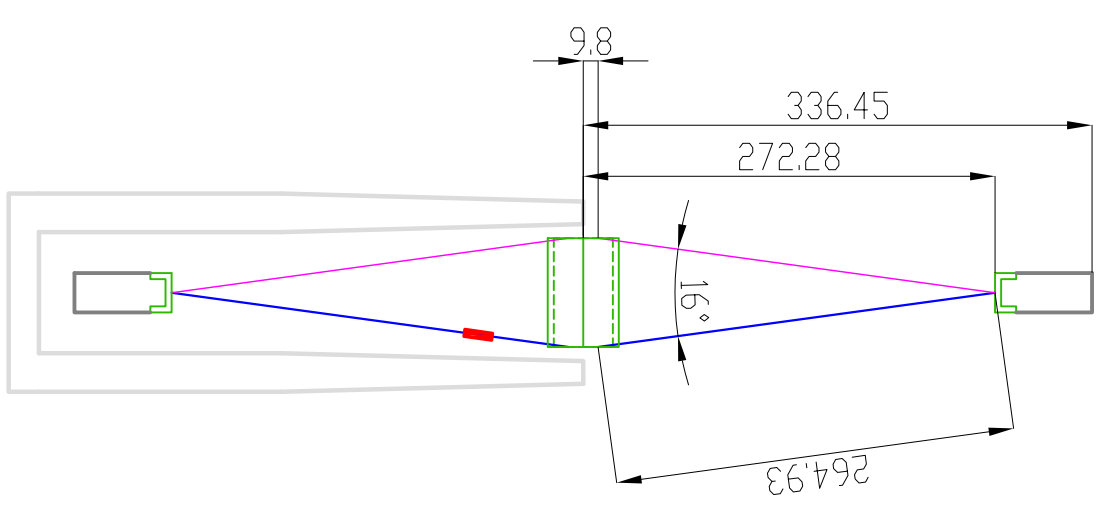
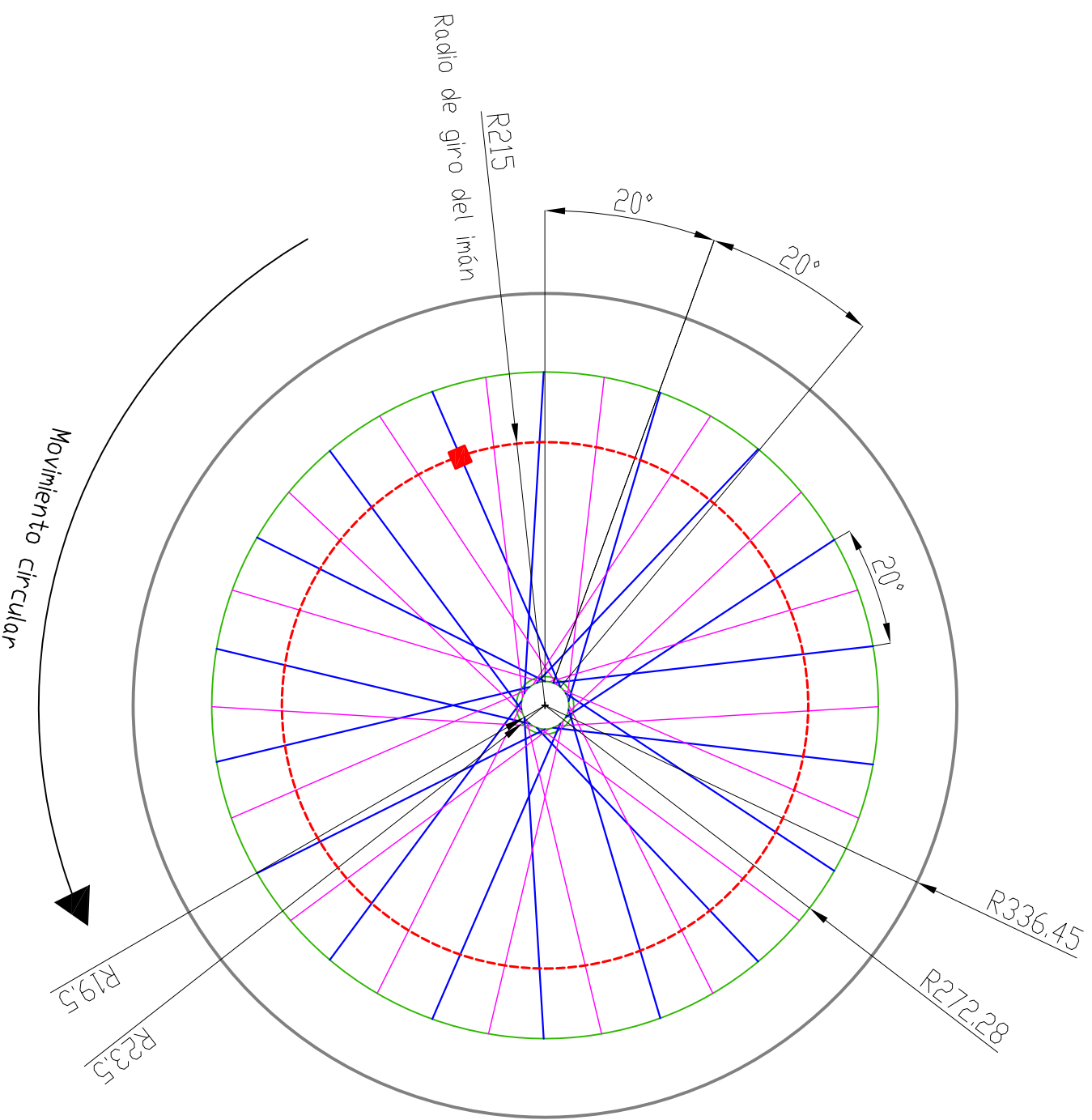
3. RESULTADOS DEL CASO DE ESTUDIO.

- 3.1. *Tabla tensiones e intensidades eficaces para diferentes configuraciones de la bobina.*
- 3.2. *Gráficos 1. Estudio diferentes tensiones de carga simuladas y posición Y imán.*
- 3.3. *Gráficos 2. Estudio alabeo.*
- 3.4. *Gráficos 3. Estudio tensiones circuito.*
- 3.5. *Gráficos 14. Estudio de la reacción del inducido.*
- 3.6. *Gráficos 15. Estudio de la potencia generada.*
- 3.7. *Gráficos 16. Análisis espectral y ajuste de vectores de ondas de carga.*
- 3.8. *Gráficos 17. Estudio tensiones para diferentes simulaciones de misma variable.*

4. CÓDIGO DEL PROGRAMA.

- 4.1. *Proyecto_3_0.m.*
- 4.2. *datos.m.*
- 4.3. *determino_L.m.*
- 4.4. *generador_dibujos.m.*
- 4.5. *dibuja.m.*
- 4.6. *simulador_RLC.slx.*
- 4.7. *graficos1.m.*
- 4.8. *graficos2.m.*
- 4.9. *graficos3.m.*
- 4.10. *graficos4.m.*
- 4.11. *graficos5.m.*
- 4.12. *graficos6.m.*
- 4.13. *graficos7.m.*
- 4.14. *graficos8.m.*
- 4.15. *graficos9.m.*
- 4.16. *graficos10.m.*
- 4.17. *graficos11.m.*
- 4.18. *graficos12.m.*
- 4.19. *graficos13.m.*
- 4.20. *graficos14.m.*
- 4.21. *graficos15.m.*
- 4.22. *graficos16.m.*
- 4.23. *graficos17.m.*
- 4.24. *dibuja_imanes.m.*
- 4.25. *distancia_imanes.m.*
- 4.26. *punto_barra.m.*
- 4.27. *caracterizacion_iman.m.*
- 4.28. *escalon_RL.m.*
- 4.29. *junta_graficas.m.*
- 4.30. *junta_graficas2.m.*
- 4.31. *saturacion_nucleo.m.*

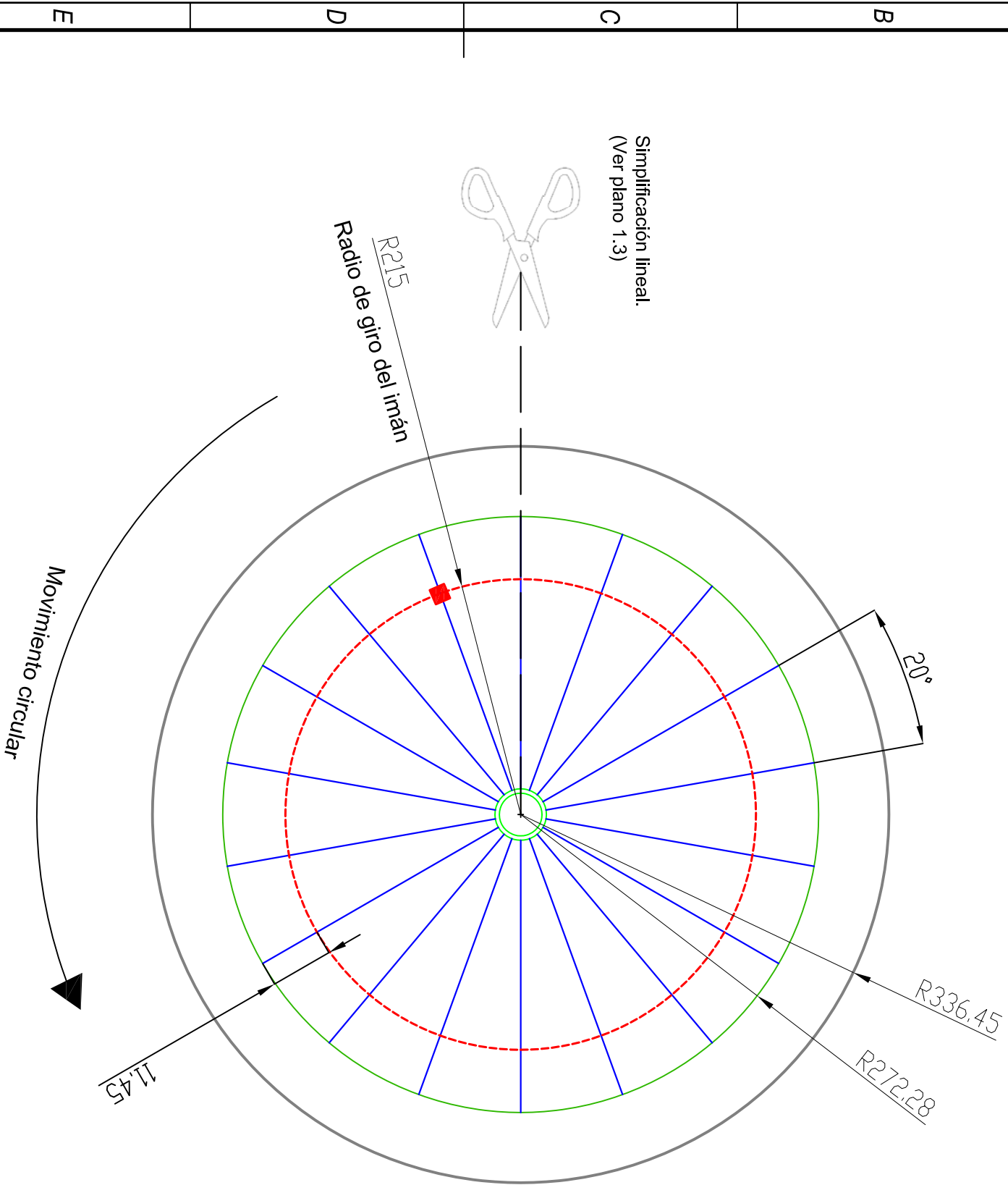
ANEXO 1: PLANOS.



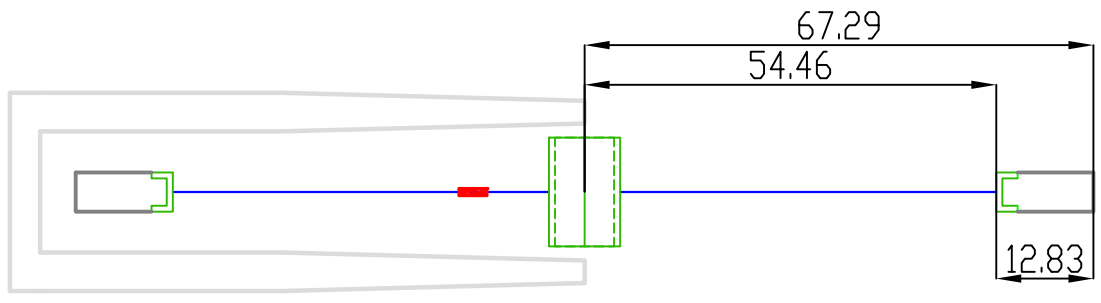
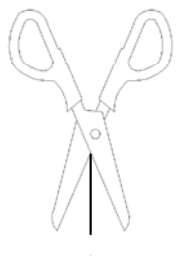
LEYENDA	
—	Imán
—	Llanta
—	Radios cara 1
—	Radios cara 2
—	Neumático
—	Horquilla

Fecha	20/06/2015	Nombre	Víctor Muñoz Forcano	Firma:	
Dibujado					
Comprobado					
Escala	1:5	Título	Dimensiones de la llanta de 26".		
Nº Alumno		525000			
Curso		1.1			
Plano Nº		1.1			





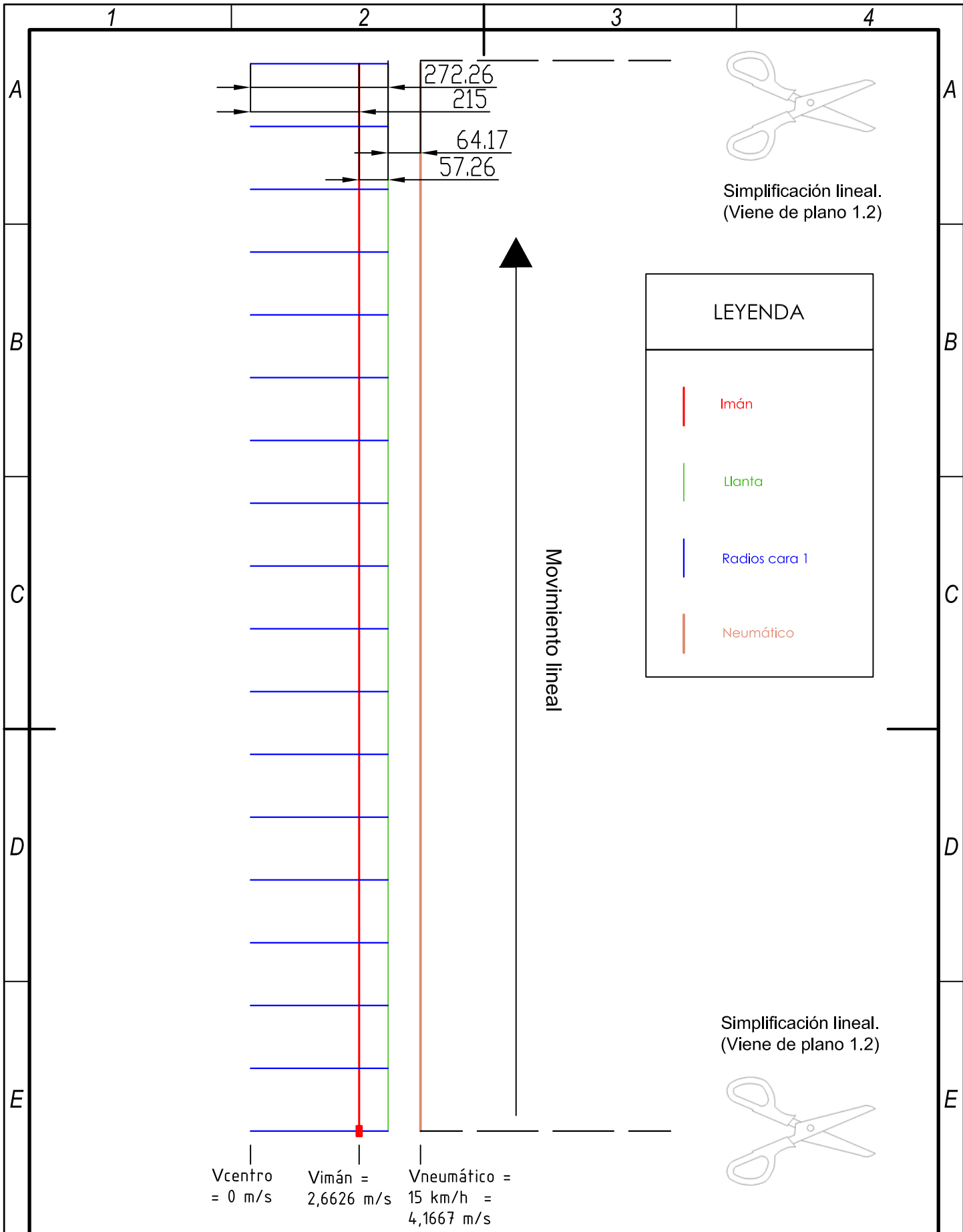
Simplificación lineal.
(Ver plano 1.3)




LEYENDA	
—	Imán
—	Llanta
—	Radios cara 1
—	Neumático
—	Horquilla

Fecha	20/06/2015	Nombre	Víctor Muñoz Forcano	Firma:	
Dibujado		Título			
Comprobado		Simplificación 1 de dimensiones de la llanta de 26".			
Escala	1:5	Nº Alumno	525000	Curso	
		Plano Nº	1.2		





	<i>Fecha</i>	<i>Nombre</i>	<i>Firma:</i>	 Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza
<i>Dibujado</i>	20/06/2015	Victor Muñoz Forcano		
<i>Comprobado</i>				
<i>Escala</i>	<i>Título</i>			<i>Nº Alumno</i> 525000
1:10	Simplificación 2 de dimensiones de la llanta de 26".			<i>Curso</i>
				<i>Plano Nº</i> 1.3

1

2

3

4

A

A

B

B

C

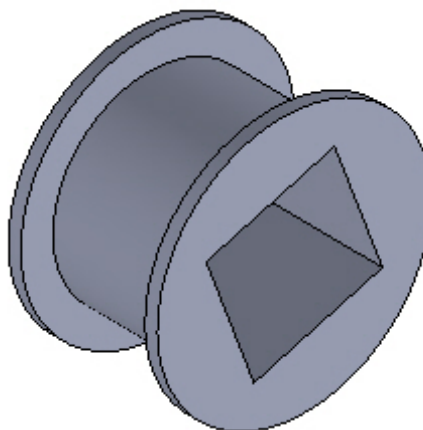
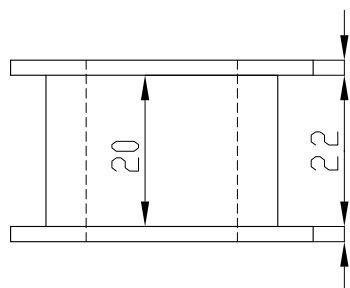
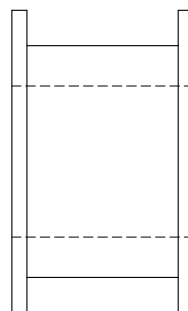
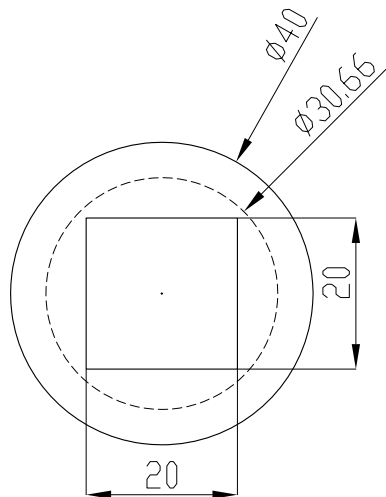
C


D

D

E

E



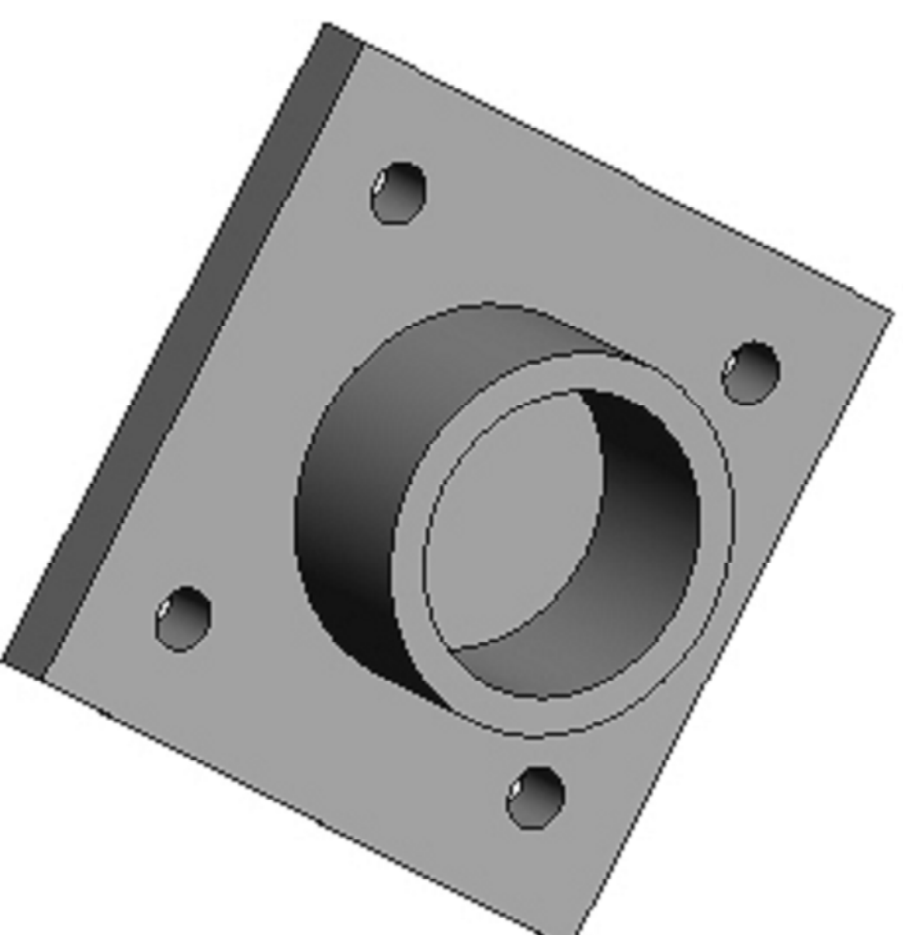
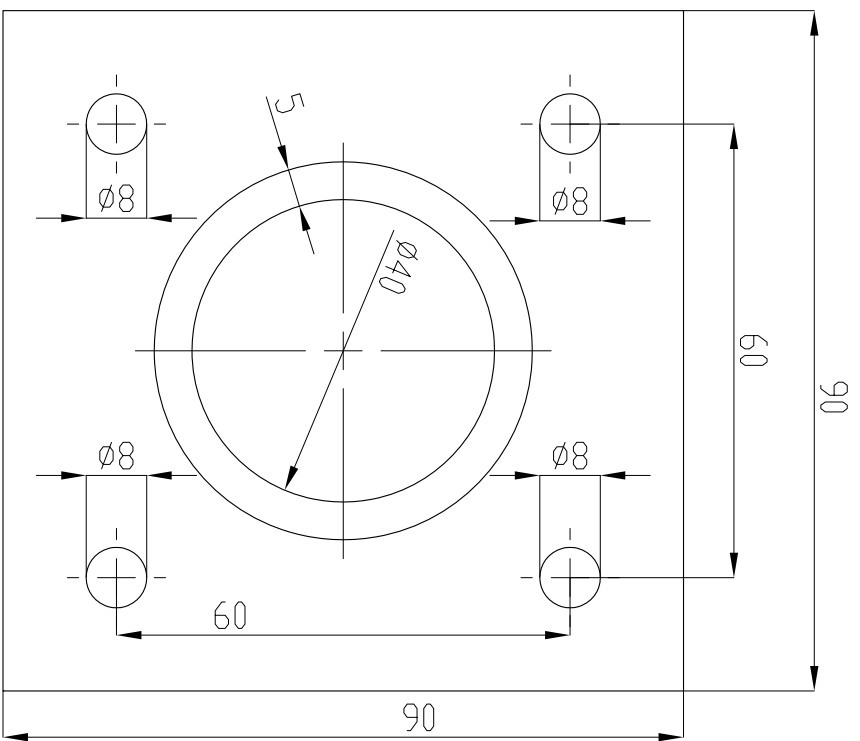
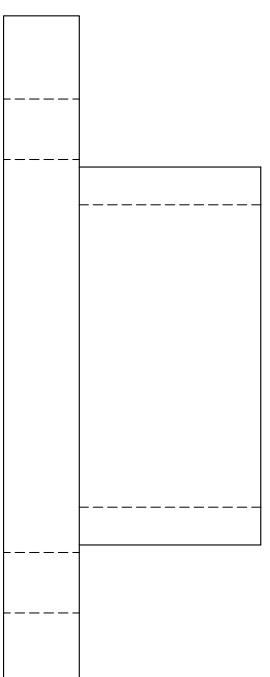
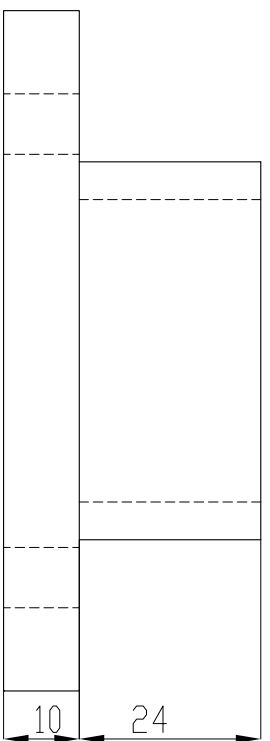
	<i>Fecha</i>	<i>Nombre</i>	<i>Firma:</i>	 Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza
<i>Dibujado</i>	20/06/2015	Víctor Muñoz Forcano		
<i>Comprobado</i>				
<i>Escala</i> 1:1	<i>Título</i> Diseño bobina 3D	<i>Nº Alumno</i> 525000		<i>F</i>
		<i>Curso</i>		
		<i>Plano Nº</i> 1.4		


1

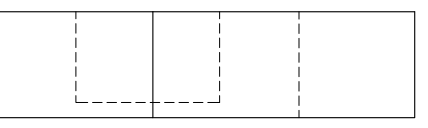
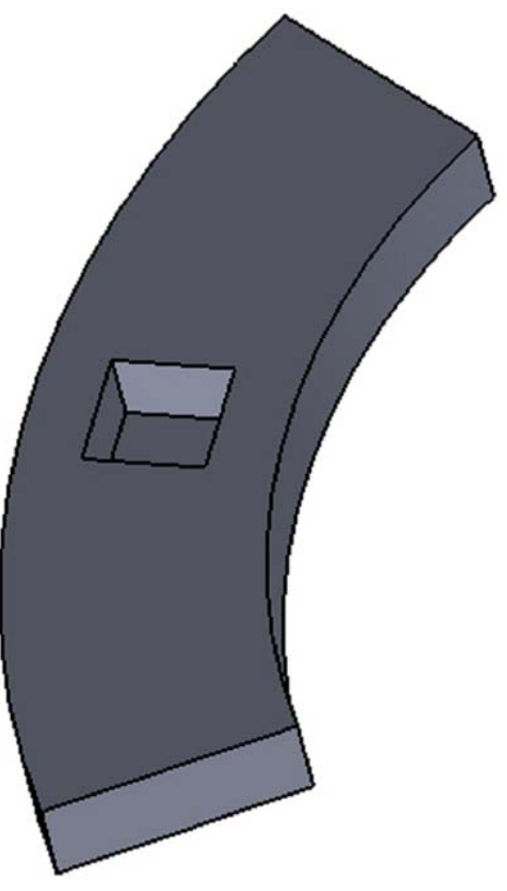
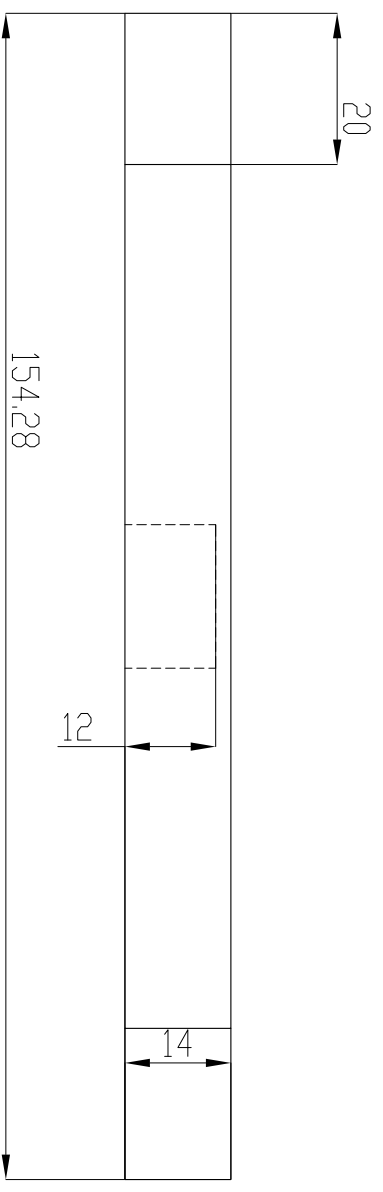
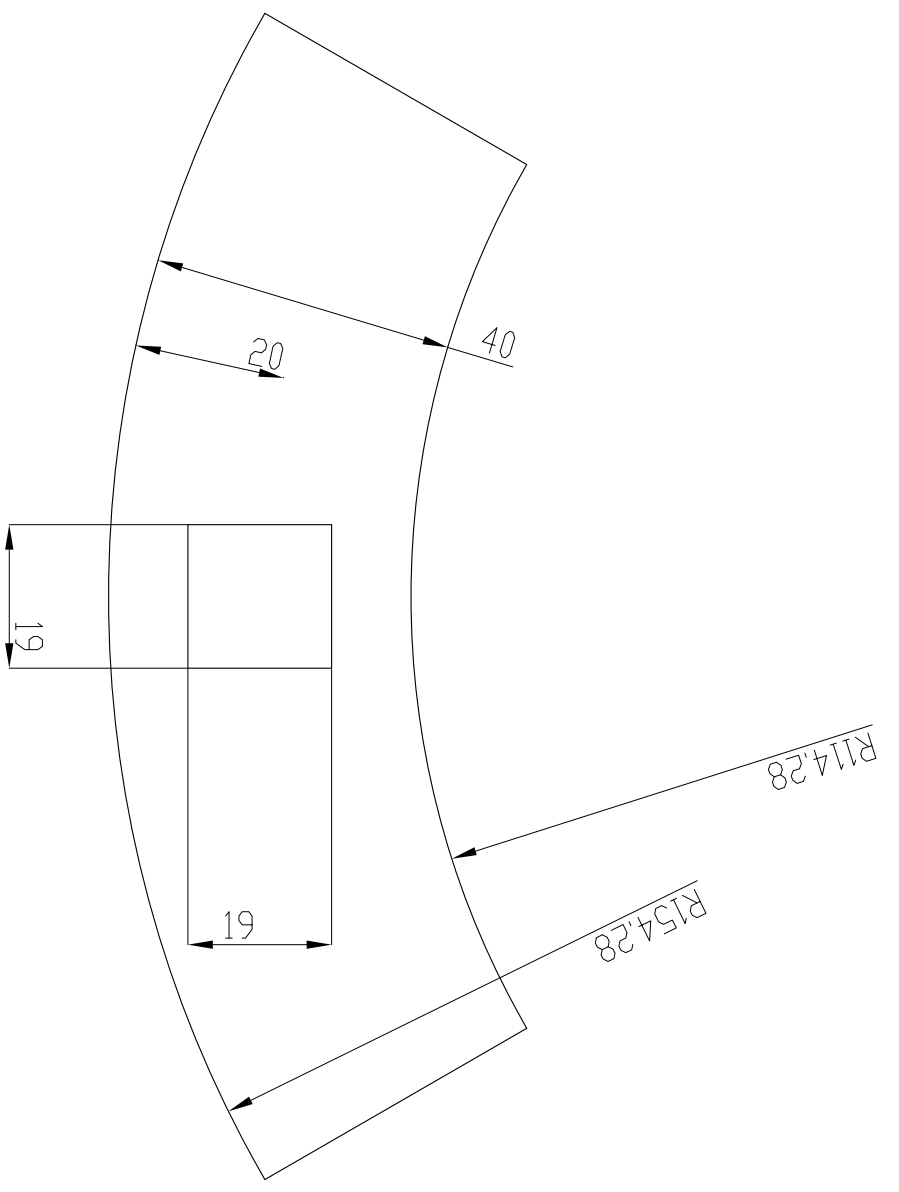
2


3

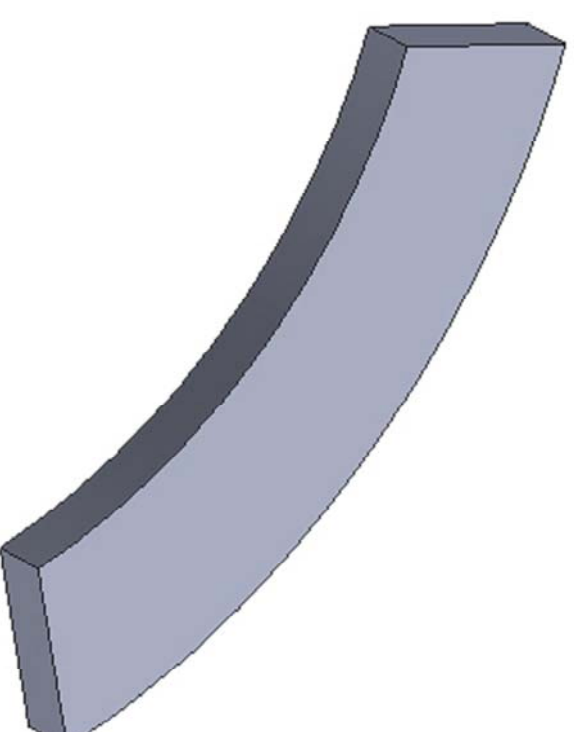
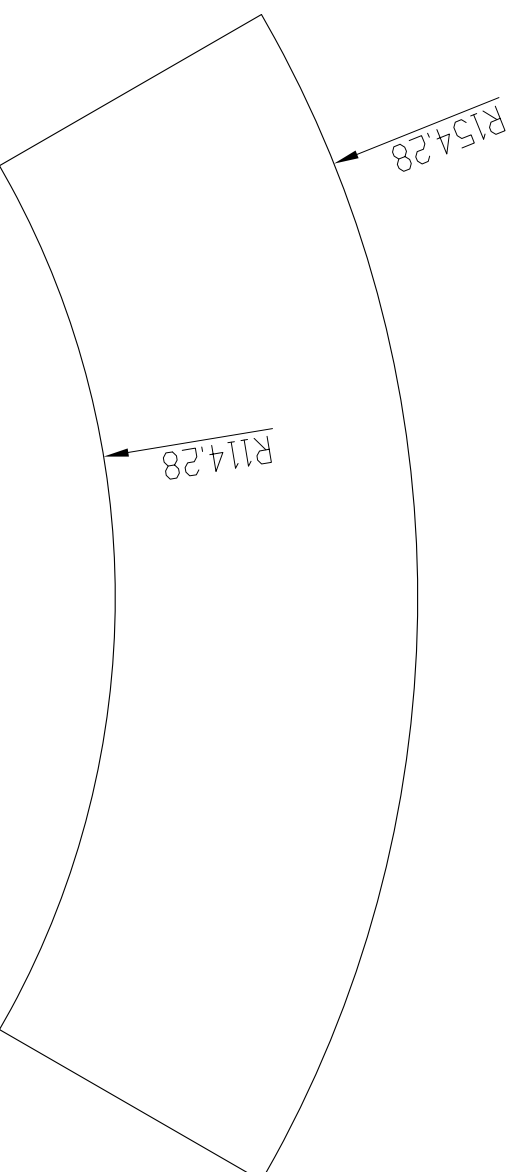
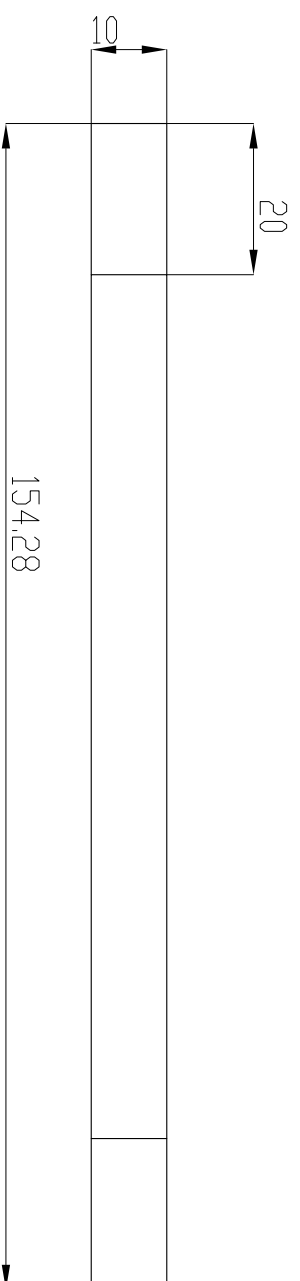
A4




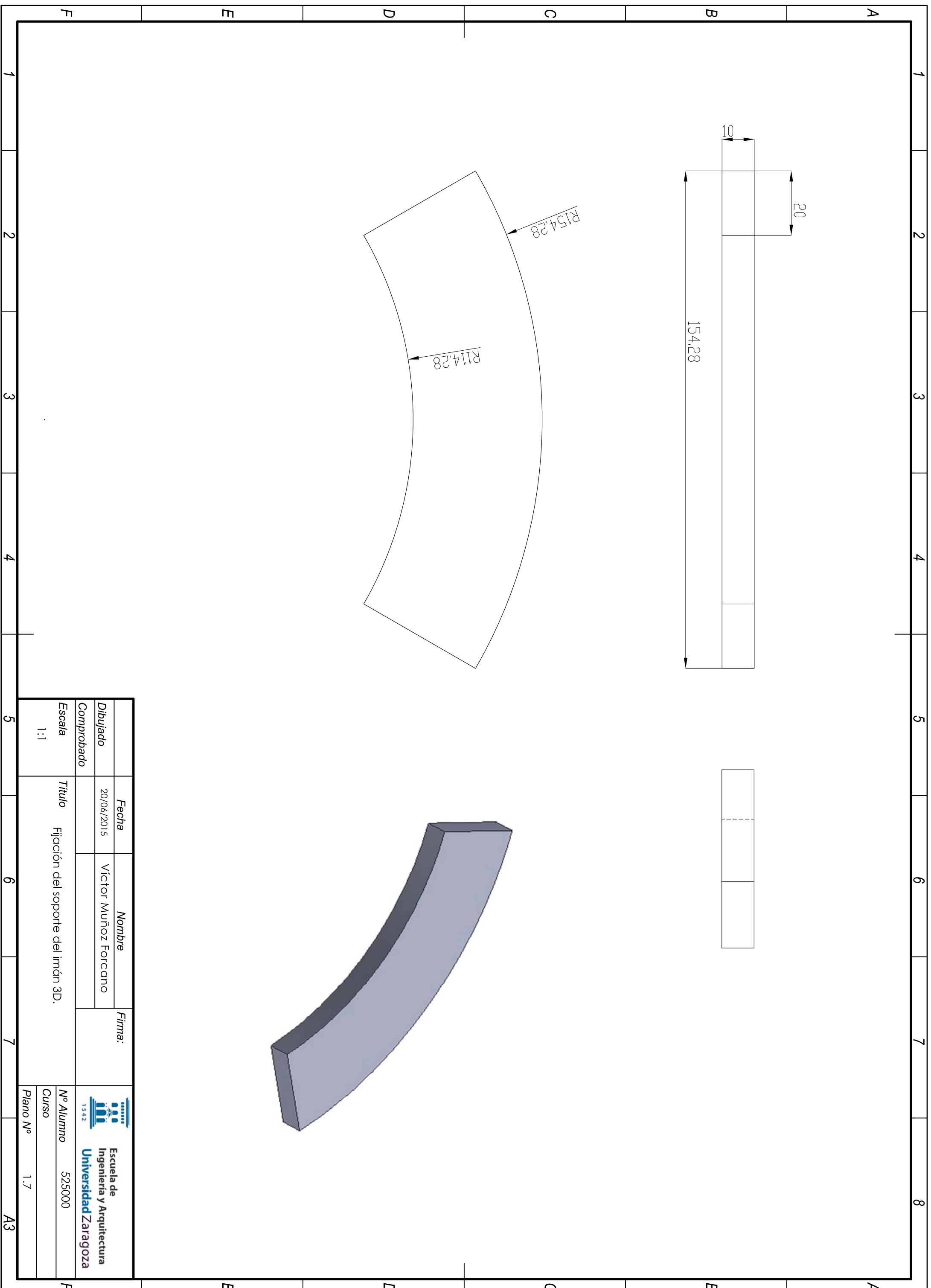
		Fecha		Nombre		Firma:		 Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza	
Dibujado		20/06/2015		Víctor Muñoz Forcano				Nº Alumno 525000 Curso	
Comprobado								Plano Nº 1.5	
Escala		1:1		Título		Soporte de la bobina 3D.			



Fecha		Nombre		Firma:		Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza	
20/06/2015		Víctor Muñoz Forcano					
Dibujado		Titulo		Nº Alumno		525000	
Comprobado		Soporte del imán 3D.		Curso		Plano Nº 1.6	
Escala 1:1							



		Fecha		Nombre		Firma:		 Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza	
Dibujado		20/06/2015		Víctor Muñoz Forcano				Nº Alumno 525000 Curso 1.7	
Comprobado								Plano Nº 1.7	
Escala		1:1		Título		Fijación del soporte del imán 3D.			



1

2

3

4

A

A

B

B

C

C

D

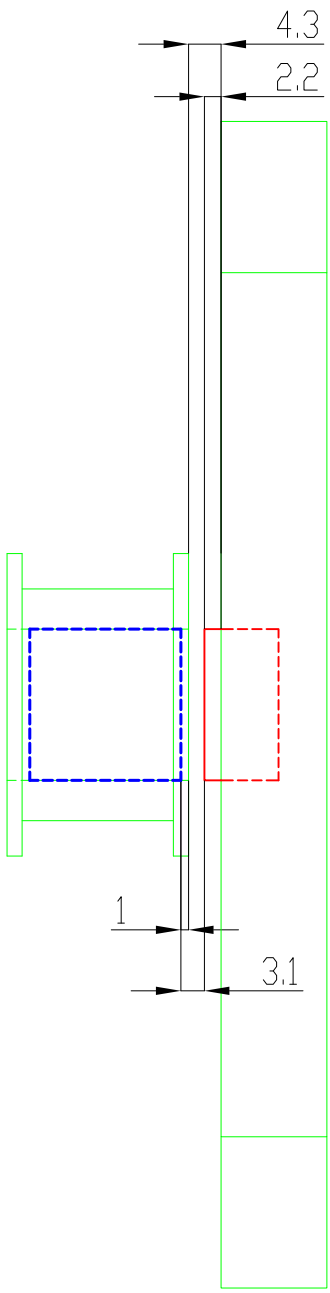
D


E

E

LEYENDA

- | Imán
- | Piezas de plástico
- | Núcleo ferromagnético



	<i>Fecha</i>	<i>Nombre</i>	<i>Firma:</i>	 Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza
<i>Dibujado</i>	20/06/2015	Víctor Muñoz Forcano		
<i>Comprobado</i>				
<i>Escala</i>	<i>Título</i>		<i>Nº Alumno</i>	525000
1:1	Separación entre el imán y la bobina		<i>Curso</i>	
			<i>Plano Nº</i>	1.8

1

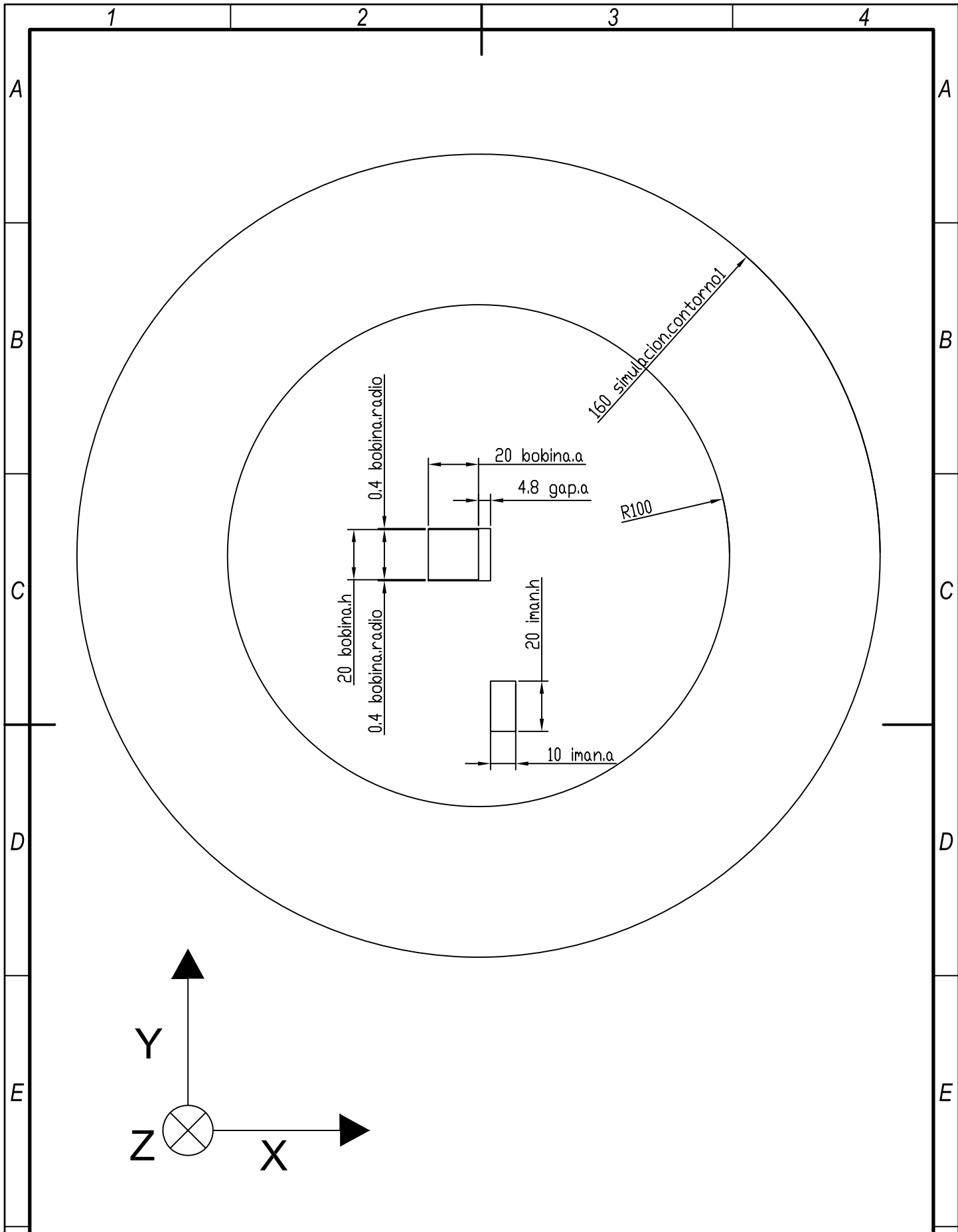
2


3

A4

F

F



	<i>Fecha</i>	<i>Nombre</i>	<i>Firma:</i>	 Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza
<i>Dibujado</i>	20/06/2015	Victor Muñoz Forcano		
<i>Comprobado</i>				
<i>Escala</i>	<i>Título</i>	Dimensiones Femm. Pasada de un iman (detalle).	<i>Nº Alumno</i>	525000
			<i>Curso</i>	
			<i>Plano Nº</i>	1.9
1	2	3	A4	

ANEXO 2: RESULTADOS DEL PROTOTIPO.

ANEXO 2.1: Detalle.

1

2

3

4

A

A

B

B

C

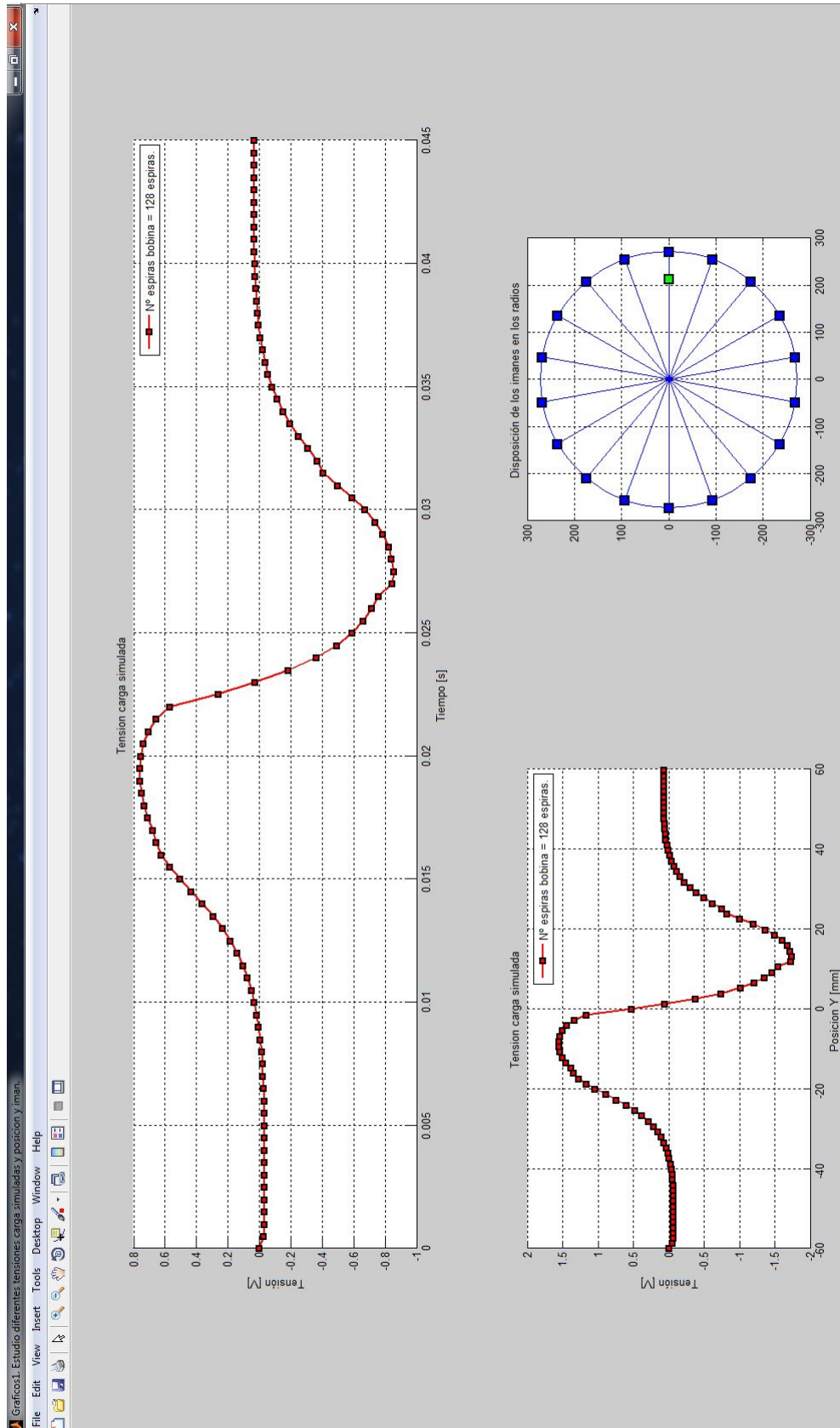
C


D

D

E

E



	<i>Fecha</i>	<i>Nombre</i>	<i>Firma:</i>	 Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza
<i>Dibujado</i>	20/06/2015	Victor Muñoz Forcano		
<i>Comprobado</i>				
<i>Escala</i>	<i>Título</i>	Gráficos 1. Estudio de diferentes tensiones carga simuladas y posición 'y' iman del detalle del prototipo.		<i>Nº Alumno</i> 525000 <i>Curso</i> <i>Plano Nº</i> 2.1.1

1

2

3

A4

F

1

2

3

4

A

A

B

B

C

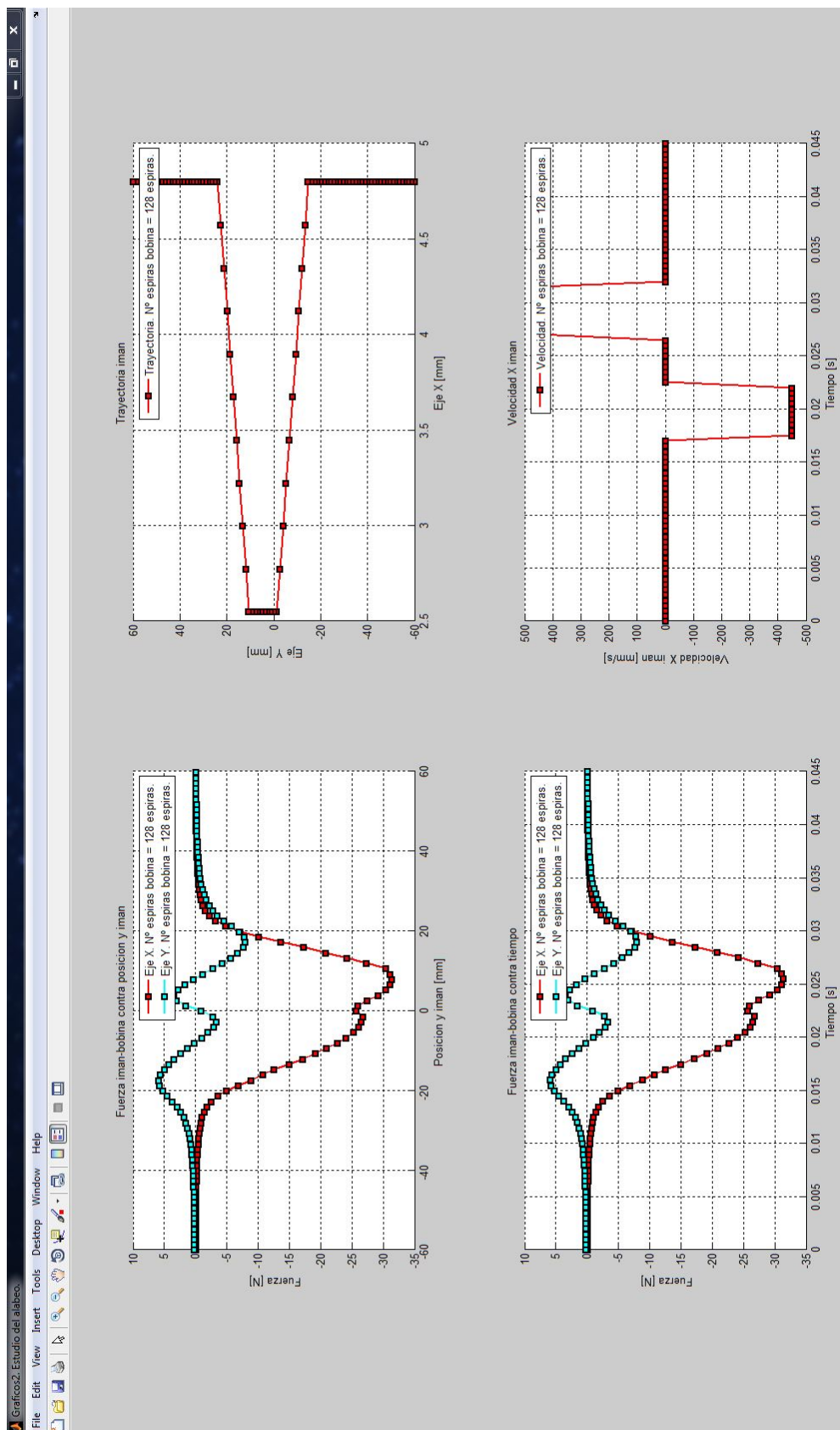
C


D

D

E

E



	<i>Fecha</i>	<i>Nombre</i>	<i>Firma:</i>	 Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza
<i>Dibujado</i>	20/06/2015	Victor Muñoz Forcano		
<i>Comprobado</i>				
<i>F</i> <i>Escala</i>	<i>Titulo</i>	Gráficos 2. Estudio alabeo del detalle del prototipo.		<i>Nº Alumno</i> 525000
				<i>Curso</i>
				<i>Plano Nº</i> 2.1.2

1


2

3

A4

F



	<i>Fecha</i>	<i>Nombre</i>	<i>Firma:</i>	 Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza
<i>Dibujado</i>	20/06/2015	Victor Muñoz Forcano		
<i>Comprobado</i>				
<i>Escala</i>	<i>Título</i>	Gráficos 3. Estudio tensiones circuito del detalle del prototipo.		<i>Nº Alumno</i> 525000
				<i>Curso</i>
				<i>Plano Nº</i> 2.1.3

1

2

3

4

A

A

B

B

C

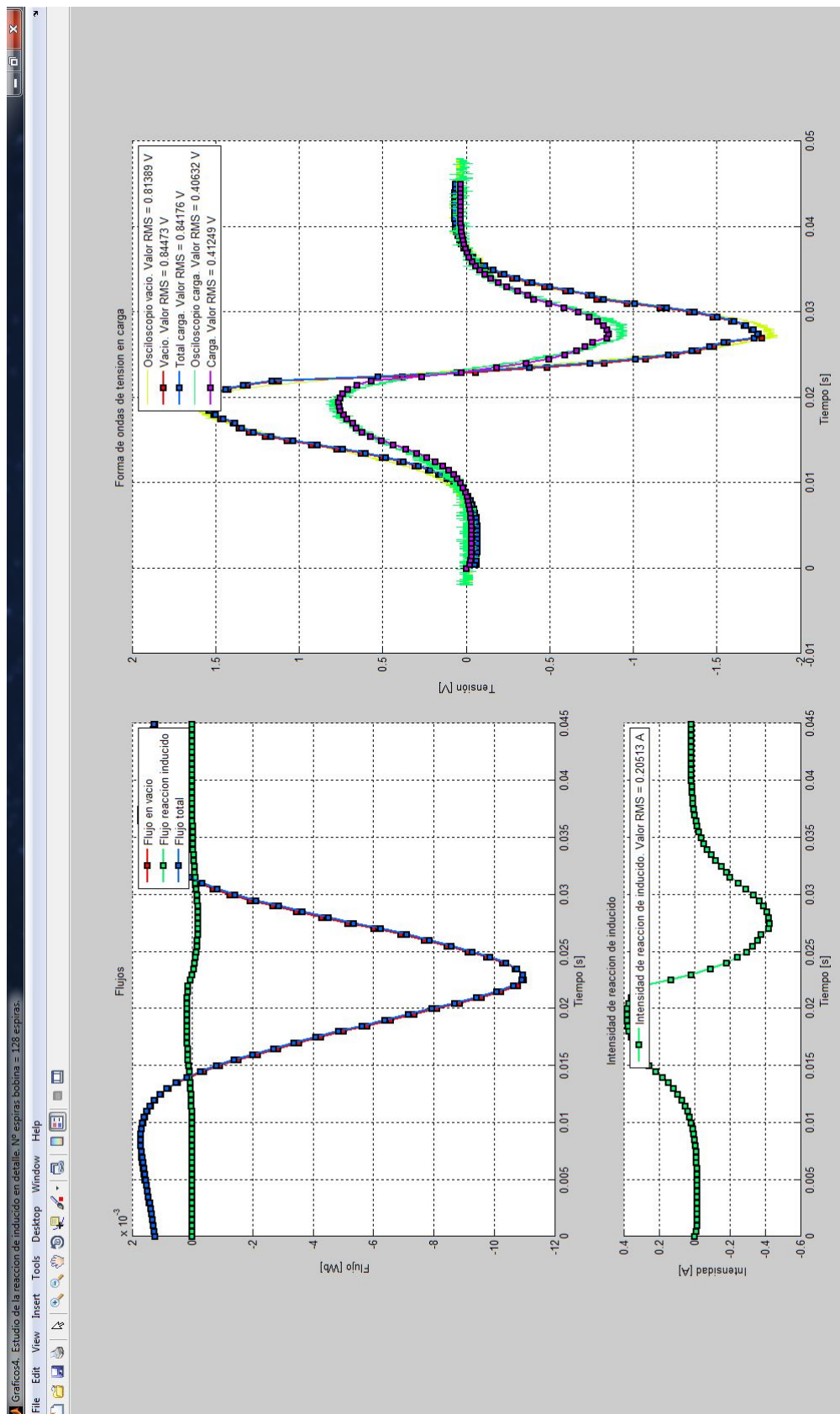
C

D

D

E

E



Graficos4. Estudio de la reaccion de inducido en detalle. Nº espiras bobina = 128 espiras.

File Edit View Insert Tools Desktop Window Help

File Edit View Insert Tools Desktop Window Help

File Edit View Insert Tools Desktop Window Help

File Edit View Insert Tools Desktop Window Help

File Edit View Insert Tools Desktop Window Help

File Edit View Insert Tools Desktop Window Help

File Edit View Insert Tools Desktop Window Help

File Edit View Insert Tools Desktop Window Help

File Edit View Insert Tools Desktop Window Help

File Edit View Insert Tools Desktop Window Help

File Edit View Insert Tools Desktop Window Help

File Edit View Insert Tools Desktop Window Help

File Edit View Insert Tools Desktop Window Help

File Edit View Insert Tools Desktop Window Help

File Edit View Insert Tools Desktop Window Help

File Edit View Insert Tools Desktop Window Help

File Edit View Insert Tools Desktop Window Help

File Edit View Insert Tools Desktop Window Help

File Edit View Insert Tools Desktop Window Help

File Edit View Insert Tools Desktop Window Help

File Edit View Insert Tools Desktop Window Help

File Edit View Insert Tools Desktop Window Help

File Edit View Insert Tools Desktop Window Help

File Edit View Insert Tools Desktop Window Help

File Edit View Insert Tools Desktop Window Help

File Edit View Insert Tools Desktop Window Help

File Edit View Insert Tools Desktop Window Help

File Edit View Insert Tools Desktop Window Help

File Edit View Insert Tools Desktop Window Help

File Edit View Insert Tools Desktop Window Help

File Edit View Insert Tools Desktop Window Help

File Edit View Insert Tools Desktop Window Help

File Edit View Insert Tools Desktop Window Help

File Edit View Insert Tools Desktop Window Help

File Edit View Insert Tools Desktop Window Help

File Edit View Insert Tools Desktop Window Help

File Edit View Insert Tools Desktop Window Help

File Edit View Insert Tools Desktop Window Help

File Edit View Insert Tools Desktop Window Help

File Edit View Insert Tools Desktop Window Help

File Edit View Insert Tools Desktop Window Help

File Edit View Insert Tools Desktop Window Help


File Edit View Insert Tools Desktop Window Help

File Edit View Insert Tools Desktop Window Help

File Edit View Insert Tools Desktop Window Help

File Edit View Insert Tools Desktop Window Help

File Edit View Insert Tools Desktop Window Help

	Fecha	Nombre	Firma:	 Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza
Dibujado	20/06/2015	Víctor Muñoz Forcano		
Comprobado				
Esca	Título Gráficos 4. Estudio de la reacción de inducido del detalle del prototipo.			Nº Alumno 525000 Curso Plano Nº 2.1.4

1

2

3

A4

F

1

2

3

4

A

A

B

B

C

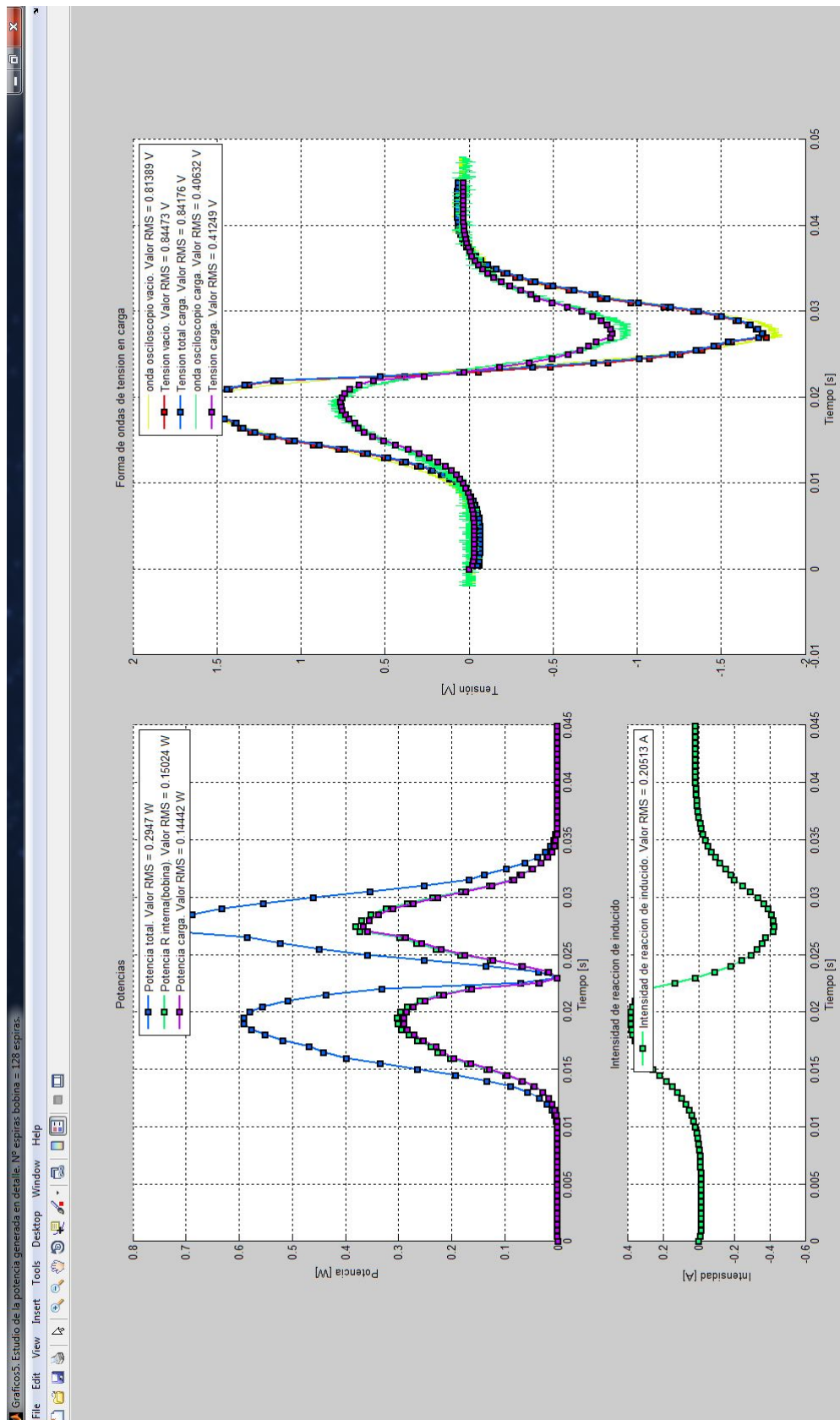
C

D

D

E

E



Gráficos 5. Estudio de la potencia generada en detalle. Nº espiras bobina = 128 espiras.

File Edit View Insert Tools Desktop Window Help

File Edit View Insert Tools Desktop Window Help

File Edit View Insert Tools Desktop Window Help

File Edit View Insert Tools Desktop Window Help

File Edit View Insert Tools Desktop Window Help

File Edit View Insert Tools Desktop Window Help

File Edit View Insert Tools Desktop Window Help

File Edit View Insert Tools Desktop Window Help

File Edit View Insert Tools Desktop Window Help

File Edit View Insert Tools Desktop Window Help

File Edit View Insert Tools Desktop Window Help

File Edit View Insert Tools Desktop Window Help

File Edit View Insert Tools Desktop Window Help

File Edit View Insert Tools Desktop Window Help

File Edit View Insert Tools Desktop Window Help

File Edit View Insert Tools Desktop Window Help

File Edit View Insert Tools Desktop Window Help

File Edit View Insert Tools Desktop Window Help

File Edit View Insert Tools Desktop Window Help

File Edit View Insert Tools Desktop Window Help

File Edit View Insert Tools Desktop Window Help

File Edit View Insert Tools Desktop Window Help

File Edit View Insert Tools Desktop Window Help

File Edit View Insert Tools Desktop Window Help

File Edit View Insert Tools Desktop Window Help

File Edit View Insert Tools Desktop Window Help

File Edit View Insert Tools Desktop Window Help

File Edit View Insert Tools Desktop Window Help

File Edit View Insert Tools Desktop Window Help

File Edit View Insert Tools Desktop Window Help

File Edit View Insert Tools Desktop Window Help

File Edit View Insert Tools Desktop Window Help

File Edit View Insert Tools Desktop Window Help

File Edit View Insert Tools Desktop Window Help

File Edit View Insert Tools Desktop Window Help

File Edit View Insert Tools Desktop Window Help

File Edit View Insert Tools Desktop Window Help

File Edit View Insert Tools Desktop Window Help

File Edit View Insert Tools Desktop Window Help

File Edit View Insert Tools Desktop Window Help

File Edit View Insert Tools Desktop Window Help

File Edit View Insert Tools Desktop Window Help

File Edit View Insert Tools Desktop Window Help

File Edit View Insert Tools Desktop Window Help

File Edit View Insert Tools Desktop Window Help

File Edit View Insert Tools Desktop Window Help

File Edit View Insert Tools Desktop Window Help

File Edit View Insert Tools Desktop Window Help

File Edit View Insert Tools Desktop Window Help

File Edit View Insert Tools Desktop Window Help


File Edit View Insert Tools Desktop Window Help

File Edit View Insert Tools Desktop Window Help

File Edit View Insert Tools Desktop Window Help

File Edit View Insert Tools Desktop Window Help

File Edit View Insert Tools Desktop Window Help

	Fecha	Nombre	Firma:	 Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza
Dibujado	20/06/2015	Victor Muñoz Forcano		
Comprobado				
Escala	Titulo	Gráficos 5. Estudio de la potencia generada del detalle del prototipo.		Nº Alumno 525000
				Curso
				Plano Nº 2.1.5

1

2

3

A4

F

F

1

2

3

4

A

B

C

D

E

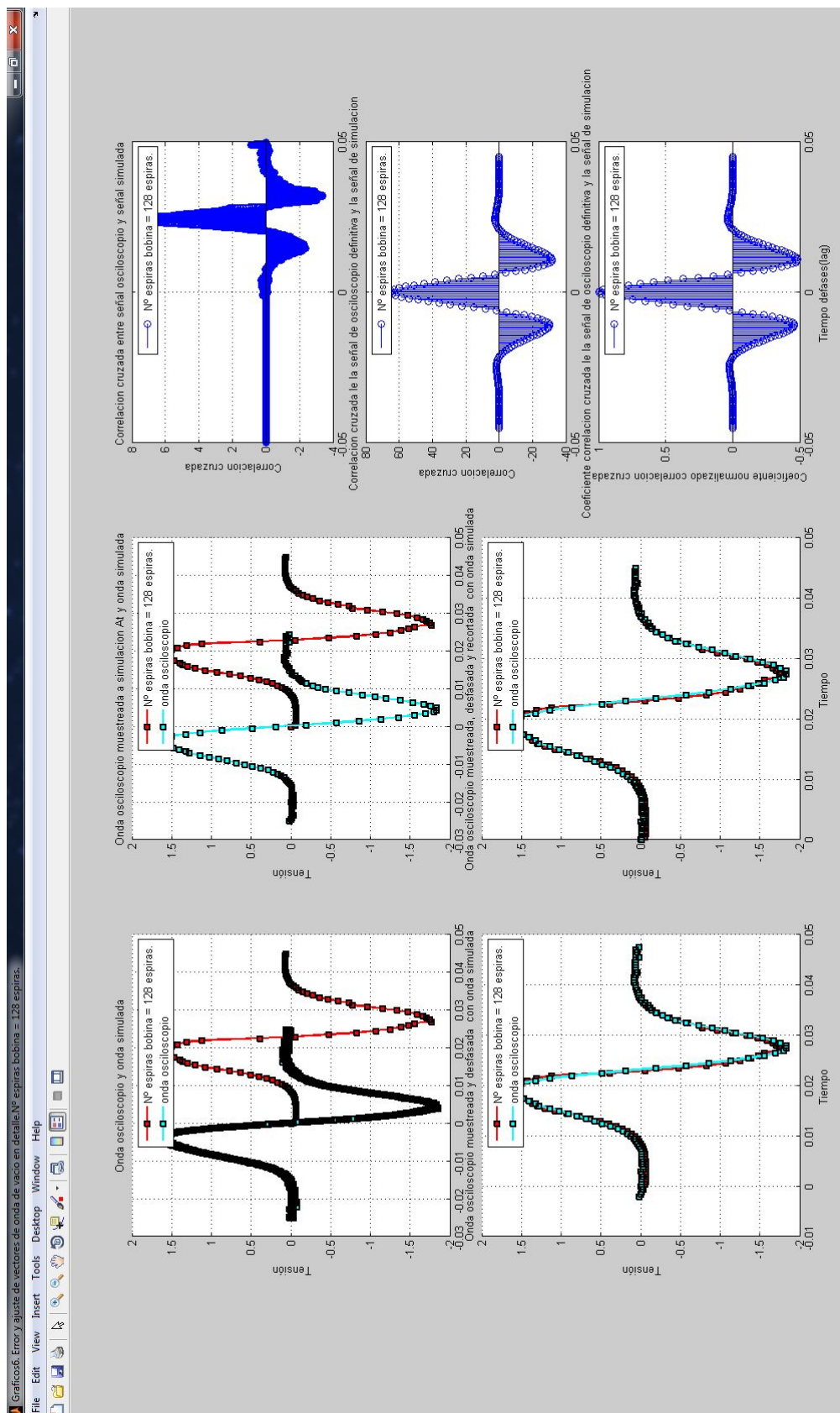
A


B

C

D

E



	<i>Fecha</i>	<i>Nombre</i>	<i>Firma:</i>	 Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza
<i>Dibujado</i>	20/06/2015	Víctor Muñoz Forcano		
<i>Comprobado</i>				
<i>F</i> <i>Escala</i>	<i>Título</i>	Gráficos 6.1. Error y ajuste de vectores de onda de vacío del detalle del prototipo.		<i>Nº Alumno</i> 525000
				<i>Curso</i>
				<i>Plano Nº</i> 2.1.6.1

1

2

3

A4

1

2

3

4

A

A

B

B

C

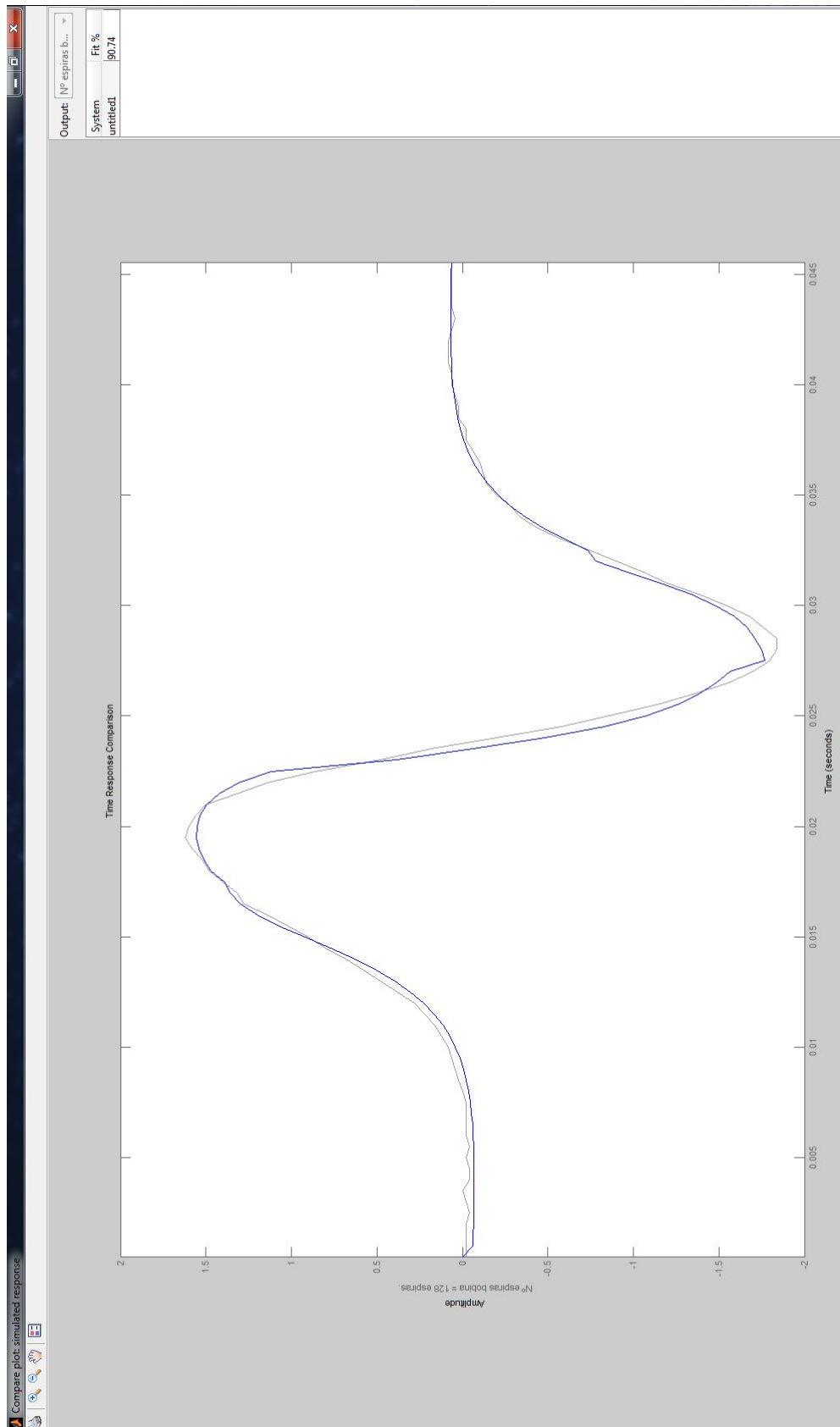
C

D

D

E

E



F

F

	<i>Fecha</i>	<i>Nombre</i>	<i>Firma:</i>
<i>Dibujado</i>	20/06/2015	Victor Muñoz Forcano	
<i>Comprobado</i>			



<i>Escala</i>	<i>Título</i>
	Gráficos 6.2. Error y ajuste de vectores de onda de vacío del detalle del prototipo.

<i>Nº Alumno</i>	525000
<i>Curso</i>	
<i>Plano Nº</i>	2.1.6.2

1

2

3

A4

1

2

3

4

A

A

B

B

C

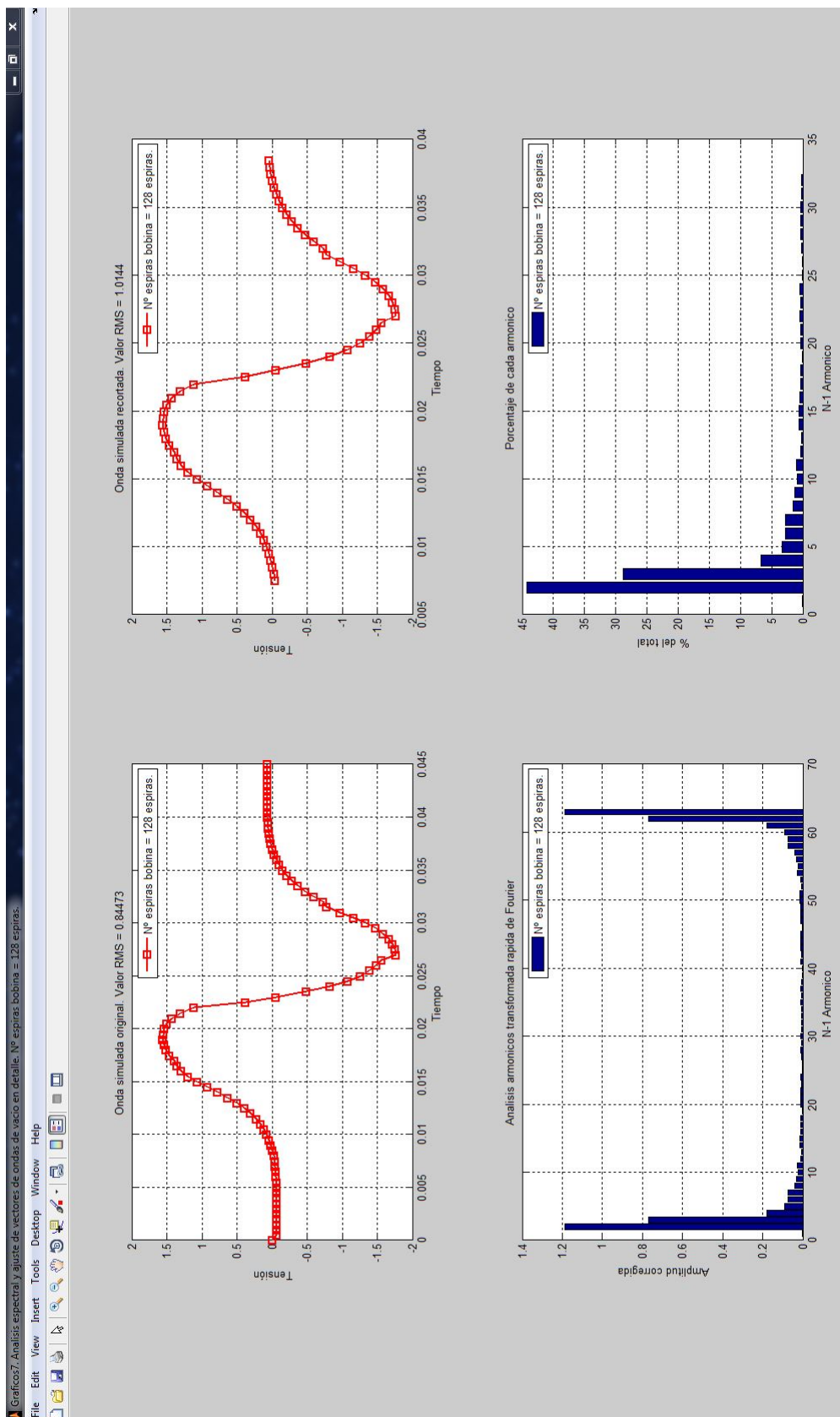
C


D

D

E

E



	<i>Fecha</i>	<i>Nombre</i>	<i>Firma:</i>	 Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza
<i>Dibujado</i>	20/06/2015	Victor Muñoz Forcano		
<i>Comprobado</i>				
<i>Escala</i>	<i>Título</i>	Gráficos 7.1. Análisis espectral y ajuste de vectores de ondas de vacío del detalle del prototipo.		<i>Nº Alumno</i> 525000 <i>Curso</i> <i>Plano Nº</i> 2.1.7.1

1

2

3

A4

F

1

2

3

4

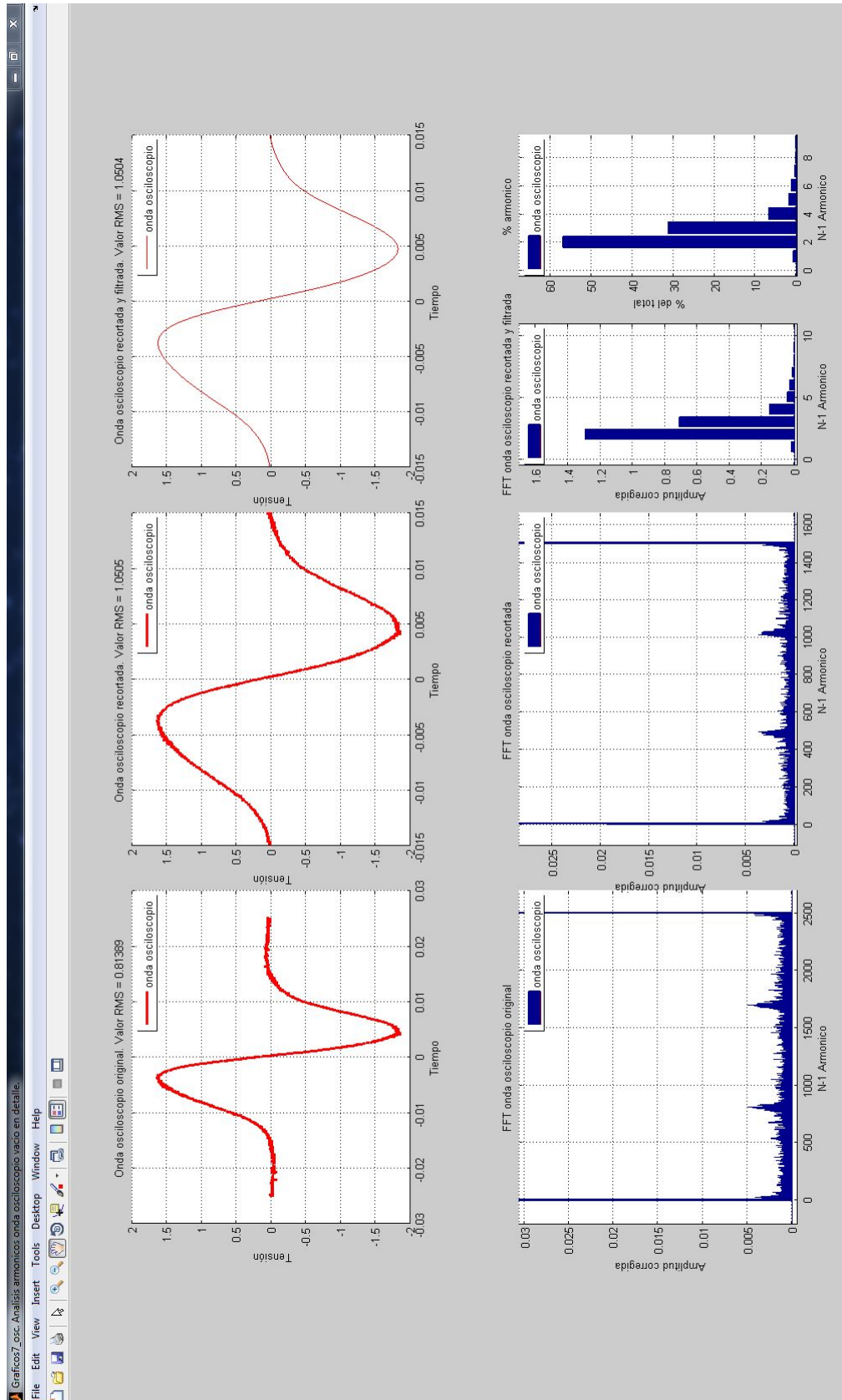
A

B

C

D

E




A

B

C

D

E

	<i>Fecha</i>	<i>Nombre</i>	<i>Firma:</i>	 Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza
<i>Dibujado</i>	20/06/2015	Victor Muñoz Forcano		
<i>Comprobado</i>				
<i>F</i> <i>Escala</i>	<i>Título</i>	Gráficos 7.2. Análisis espectral y ajuste de vectores de ondas de vacío del detalle del prototipo.		<i>Nº Alumno</i> 525000
				<i>Curso</i>
				<i>Plano Nº</i> 2.1.7.2

1

2

3

A4

F

1

2

3

4

A

B

C

D

E

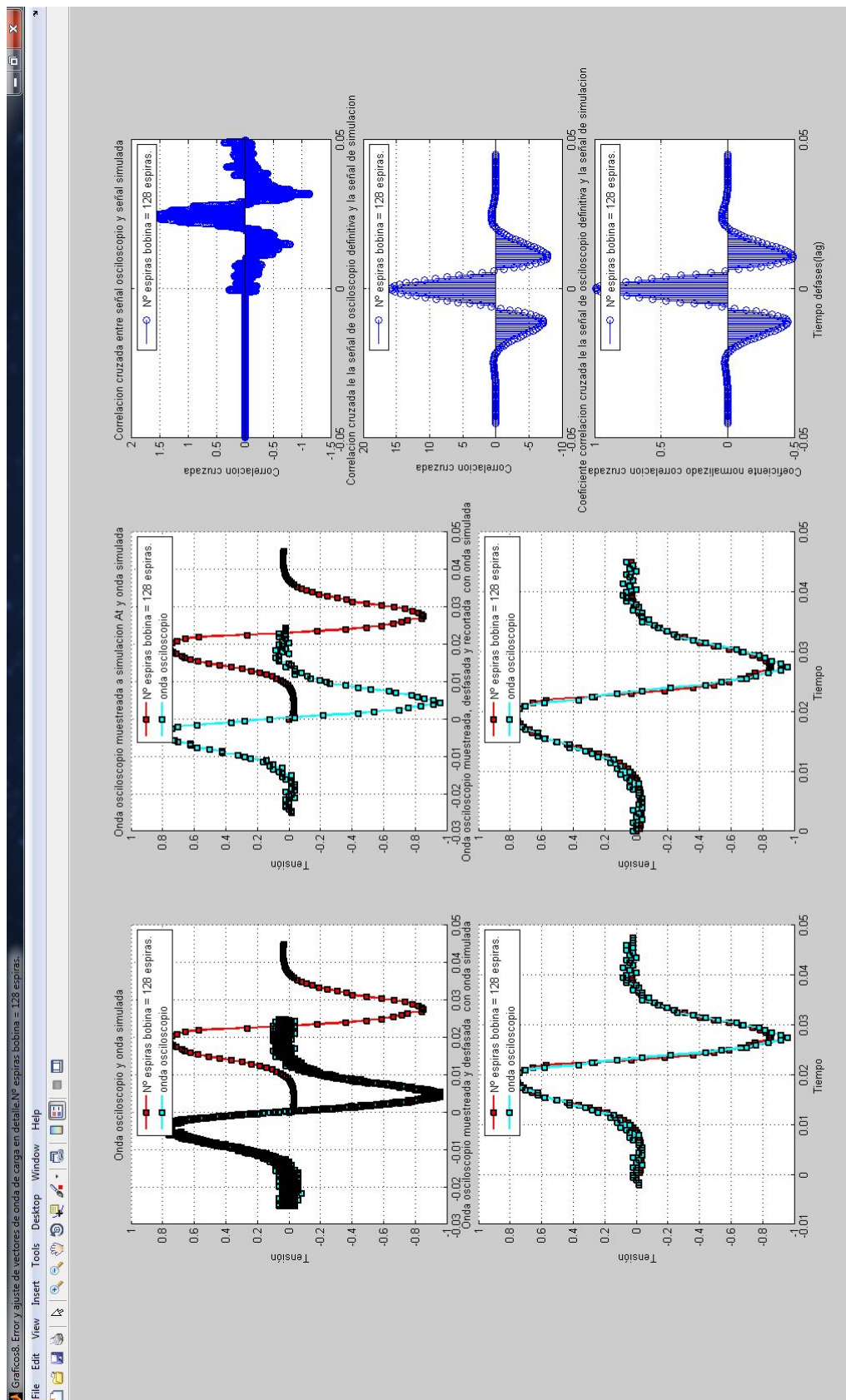
A

B

C

D

E



Graficos8. Error y ajuste de vectores de onda de carga en detalle. Nº espiras bobina = 128 espiras.

File Edit View Inset Tools Desktop Window Help

File Edit View Inset Tools Desktop Window Help

File Edit View Inset Tools Desktop Window Help

File Edit View Inset Tools Desktop Window Help

File Edit View Inset Tools Desktop Window Help

File Edit View Inset Tools Desktop Window Help

File Edit View Inset Tools Desktop Window Help

File Edit View Inset Tools Desktop Window Help

File Edit View Inset Tools Desktop Window Help

File Edit View Inset Tools Desktop Window Help

File Edit View Inset Tools Desktop Window Help

File Edit View Inset Tools Desktop Window Help

File Edit View Inset Tools Desktop Window Help

File Edit View Inset Tools Desktop Window Help

File Edit View Inset Tools Desktop Window Help

File Edit View Inset Tools Desktop Window Help

File Edit View Inset Tools Desktop Window Help

File Edit View Inset Tools Desktop Window Help

File Edit View Inset Tools Desktop Window Help

File Edit View Inset Tools Desktop Window Help

File Edit View Inset Tools Desktop Window Help

File Edit View Inset Tools Desktop Window Help

File Edit View Inset Tools Desktop Window Help

File Edit View Inset Tools Desktop Window Help

File Edit View Inset Tools Desktop Window Help

File Edit View Inset Tools Desktop Window Help

File Edit View Inset Tools Desktop Window Help

File Edit View Inset Tools Desktop Window Help

File Edit View Inset Tools Desktop Window Help

File Edit View Inset Tools Desktop Window Help

File Edit View Inset Tools Desktop Window Help

File Edit View Inset Tools Desktop Window Help

File Edit View Inset Tools Desktop Window Help

File Edit View Inset Tools Desktop Window Help

File Edit View Inset Tools Desktop Window Help

File Edit View Inset Tools Desktop Window Help

File Edit View Inset Tools Desktop Window Help

File Edit View Inset Tools Desktop Window Help

File Edit View Inset Tools Desktop Window Help

File Edit View Inset Tools Desktop Window Help

File Edit View Inset Tools Desktop Window Help

File Edit View Inset Tools Desktop Window Help

File Edit View Inset Tools Desktop Window Help

File Edit View Inset Tools Desktop Window Help

File Edit View Inset Tools Desktop Window Help

File Edit View Inset Tools Desktop Window Help

File Edit View Inset Tools Desktop Window Help

File Edit View Inset Tools Desktop Window Help


File Edit View Inset Tools Desktop Window Help

File Edit View Inset Tools Desktop Window Help

File Edit View Inset Tools Desktop Window Help

File Edit View Inset Tools Desktop Window Help

File Edit View Inset Tools Desktop Window Help

	<i>Fecha</i>	<i>Nombre</i>	<i>Firma:</i>	 Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza
<i>Dibujado</i>	20/06/2015	Victor Muñoz Forcano		
<i>Comprobado</i>				
<i>F</i> <i>Escala</i>	<i>Título</i>	Gráficos 8.1. Error y ajuste de vectores de onda de carga del detalle del prototipo.		<i>Nº Alumno</i> 525000
				<i>Curso</i>
				<i>Plano Nº</i> 2.1.8.1

1

2

3

A4

1

2

3

4

A

A

B

B

C

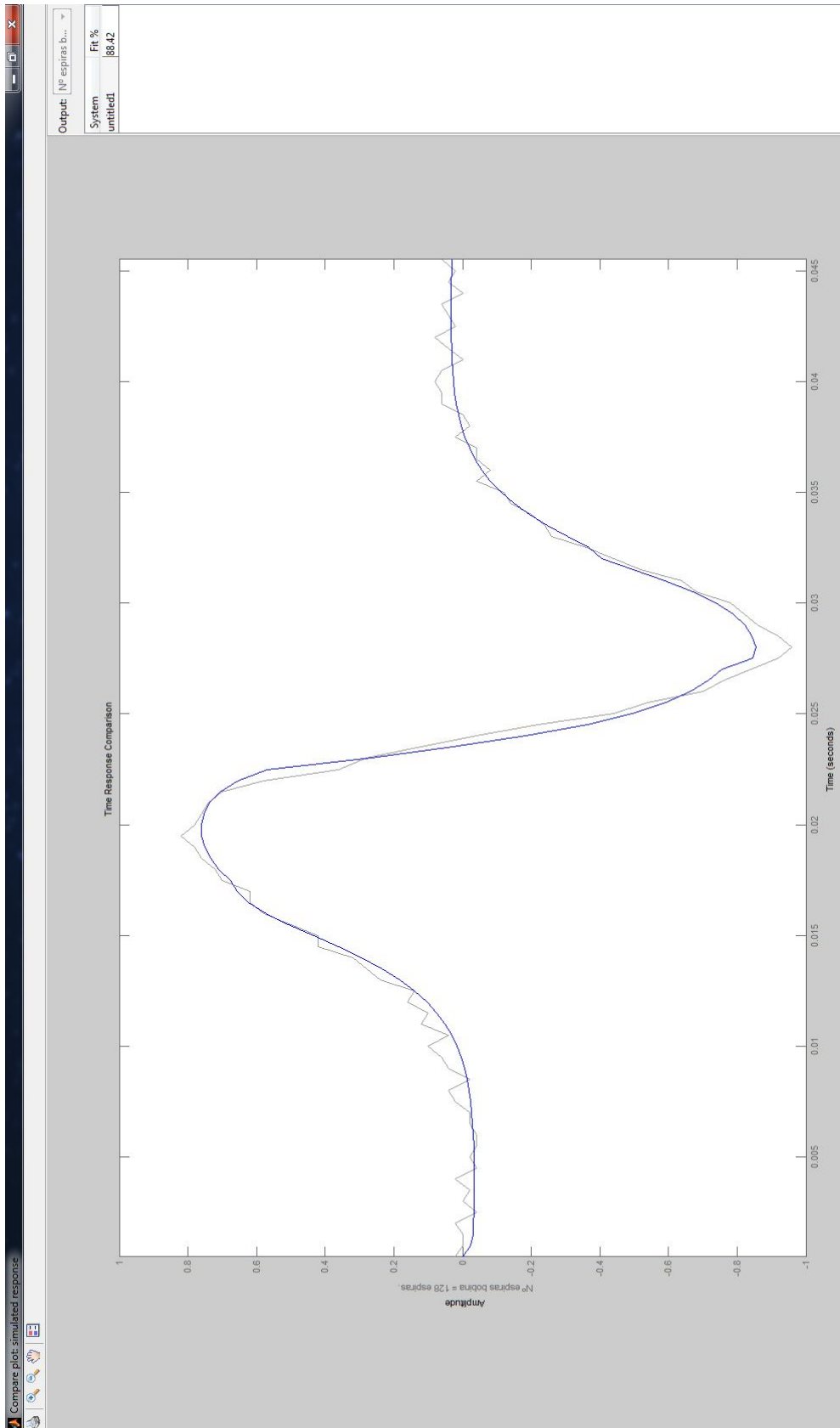
C

D

D

E

E



	<i>Fecha</i>	<i>Nombre</i>	<i>Firma:</i>
<i>Dibujado</i>	20/06/2015	Víctor Muñoz Forcano	
<i>Comprobado</i>			
<i>Escala</i>	<i>Título</i>	Gráficos 8.2. Error y ajuste de vectores de onda de carga del detalle del prototipo.	



Escuela de Ingeniería y Arquitectura
Universidad Zaragoza

Nº Alumno 525000
Curso
Plano Nº 2.1.8.2

1

2

3

A4

F

F

1

2

3

4

A

A

B

B

C

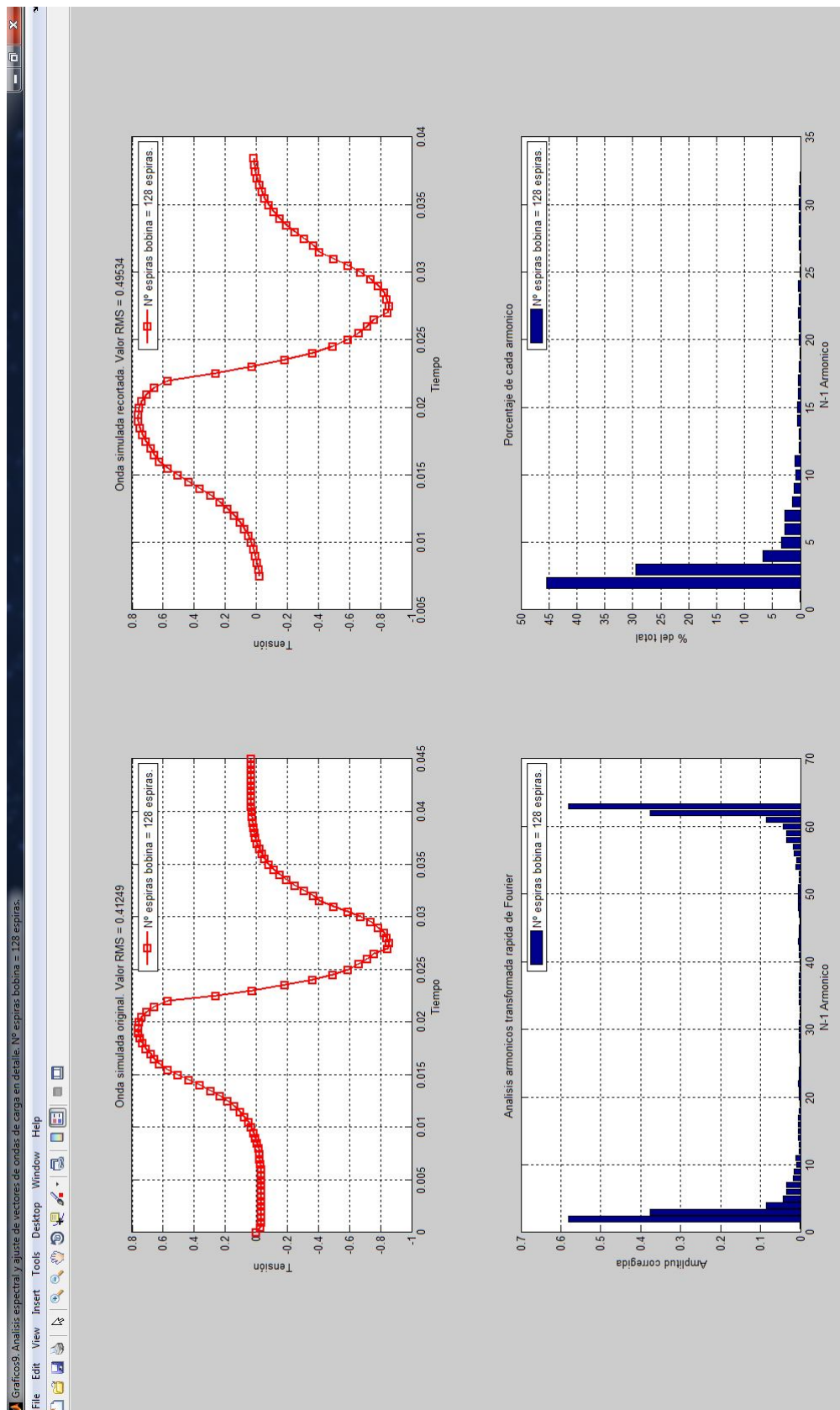
C


D

D

E

E



	<i>Fecha</i>	<i>Nombre</i>	<i>Firma:</i>	 Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza
<i>Dibujado</i>	20/06/2015	Victor Muñoz Forcano		
<i>Comprobado</i>				
<i>Escala</i>	<i>Título</i>	Gráficos 9.1. Análisis espectral y ajuste de vectores de ondas de carga del detalle del prototipo.		<i>Nº Alumno</i> 525000 <i>Curso</i> <i>Plano Nº</i> 2.1.9.1

1

2

3

A4

F

1

2

3

4

A

A

B

B

C

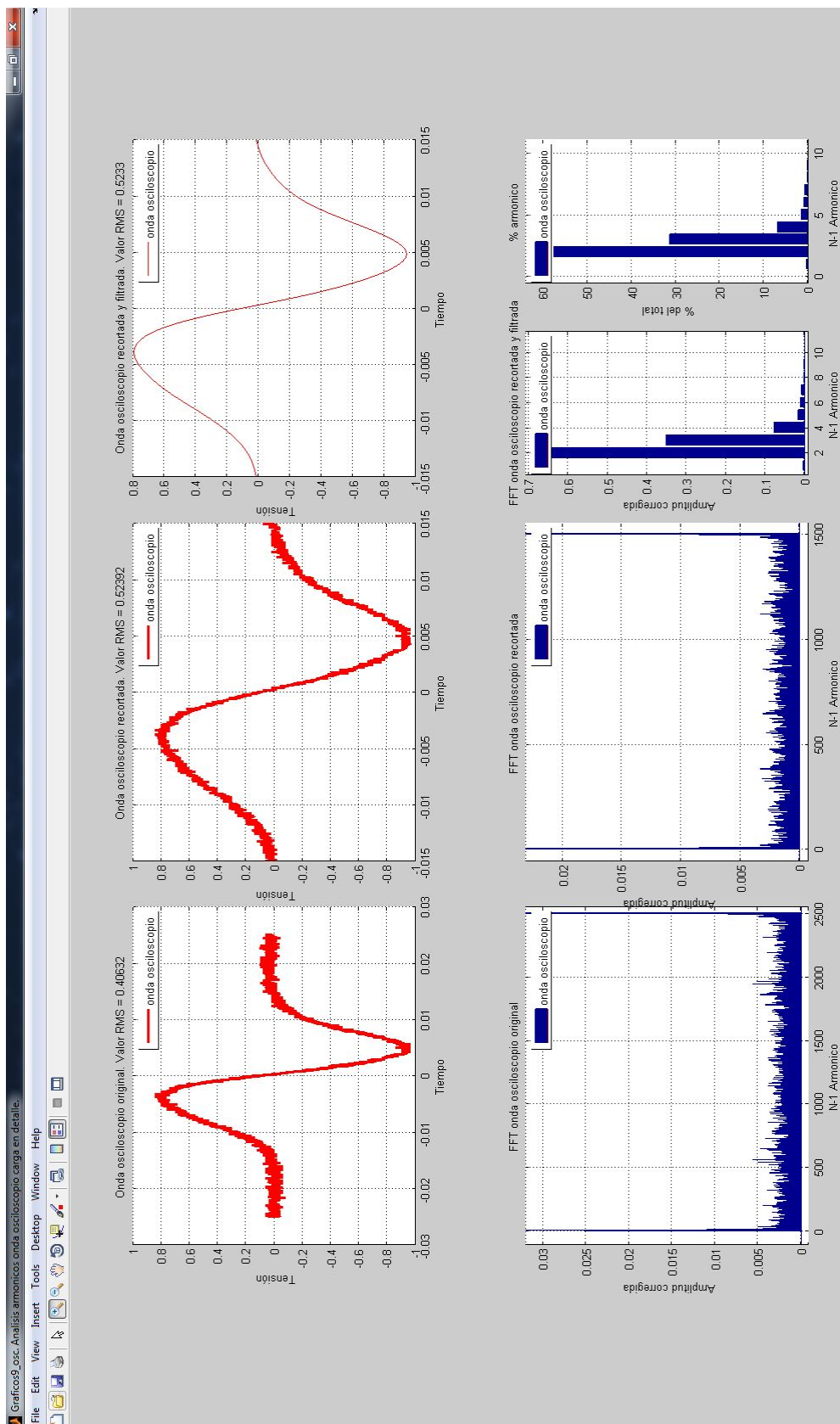
C


D

D

E

E



	<i>Fecha</i>	<i>Nombre</i>	<i>Firma:</i>	 Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza
<i>Dibujado</i>	20/06/2015	Víctor Muñoz Forcano		
<i>Comprobado</i>				
<i>F</i> <i>Escala</i>	<i>Título</i>	Gráficos 9.2. Análisis espectral y ajuste de vectores de ondas de carga del detalle del prototipo.		<i>Nº Alumno</i> 525000
				<i>Curso</i>
				<i>Plano Nº</i> 2.1.9.2

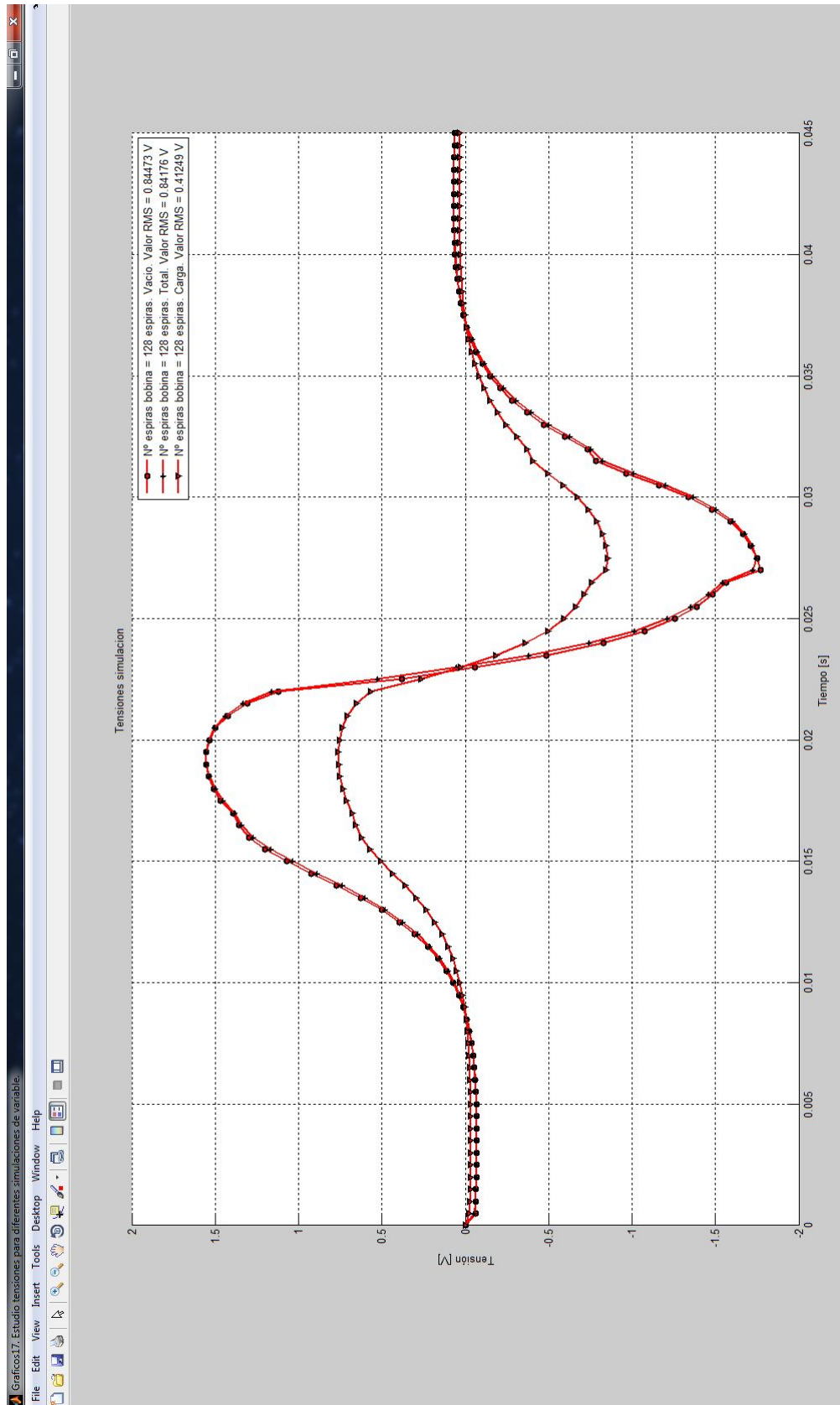
1

2

3

A4

F



	<i>Fecha</i>	<i>Nombre</i>	<i>Firma:</i>
<i>Dibujado</i>	20/06/2015	Victor Muñoz Forcano	
<i>Comprobado</i>			
<i>Escala</i>	<i>Título</i>	Gráficos 17. Estudio tensiones para diferentes simulaciones de misma variable del detalle del prototipo.	



Escuela de Ingeniería y Arquitectura
Universidad Zaragoza

Nº Alumno 525000
Curso
Plano Nº 2.1.10

ANEXO 2.2: Periodo.

1

2

3

4

A

A

B

B

C

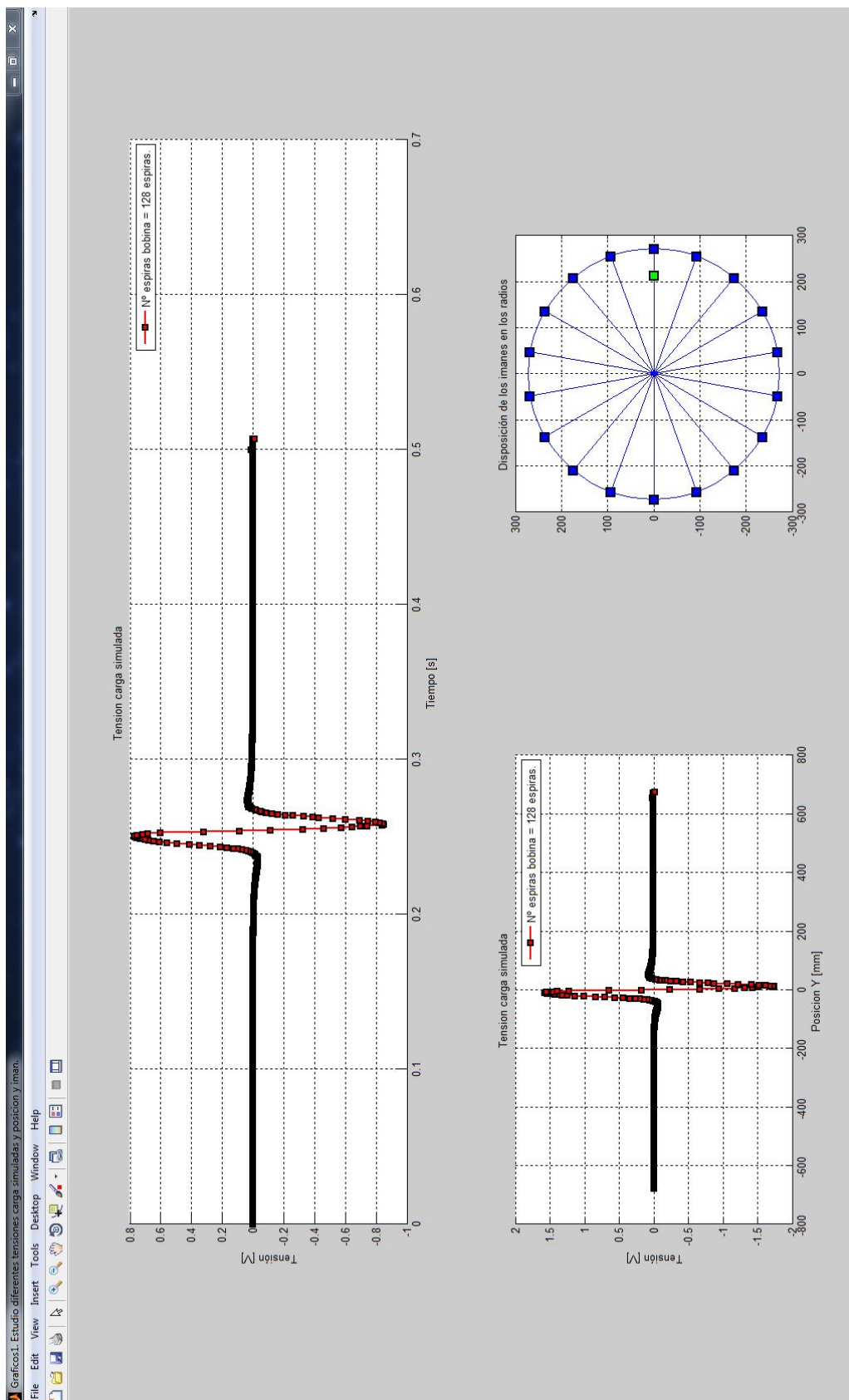
C


D

D

E

E



	<i>Fecha</i>	<i>Nombre</i>	<i>Firma:</i>	 Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza
<i>Dibujado</i>	20/06/2015	Victor Muñoz Forcano		
<i>Comprobado</i>				
<i>F</i> <i>Escala</i>	<i>Título</i>	Gráficos 1. Estudio de las diferentes tensiones de la carga simuladas y posición Y del imán del periodo del prototipo.		<i>Nº Alumno</i> 525000
				<i>Curso</i>
				<i>Plano Nº</i> 2.2.1

1

2

3

A4

F

1

2

3

4

A

A

B

B

C

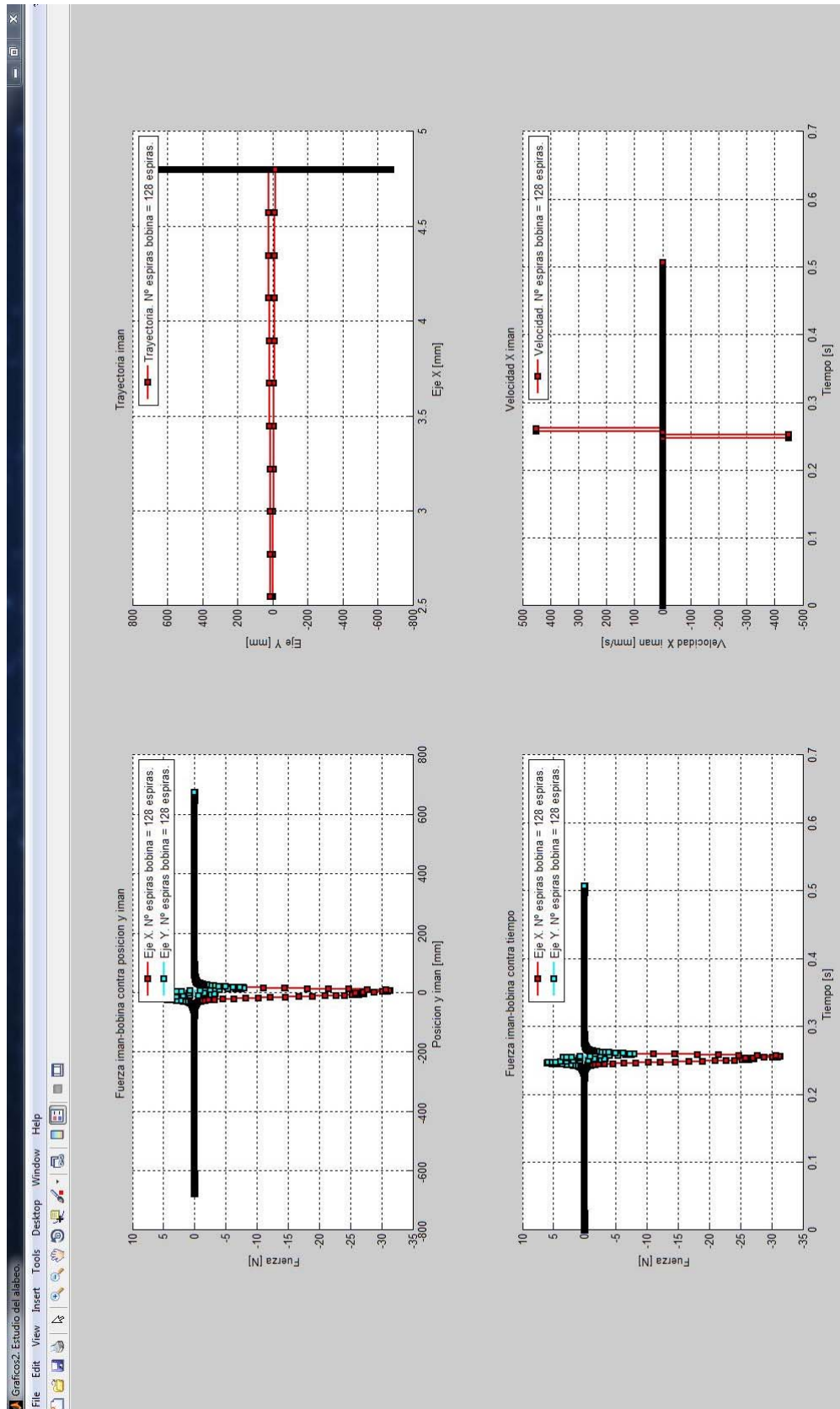
C

D

D

E

E



Gráficos2. Estudio del alabeo.

File Edit View Insert Tools Desktop Window Help

File Edit View Insert Tools Desktop Window Help

File Edit View Insert Tools Desktop Window Help

File Edit View Insert Tools Desktop Window Help

File Edit View Insert Tools Desktop Window Help

File Edit View Insert Tools Desktop Window Help

File Edit View Insert Tools Desktop Window Help

File Edit View Insert Tools Desktop Window Help

File Edit View Insert Tools Desktop Window Help

File Edit View Insert Tools Desktop Window Help

File Edit View Insert Tools Desktop Window Help

File Edit View Insert Tools Desktop Window Help

File Edit View Insert Tools Desktop Window Help

File Edit View Insert Tools Desktop Window Help

File Edit View Insert Tools Desktop Window Help

File Edit View Insert Tools Desktop Window Help

File Edit View Insert Tools Desktop Window Help

File Edit View Insert Tools Desktop Window Help

File Edit View Insert Tools Desktop Window Help

File Edit View Insert Tools Desktop Window Help

File Edit View Insert Tools Desktop Window Help

File Edit View Insert Tools Desktop Window Help

File Edit View Insert Tools Desktop Window Help

File Edit View Insert Tools Desktop Window Help

File Edit View Insert Tools Desktop Window Help

File Edit View Insert Tools Desktop Window Help

File Edit View Insert Tools Desktop Window Help

File Edit View Insert Tools Desktop Window Help

File Edit View Insert Tools Desktop Window Help

File Edit View Insert Tools Desktop Window Help

File Edit View Insert Tools Desktop Window Help

File Edit View Insert Tools Desktop Window Help

File Edit View Insert Tools Desktop Window Help

File Edit View Insert Tools Desktop Window Help

File Edit View Insert Tools Desktop Window Help

File Edit View Insert Tools Desktop Window Help

File Edit View Insert Tools Desktop Window Help

File Edit View Insert Tools Desktop Window Help

File Edit View Insert Tools Desktop Window Help

File Edit View Insert Tools Desktop Window Help

File Edit View Insert Tools Desktop Window Help

File Edit View Insert Tools Desktop Window Help

File Edit View Insert Tools Desktop Window Help

File Edit View Insert Tools Desktop Window Help

File Edit View Insert Tools Desktop Window Help

File Edit View Insert Tools Desktop Window Help

File Edit View Insert Tools Desktop Window Help

File Edit View Insert Tools Desktop Window Help

File Edit View Insert Tools Desktop Window Help


File Edit View Insert Tools Desktop Window Help

File Edit View Insert Tools Desktop Window Help

File Edit View Insert Tools Desktop Window Help

File Edit View Insert Tools Desktop Window Help

File Edit View Insert Tools Desktop Window Help

	<i>Fecha</i>	<i>Nombre</i>	<i>Firma:</i>	 Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza
<i>Dibujado</i>	20/06/2015	Victor Muñoz Forcano		
<i>Comprobado</i>				
<i>F</i> <i>Escala</i>	<i>Título</i>	Gráficos 2. Estudio del alabeo durante el periodo del prototipo.		<i>Nº Alumno</i> 525000
				<i>Curso</i>
				<i>Plano Nº</i> 2.2.2

1

2

3

A4

F

1

2

3

4

A

A

B

B

C

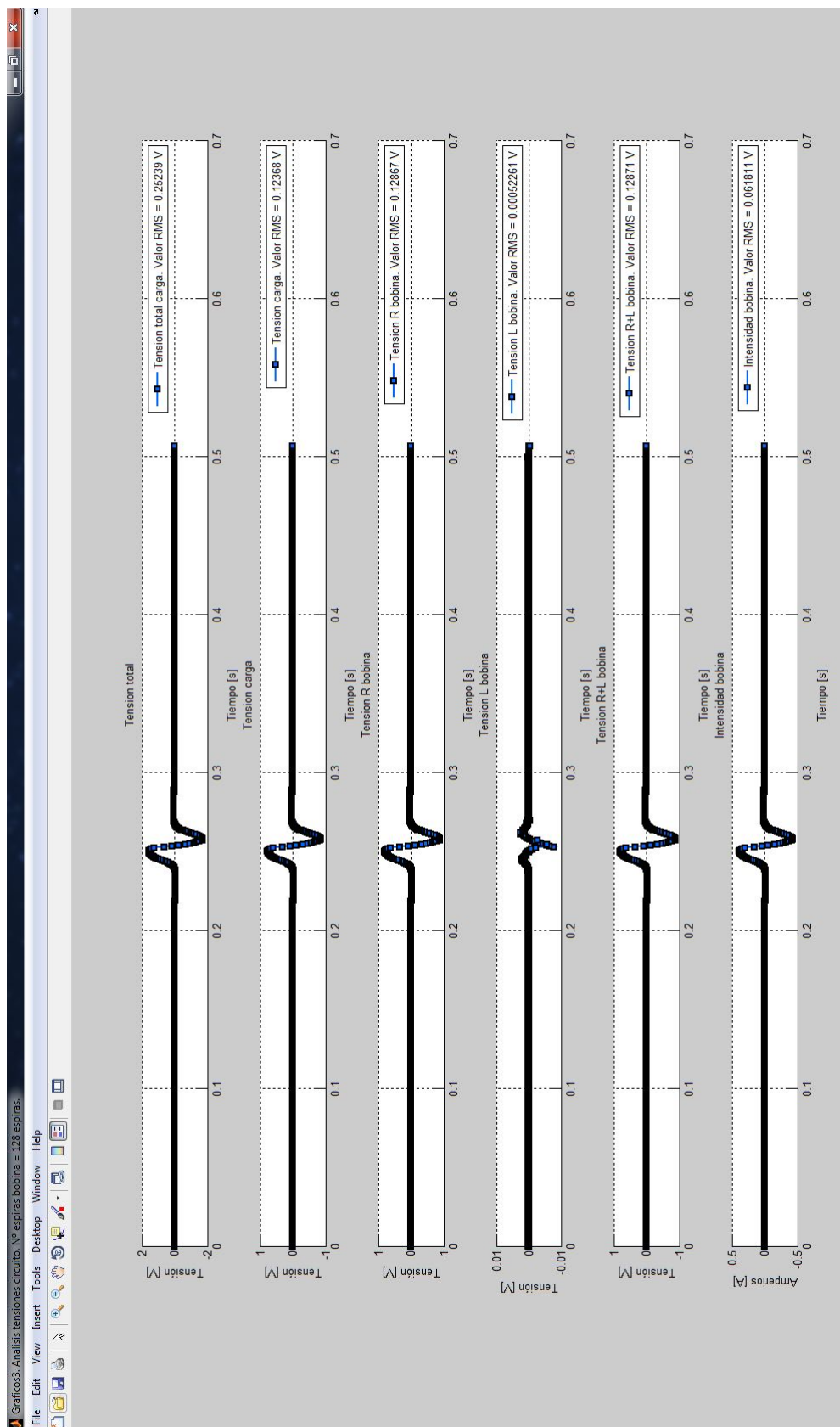
C

D

D


E

E



F

F

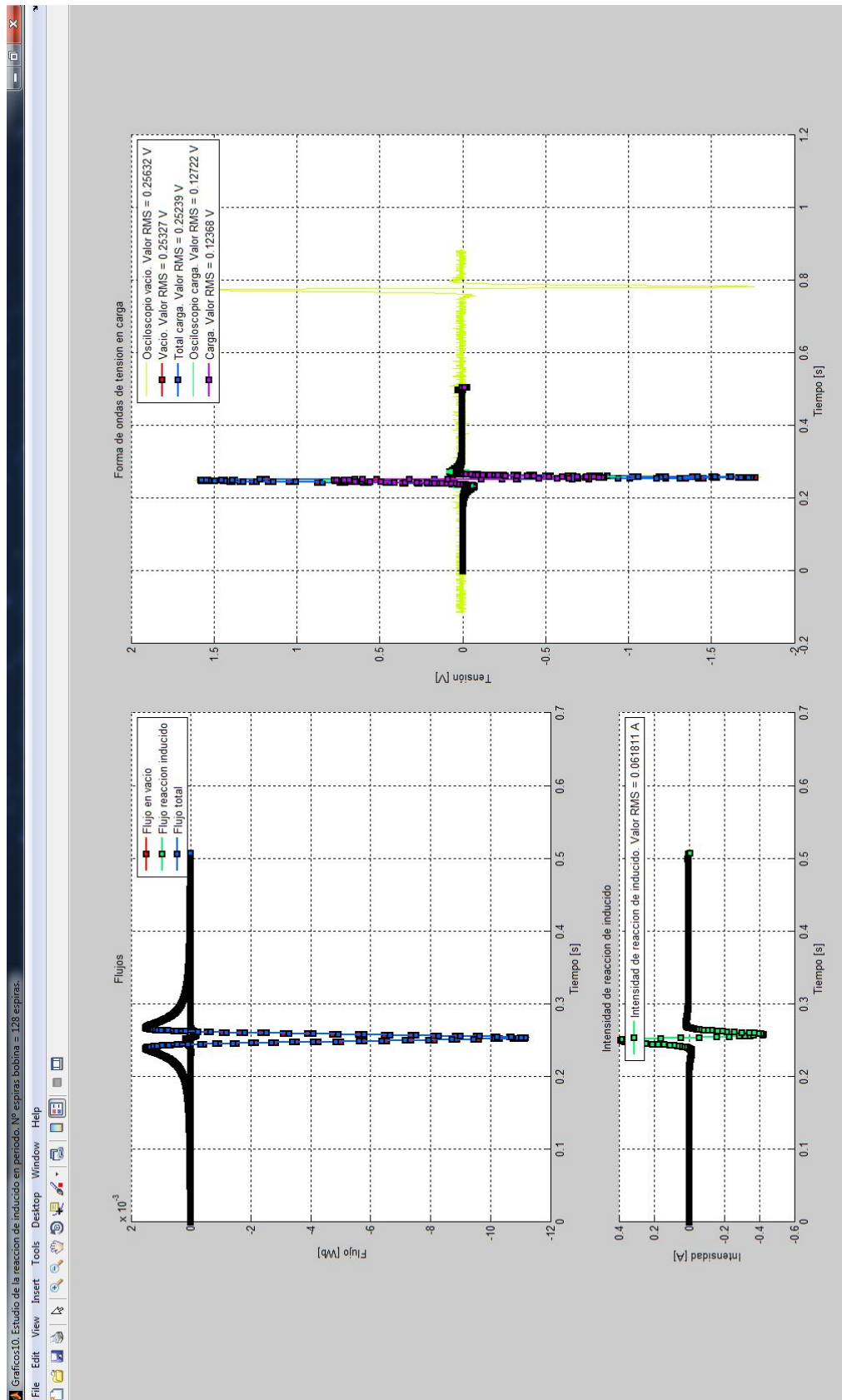
	<i>Fecha</i>	<i>Nombre</i>	<i>Firma:</i>	 Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza
<i>Dibujado</i>	20/06/2015	Victor Muñoz Forcano		
<i>Comprobado</i>				
<i>Escala</i>	<i>Título</i>	Gráficos 3. Estudio de las tensiones del circuito del periodo del prototipo.		<i>Nº Alumno</i> 525000
				<i>Curso</i>
				<i>Plano Nº</i> 2.2.3

1

2

3

A4

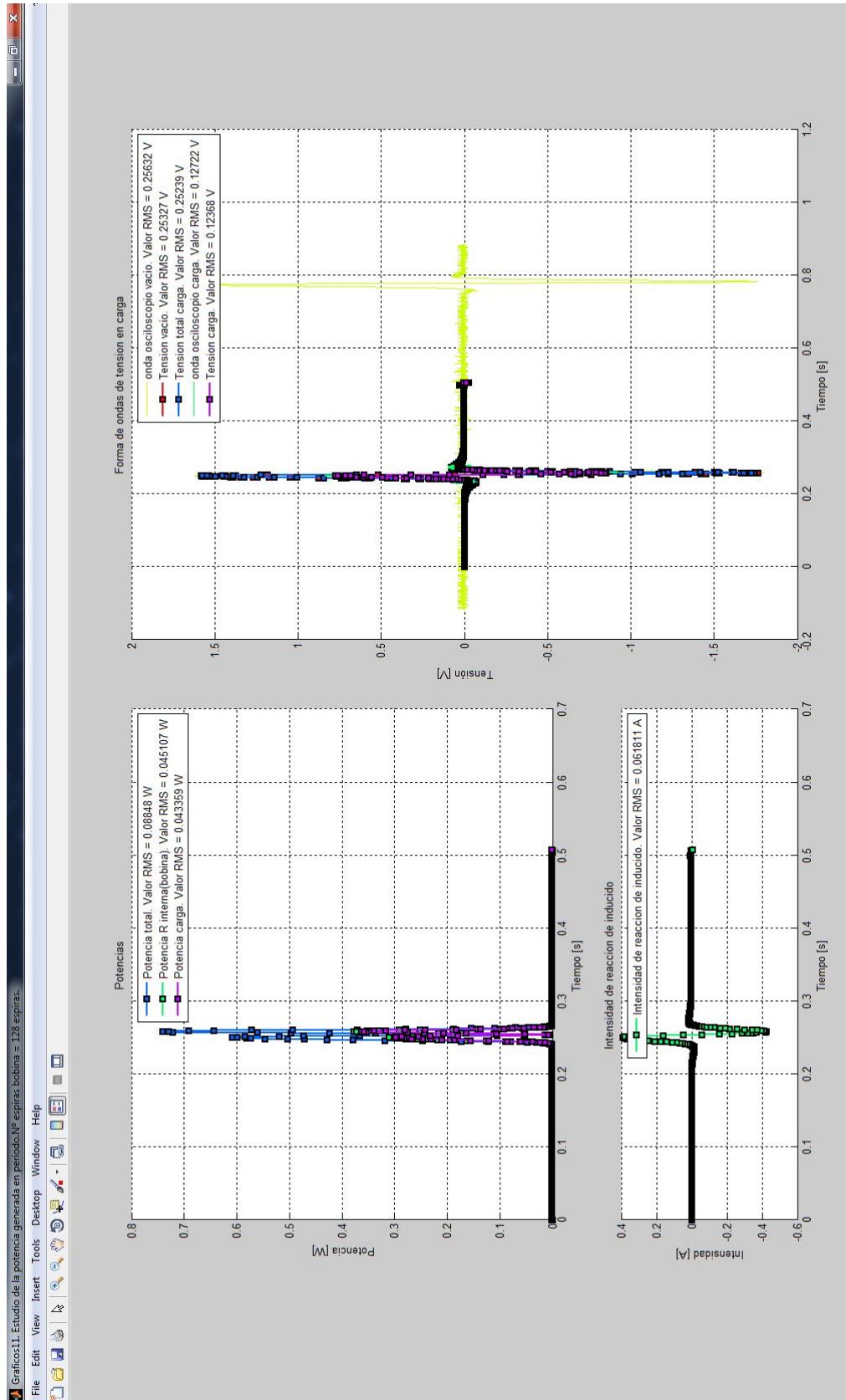


Gráficos10. Estudio de la reacción de inducido en periodo. Nº espiras bobina = 128 espiras.

	Fecha	Nombre	Firma:
Dibujado	20/06/2015	Victor Muñoz Forcano	
Comprobado			
Escala	Título Gráficos 10. Estudio de la reacción del inducido del periodo del prototipo.		



Nº Alumno	525000
Curso	
Plano Nº	2.2.4



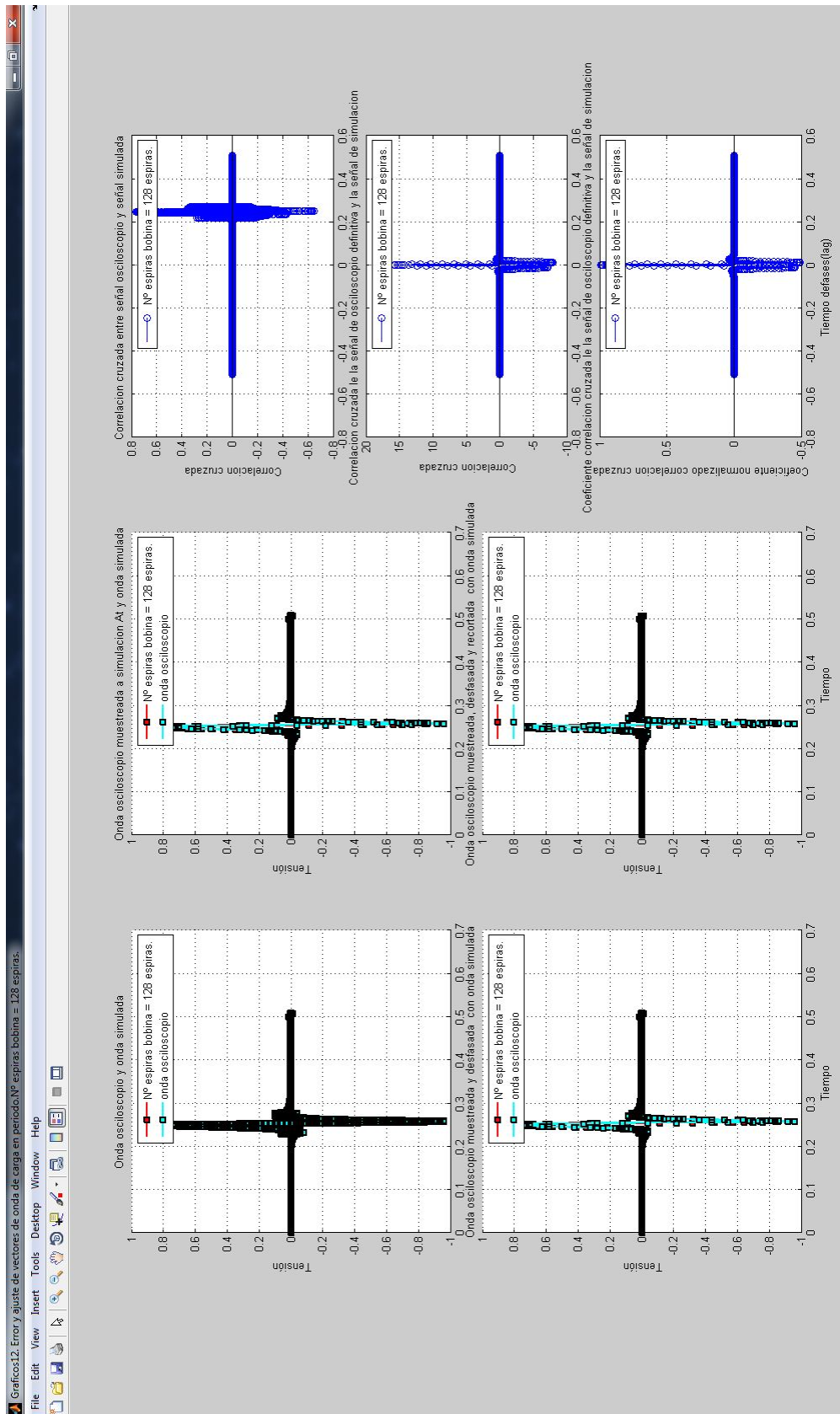
Gráficos11. Estudio de la potencia generada en periodo. Nº espiras bobina = 128 espiras.

	Fecha	Nombre	Firma:
Dibujado	20/06/2015	Victor Muñoz Forcano	
Comprobado			
Escala	Título Gráficos11. Estudio de la potencia generada del periodo del prototipo.		



Escuela de Ingeniería y Arquitectura
Universidad Zaragoza

Nº Alumno 525000
Curso
Plano Nº 2.2.5



	<i>Fecha</i>	<i>Nombre</i>	<i>Firma:</i>		
<i>Dibujado</i>	20/06/2015	Víctor Muñoz Forcano			
<i>Comprobado</i>					
<i>F</i> <i>Escala</i>	<i>Título</i>	Gráficos 12.1. Error y ajuste de los vectores de onda de la carga del periodo del prototipo.			
				<i>Nº Alumno</i>	525000
				<i>Curso</i>	
		<i>Plano Nº</i>	2.2.6.1		



Escuela de Ingeniería y Arquitectura
Universidad Zaragoza

1

2

3

4

A

A

B

B

C

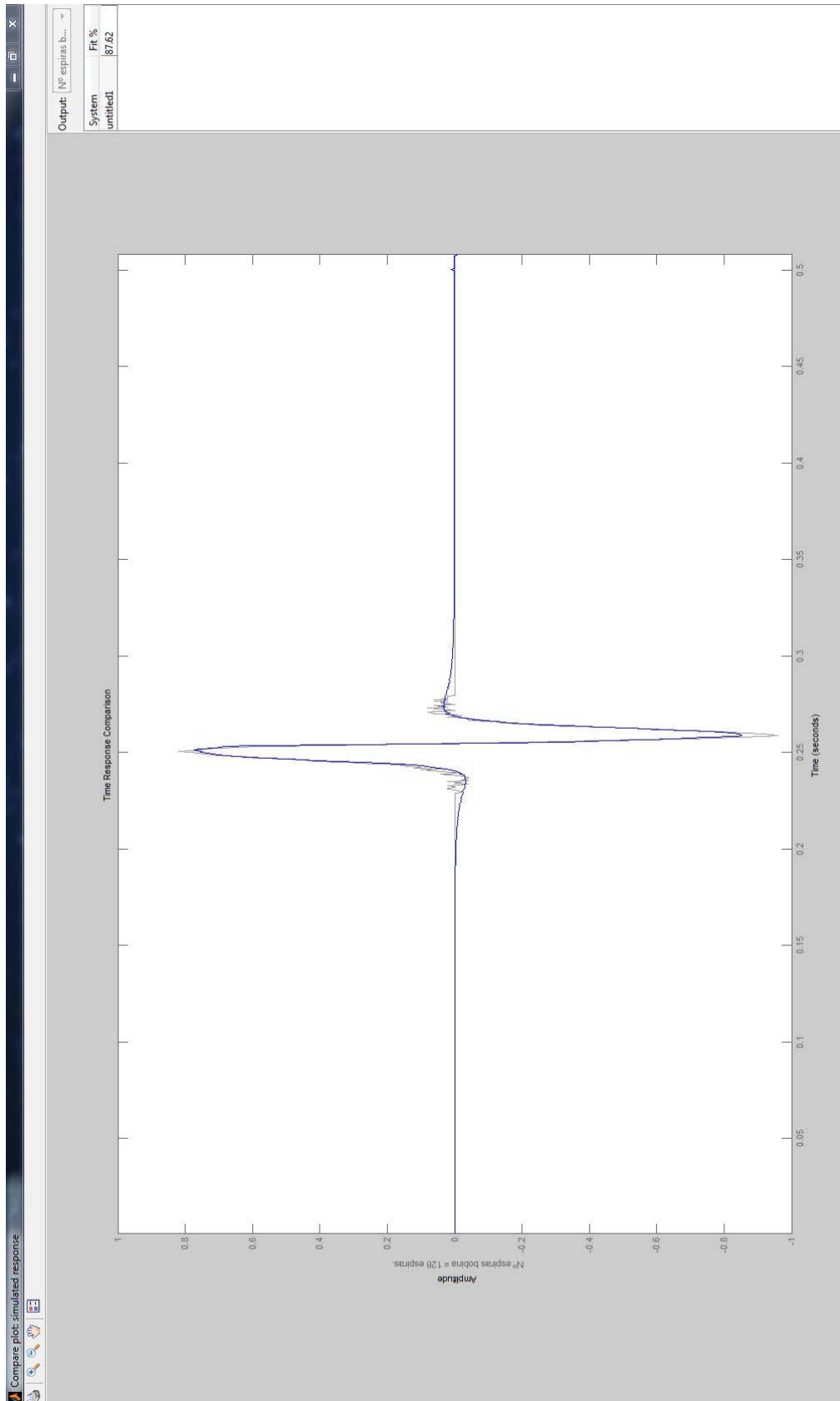
C


D

D

E

E



	<i>Fecha</i>	<i>Nombre</i>	<i>Firma:</i>	 Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza
<i>Dibujado</i>	20/06/2015	Victor Muñoz Forcano		
<i>Comprobado</i>				
<i>F</i> <i>Escala</i>	<i>Título</i>	Gráficos 12. Error y ajuste de los vectores de onda de la carga del periodo del prototipo.		<i>Nº Alumno</i> 525000
				<i>Curso</i>
				<i>Plano Nº</i> 2.2.6.2

1

2

3

A4

F

1

2

3

4

A

A

B

B

C

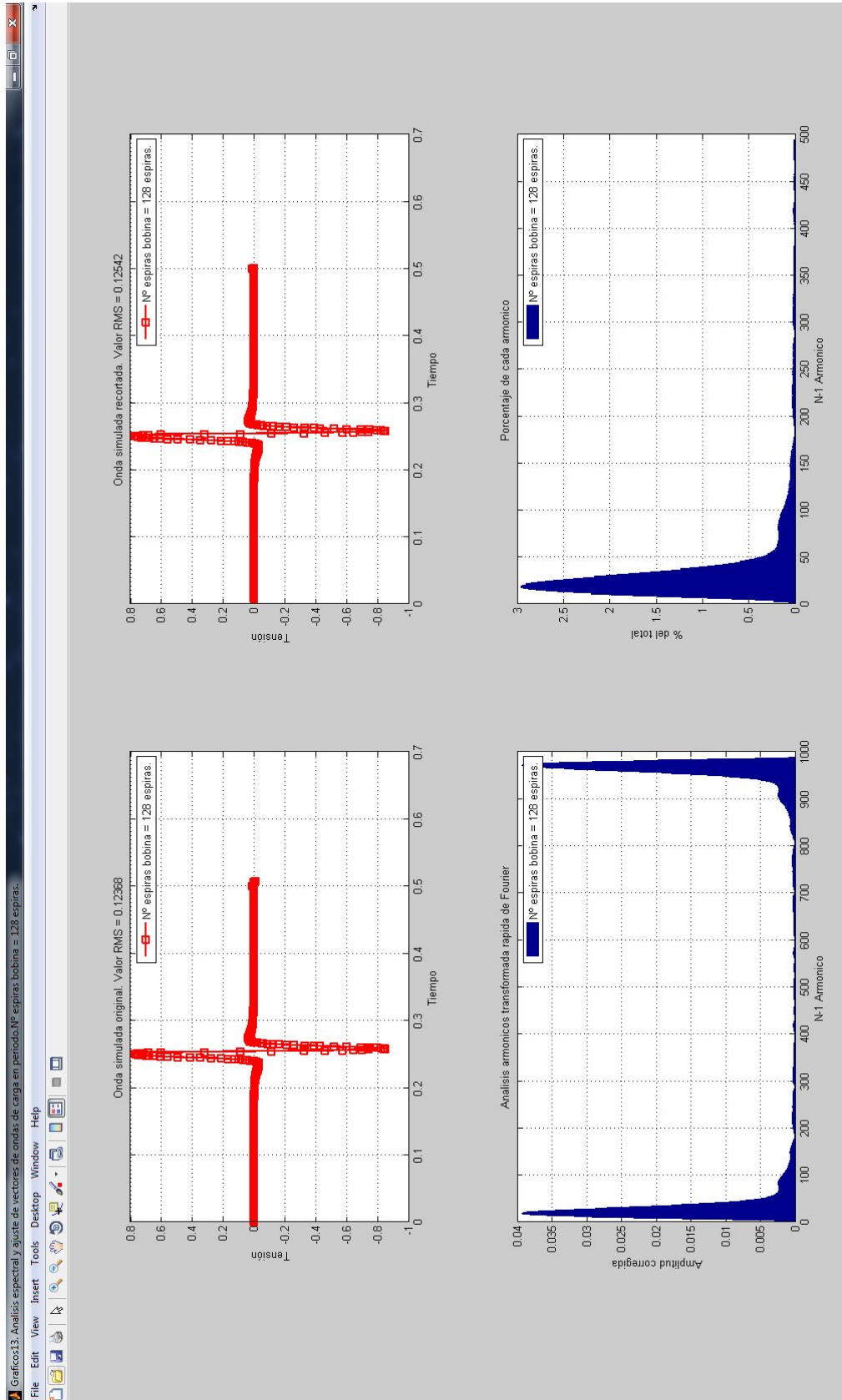
C

D

D


E

E



Gráficos13. Análisis espectral y ajuste de vectores de ondas de carga en periodo. Nº espiras bobina = 128 espiras.

File Edit View Insert Tools Desktop Window Help

	<i>Fecha</i>	<i>Nombre</i>	<i>Firma:</i>	 Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza
<i>Dibujado</i>	20/06/2015	Victor Muñoz Forcano		
<i>Comprobado</i>				
<i>Escala</i>	<i>Título</i>	Gráficos 13.1. Análisis espectral y ajuste de vectores de las ondas de la carga del periodo del prototipo simulado.		<i>Nº Alumno</i> 525000 <i>Curso</i> <i>Plano Nº</i> 2.2.7.1

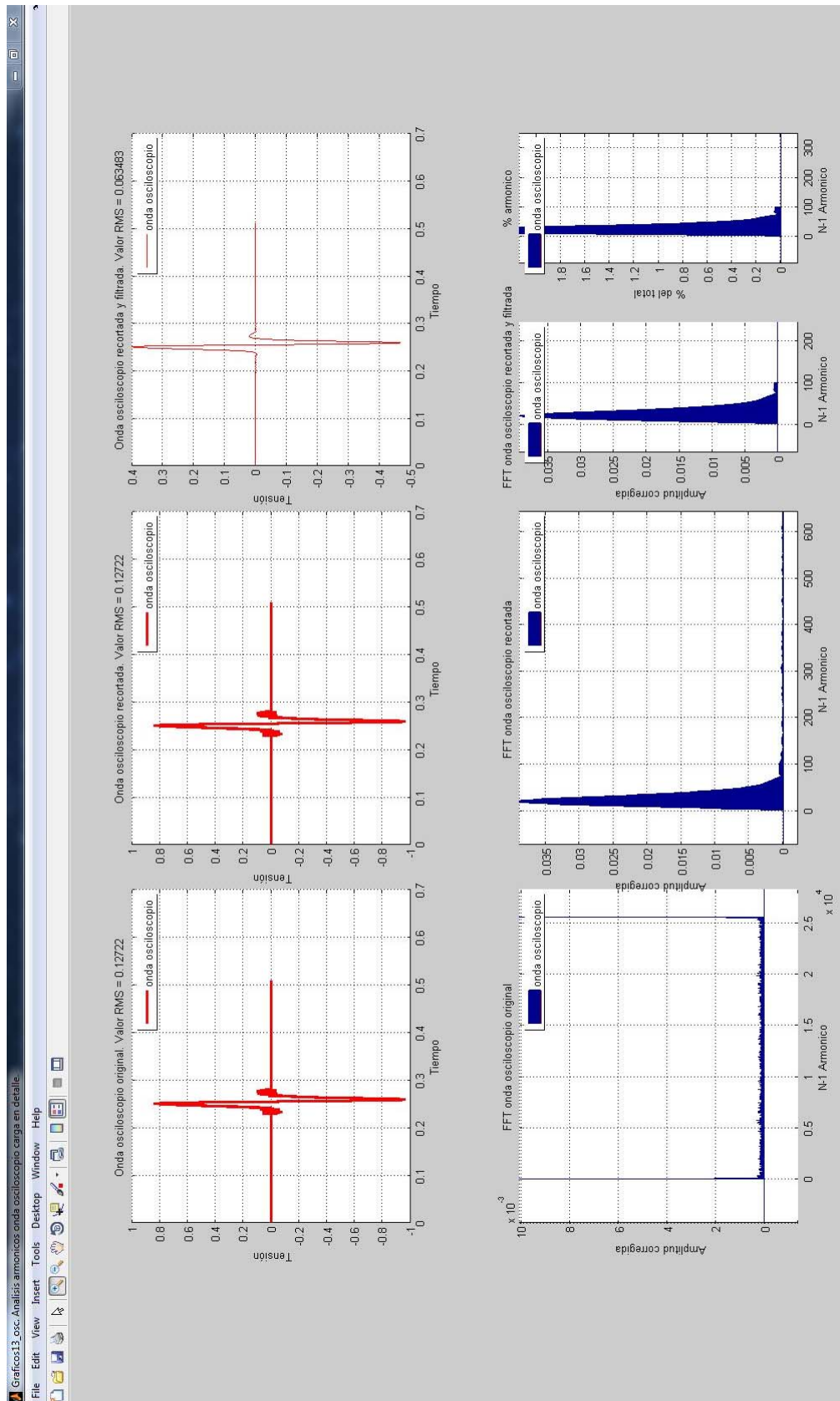
1

2

3

A4

F



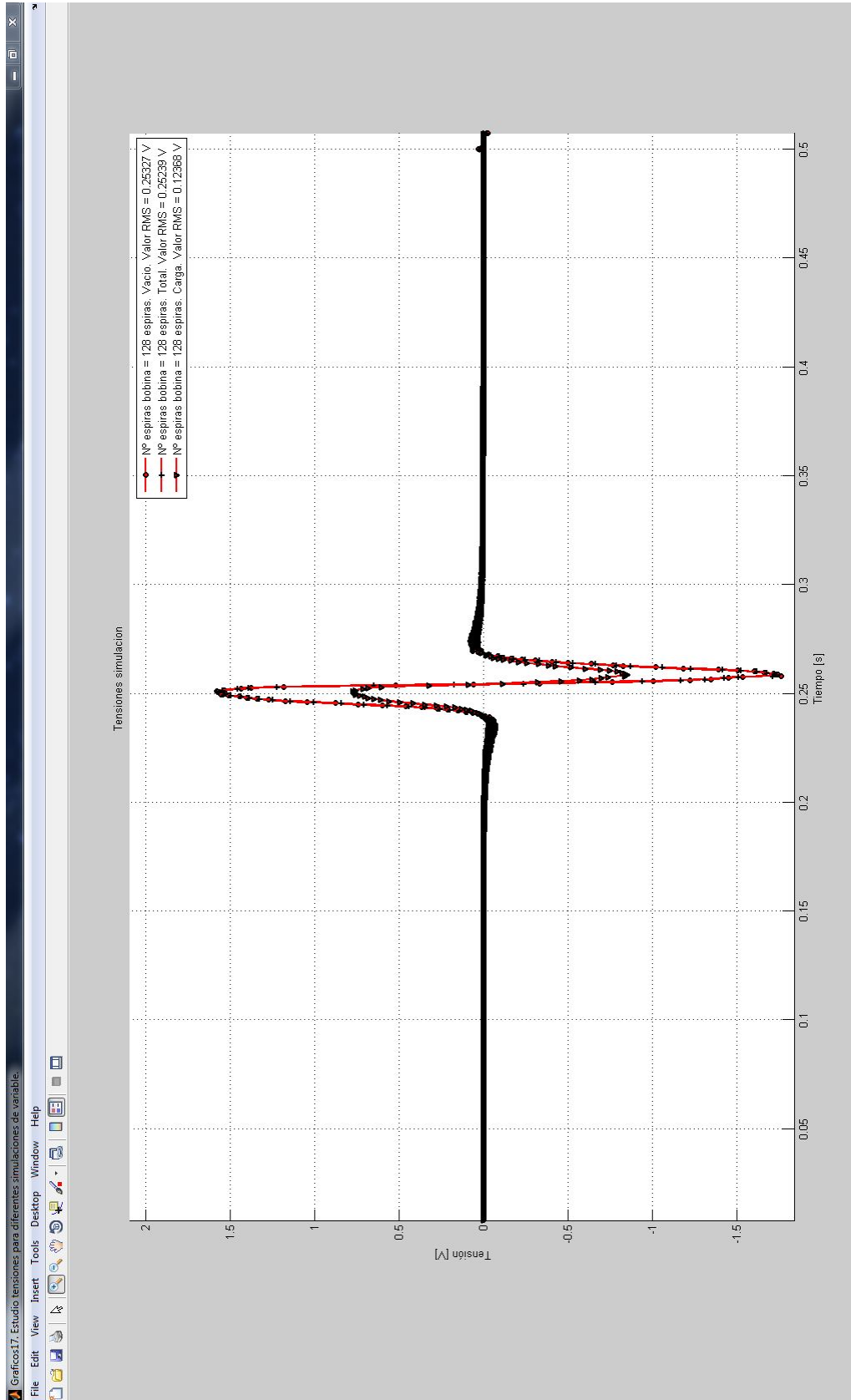
	<i>Fecha</i>	<i>Nombre</i>	<i>Firma:</i>
<i>Dibujado</i>	20/06/2015	Victor Muñoz Forcano	
<i>Comprobado</i>			




Escuela de Ingeniería y Arquitectura
Universidad Zaragoza

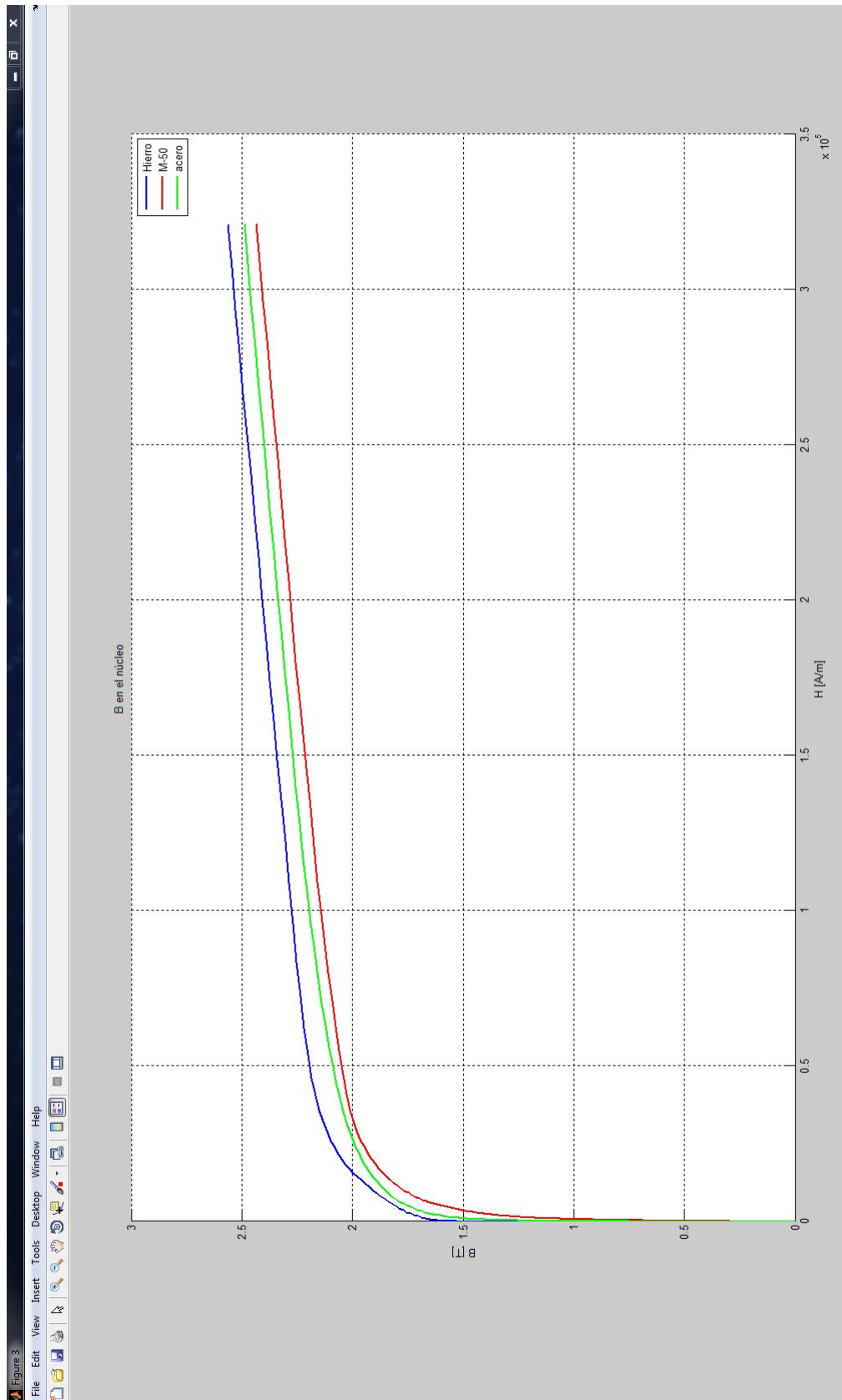
<i>F</i>	<i>Escala</i>	<i>Título</i>	Gráficos 7.2. Análisis espectral y ajuste de vectores de ondas de carga del periodo del osciloscopio para el prototipo.
----------	---------------	---------------	---


<i>Nº Alumno</i>	525000
<i>Curso</i>	
<i>Plano Nº</i>	2.2.7.2



	<i>Fecha</i>	<i>Nombre</i>	<i>Firma:</i>	 Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza
<i>Dibujado</i>	20/06/2015	Victor Muñoz Forcano		
<i>Comprobado</i>				
<i>F</i>	<i>Escala</i>	<i>Título</i>	Gráficos 17. Estudio de las tensiones para diferentes simulaciones de la misma variable del periodo del prototipo.	
			<i>Nº Alumno</i>	525000
			<i>Curso</i>	
			<i>Plano Nº</i>	2.2.8

ANEXO 2.3: Núcleo.



	<i>Fecha</i>	<i>Nombre</i>	<i>Firma:</i>	 Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza
<i>Dibujado</i>	20/06/2015	Victor Muñoz Forcano		
<i>Comprobado</i>				
<i>F</i> <i>Escala</i>	<i>Título</i>	Curvas B-H para los diferentes núcleos.		<i>Nº Alumno</i> 525000
				<i>Curso</i>
				<i>Plano Nº</i> 2.3.1

1

2

3

4

A

A

B

B

C

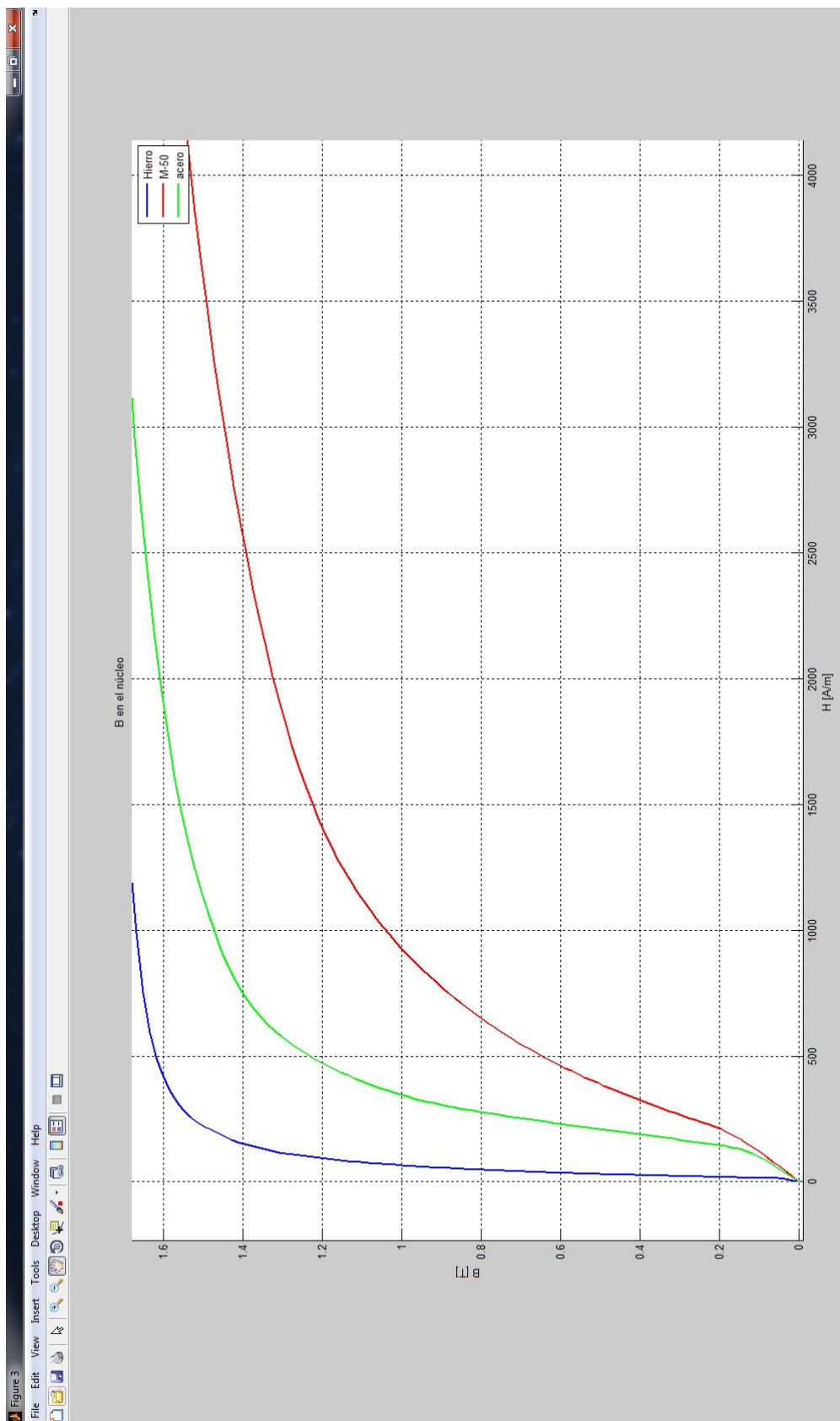
C


D

D

E

E



	<i>Fecha</i>	<i>Nombre</i>	<i>Firma:</i>	 Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza
<i>Dibujado</i>	20/06/2015	Victor Muñoz Forcano		
<i>Comprobado</i>				
<i>F</i> <i>Escala</i>	<i>Título</i>	Curvas B-H para los diferentes núcleos ampliado.		<i>Nº Alumno</i> 525000
				<i>Curso</i>
				<i>Plano Nº</i> 2.3.2

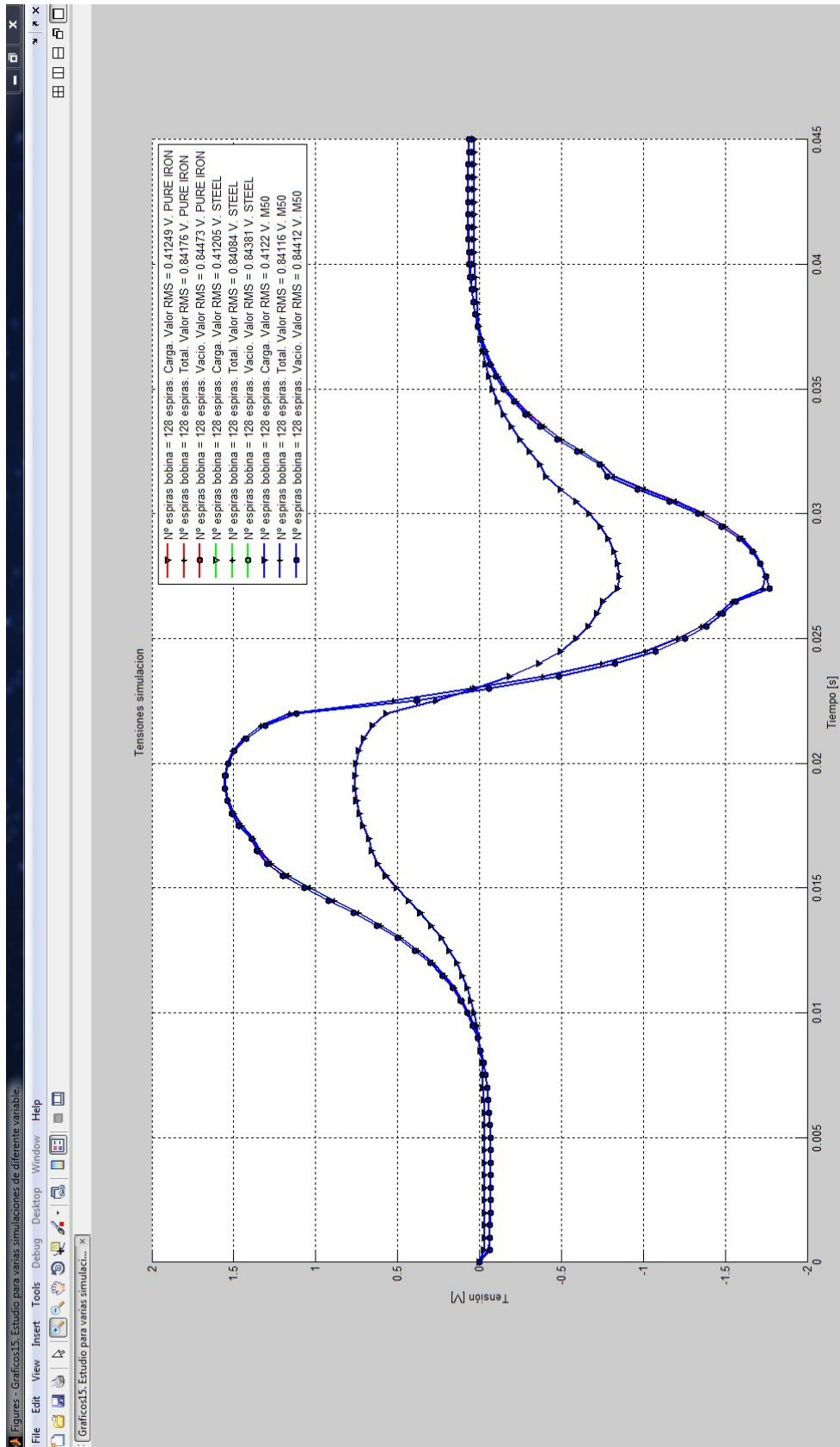
1

2

3

A4

F



	<i>Fecha</i>	<i>Nombre</i>	<i>Firma:</i>
<i>Dibujado</i>	20/06/2015	Victor Muñoz Forcano	
<i>Comprobado</i>			
<i>Escala</i>	<i>Título</i>	Simulación del prototipo para diferentes núcleos.	



Escuela de Ingeniería y Arquitectura
Universidad Zaragoza

<i>Nº Alumno</i>	525000
<i>Curso</i>	
<i>Plano Nº</i>	2.3.3

1

2

3

4

A

A

B

B

C

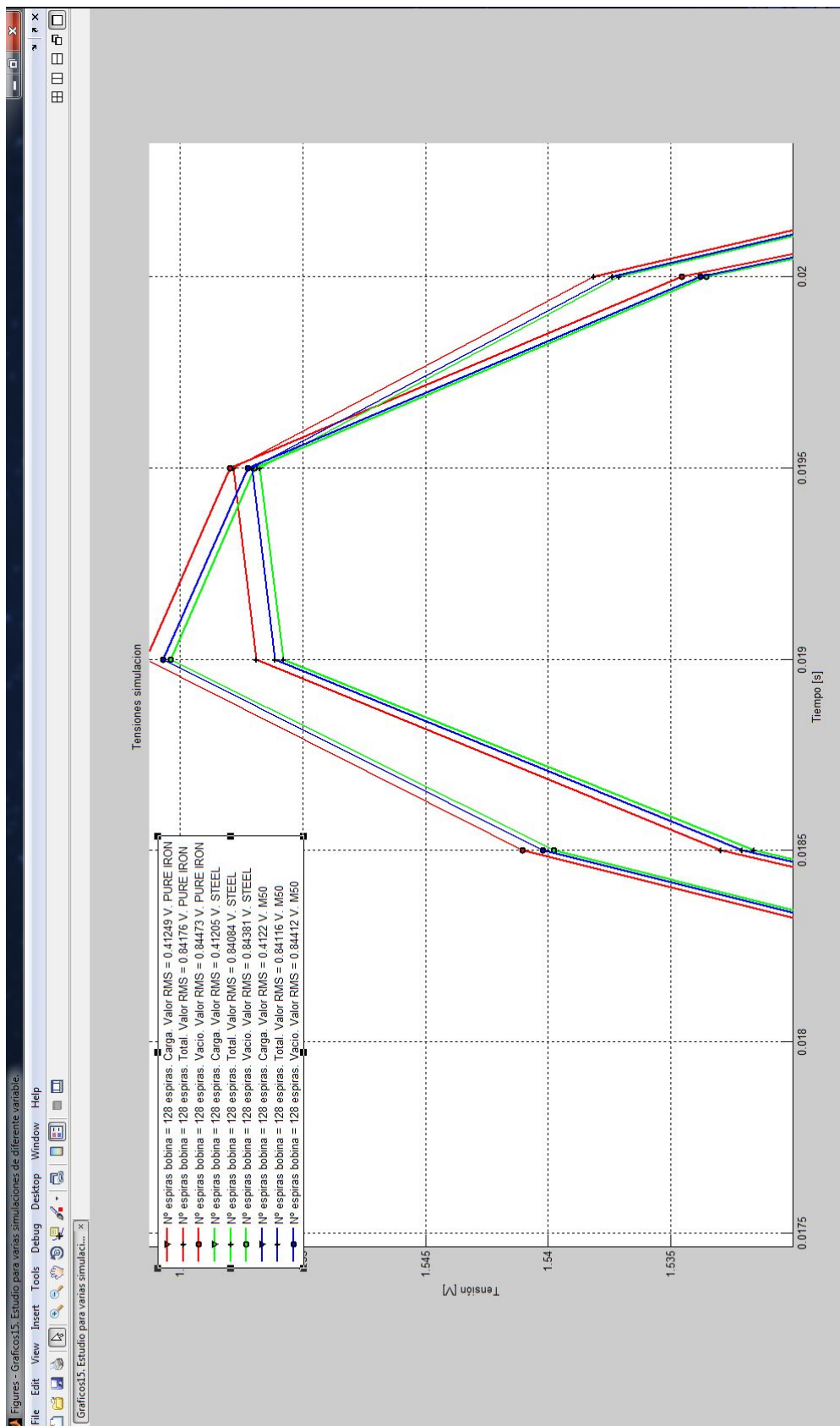
C

D

D

E

E



Figures - Graficos15. Estudio para varias simulaciones de diferente variable.

File Edit View Insert Tools Debug Desktop Window Help

Graficos15. Estudio para varias simulaci.... x

	<i>Fecha</i>	<i>Nombre</i>	<i>Firma:</i>	 Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza
<i>Dibujado</i>	20/06/2015	Víctor Muñoz Forcano		
<i>Comprobado</i>				
<i>F</i> <i>Escala</i>	<i>Título</i>	Simulación del prototipo para diferentes núcleos ampliado.		Nº Alumno 525000
				Curso
				Plano Nº 2.3.4

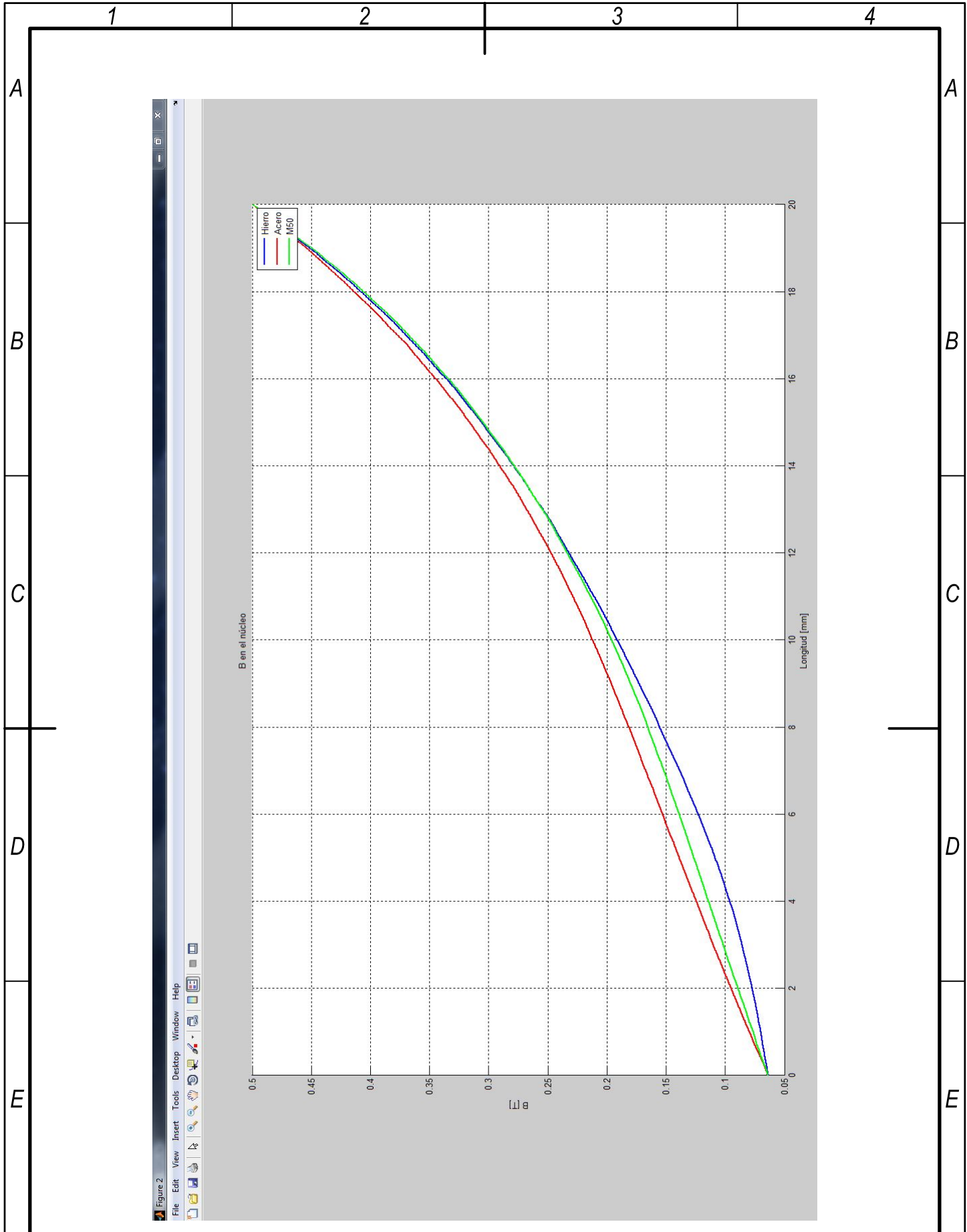
1


2

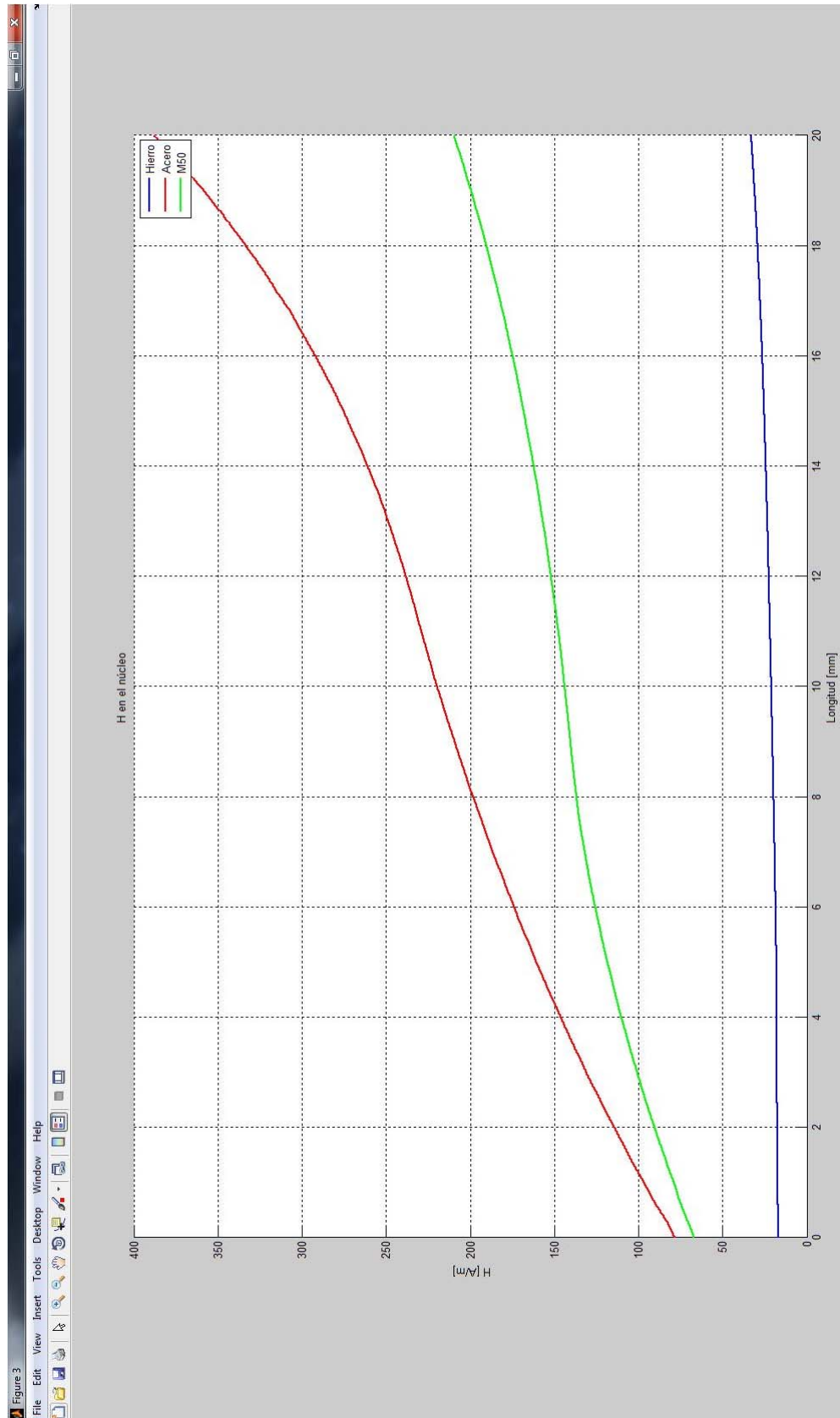
3

A4

F



	<i>Fecha</i>	<i>Nombre</i>	<i>Firma:</i>	 Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza
<i>Dibujado</i>	23/06/2015	Victor Muñoz Forcano		
<i>Comprobado</i>				
<i>F</i> <i>Escala</i>	<i>Título</i>	Valor máximo de B en el interior del núcleo.		<i>Nº Alumno</i> 525000
				<i>Curso</i>
				<i>Plano Nº</i> 2.3.5
1	2	3	A4	

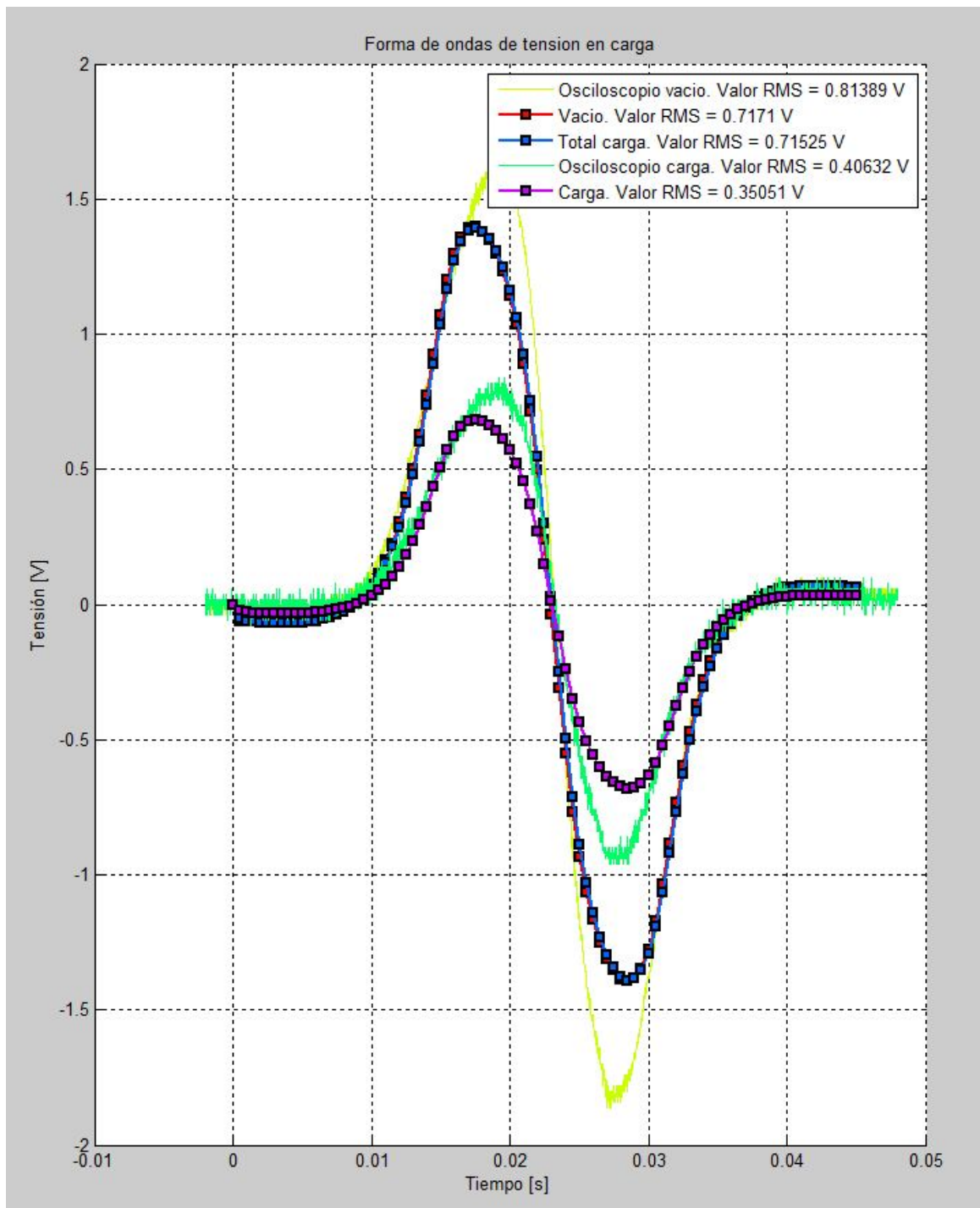


	<i>Fecha</i>	<i>Nombre</i>	<i>Firma:</i>
<i>Dibujado</i>	23/06/2015	Victor Muñoz Forcano	
<i>Comprobado</i>			
<i>Escala</i>	<i>Título</i> Valor máximo de H en el interior del núcleo.		



<i>Nº Alumno</i>	525000
<i>Curso</i>	
<i>Plano Nº</i>	2.3.6

ANEXO 2.4: Alabeo.



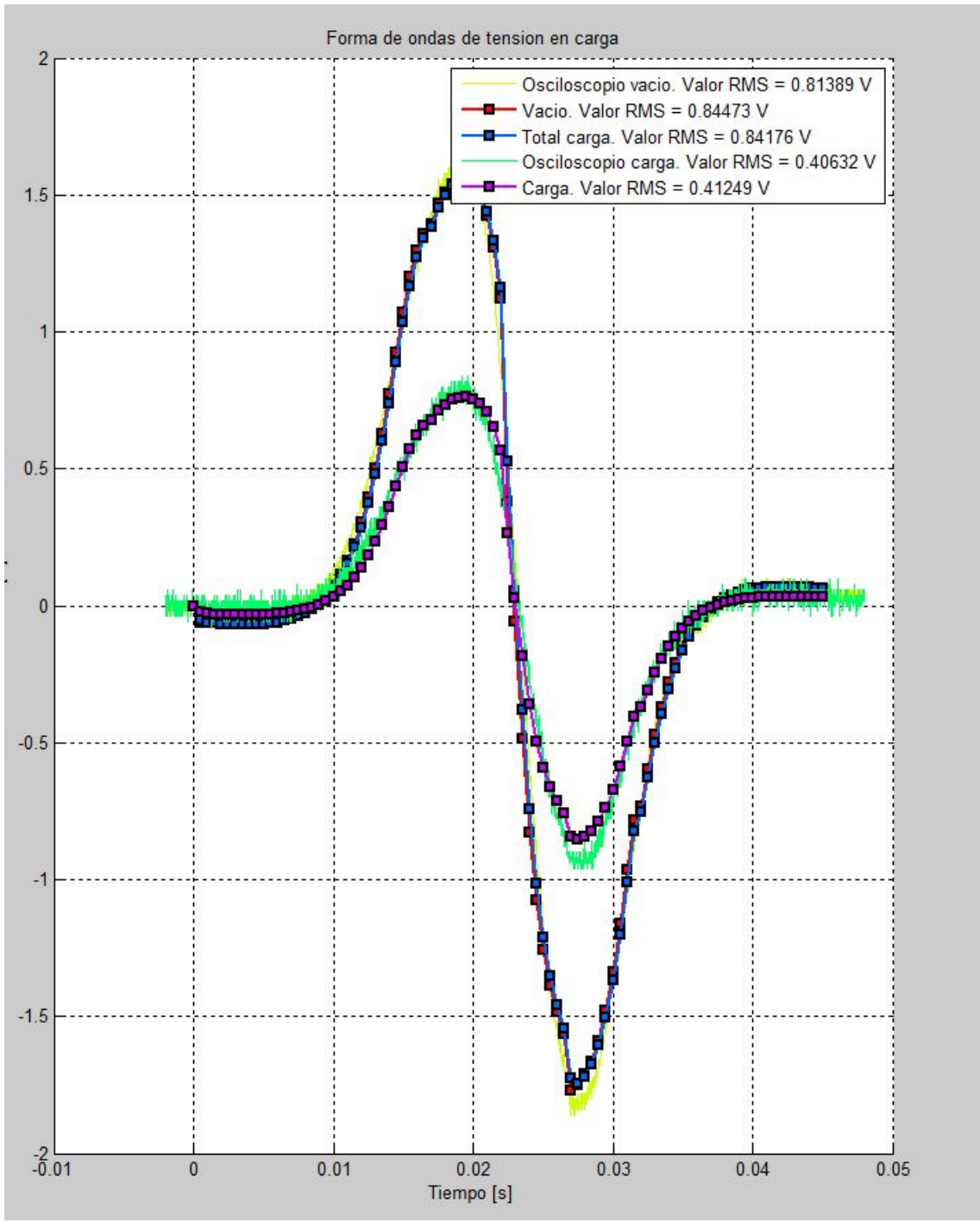
	<i>Fecha</i>	<i>Nombre</i>	<i>Firma:</i>
<i>Dibujado</i>	20/06/2015	Victor Muñoz Forcano	
<i>Comprobado</i>			



Escuela de Ingeniería y Arquitectura
Universidad Zaragoza

<i>Escala</i>	<i>Título</i>	Simulación del prototipo sin alabeo.
---------------	---------------	--------------------------------------

<i>Nº Alumno</i>	525000
<i>Curso</i>	
<i>Plano Nº</i>	2.4.1



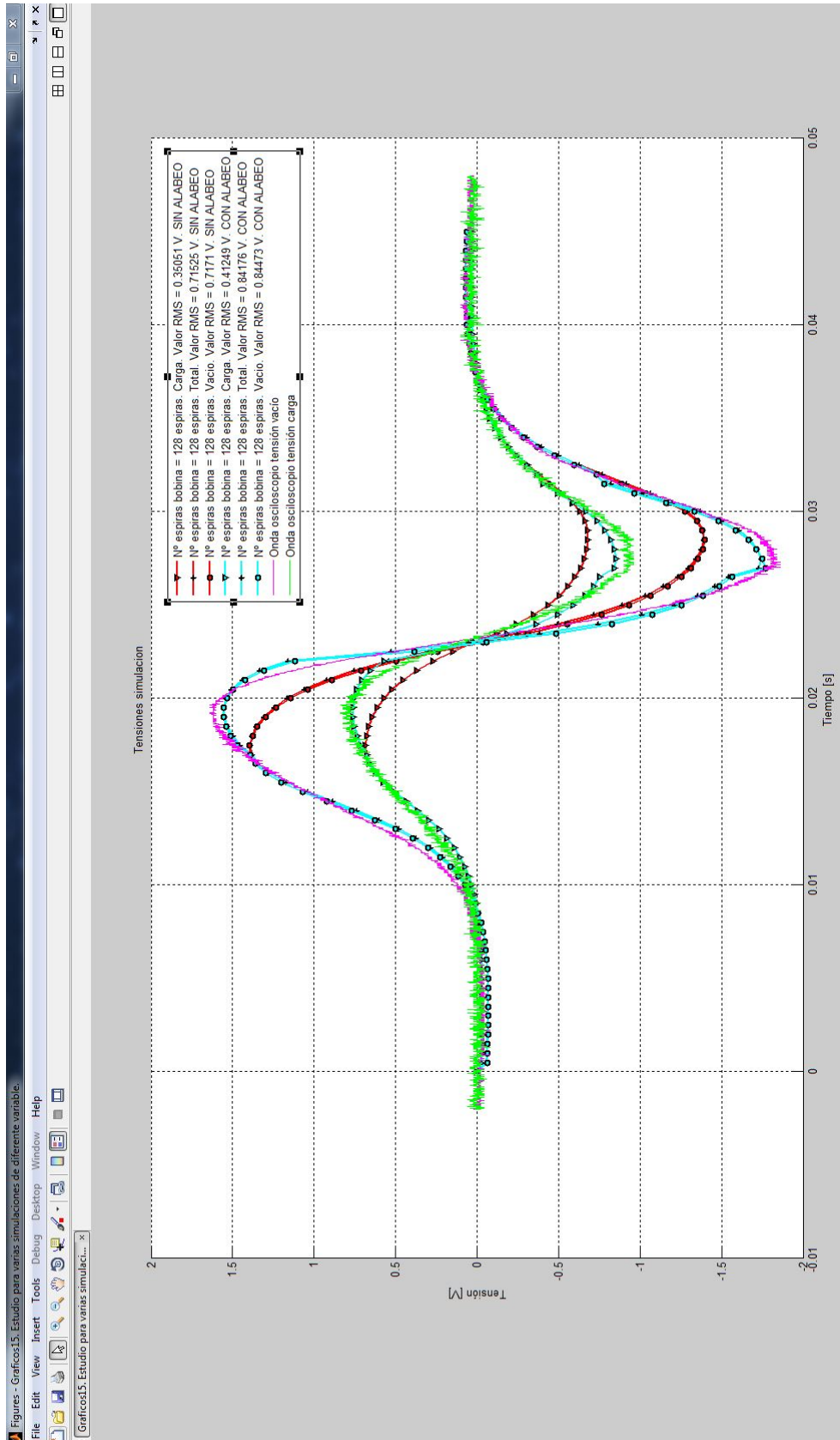
	<i>Fecha</i>	<i>Nombre</i>	<i>Firma:</i>
<i>Dibujado</i>	20/06/2015	Victor Muñoz Forcano	
<i>Comprobado</i>			



Escuela de Ingeniería y Arquitectura
Universidad Zaragoza

<i>Escala</i>	<i>Título</i>	Simulación del prototipo con alabeo.
---------------	---------------	--------------------------------------

<i>Nº Alumno</i>	525000
<i>Curso</i>	
<i>Plano Nº</i>	2.4.2



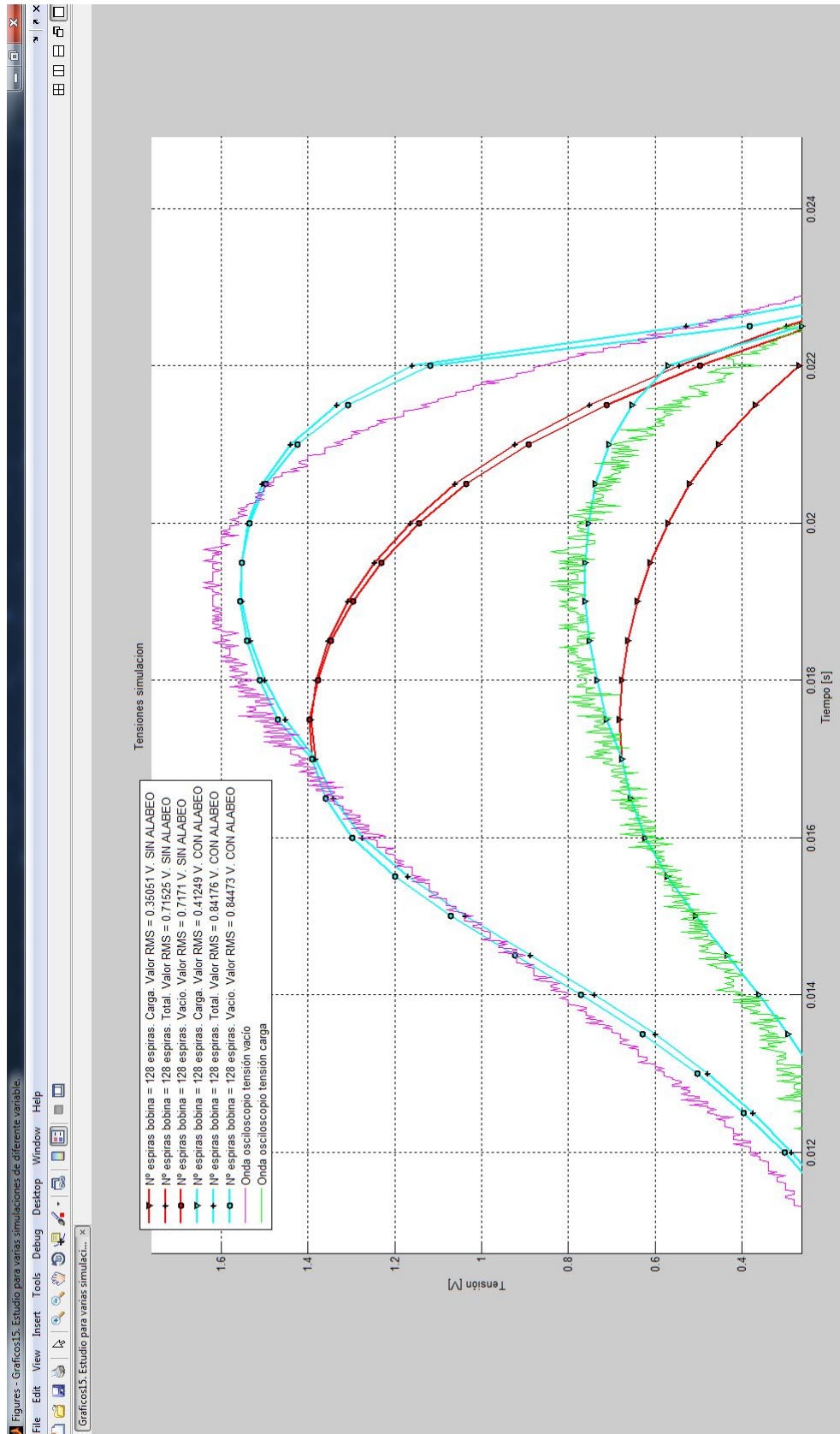
	<i>Fecha</i>	<i>Nombre</i>	<i>Firma:</i>
<i>Dibujado</i>	20/06/2015	Víctor Muñoz Forcano	
<i>Comprobado</i>			



Escuela de Ingeniería y Arquitectura
Universidad Zaragoza

<i>F</i>	<i>Escala</i>	<i>Título</i>	Simulación del prototipo con alabeo y sin alabeo superpuestas con osciloscopio.	
			Nº Alumno	525000
			Curso	
			Plano Nº	2.4.3

Nº Alumno	525000
Curso	
Plano Nº	2.4.3



	<i>Fecha</i>	<i>Nombre</i>	<i>Firma:</i>
<i>Dibujado</i>	20/06/2015	Victor Muñoz Forcano	
<i>Comprobado</i>			
<i>Escala</i>	<i>Título</i>	Simulación del prototipo con alabeo y sin alabeo sobrepuestas con osciloscopio ampliada.	



Escuela de Ingeniería y Arquitectura
Universidad Zaragoza

<i>Nº Alumno</i>	525000
<i>Curso</i>	
<i>Plano Nº</i>	2.4.4

ANEXO 3: RESULTADOS DEL CASO DE ESTUDIO.

Nº Inmancs	1000		2000		3000		4000		5000		6000		7000		8000	
	Tension RMS	Intensidad RMS	Tension RMS	Intensidad RMS	Tension RMS	Intensidad RMS	Tension RMS	Intensidad RMS	Tension RMS	Intensidad RMS	Tension RMS	Intensidad RMS	Tension RMS	Intensidad RMS	Tension RMS	Intensidad RMS
1	1,478	0,015	2,225	0,022	2,483	0,025	2,454	0,024	2,310	0,023	2,138	0,021	1,971	0,020	1,818	0,018
2	2,076	0,021	3,146	0,032	3,561	0,037	3,592	0,037	3,460	0,036	3,276	0,034	3,087	0,032	2,907	0,030
3	2,563	0,026	3,861	0,039	4,309	0,043	4,258	0,042	4,010	0,040	3,712	0,037	3,421	0,034	3,157	0,031
4	2,949	0,030	4,455	0,045	5,007	0,051	5,000	0,051	4,764	0,049	4,464	0,046	4,164	0,043	3,886	0,040
5	3,304	0,033	4,976	0,050	5,553	0,055	5,488	0,055	5,169	0,052	4,785	0,048	4,411	0,044	4,070	0,041
6	3,619	0,036	5,461	0,055	6,122	0,062	6,092	0,062	5,784	0,059	5,400	0,054	5,020	0,051	4,671	0,047
7	3,914	0,039	5,895	0,059	6,578	0,066	6,505	0,065	6,130	0,061	5,680	0,057	5,240	0,052	4,836	0,048
8	4,187	0,042	6,319	0,063	7,080	0,071	7,006	0,071	6,681	0,067	6,252	0,063	5,785	0,058	5,371	0,054
9	4,448	0,044	6,748	0,067	7,483	0,075	7,406	0,074	7,046	0,070	6,697	0,065	6,292	0,060	5,918	0,056
10	4,708	0,047	7,103	0,071	7,946	0,080	7,872	0,080	7,424	0,075	7,031	0,070	6,632	0,064	6,231	0,063
11	4,957	0,049	7,468	0,074	8,322	0,083	8,184	0,082	7,651	0,076	7,396	0,074	6,874	0,068	6,478	0,066
12	5,190	0,052	7,826	0,078	8,735	0,088	8,599	0,086	8,043	0,081	7,549	0,075	7,198	0,072	6,728	0,069
13	5,418	0,054	8,162	0,081	9,084	0,091	8,997	0,089	8,267	0,082	7,899	0,079	7,315	0,073	6,933	0,070
14	5,636	0,056	8,498	0,085	9,474	0,095	9,294	0,093	8,645	0,087	8,065	0,080	7,515	0,076	7,006	0,073
15	5,854	0,058	8,820	0,088	9,811	0,098	9,585	0,096	8,870	0,088	8,384	0,084	7,612	0,076	7,006	0,073
16	6,049	0,060	9,120	0,091	10,160	0,102	9,941	0,100	9,212	0,092	8,538	0,085	7,720	0,077	7,006	0,073
17	6,254	0,062	9,422	0,094	10,474	0,104	10,212	0,102	9,422	0,094	8,846	0,089	8,008	0,080	7,275	0,073
18	6,438	0,064	9,708	0,097	10,807	0,108	10,553	0,106	9,750	0,098	9,159	0,092	8,315	0,083	7,542	0,076
19	6,627	0,066	10,072	0,111	11,153	0,112	10,899	0,110	10,085	0,102	9,422	0,094	8,538	0,085	7,720	0,077
20	6,821	0,068	10,422	0,114	11,512	0,115	11,251	0,113	10,422	0,105	9,755	0,097	9,159	0,092	8,315	0,083
21	7,021	0,070	10,757	0,117	11,872	0,119	11,612	0,115	10,778	0,108	10,085	0,102	9,422	0,094	8,538	0,085
22	7,226	0,072	11,087	0,120	12,242	0,122	11,952	0,117	11,112	0,109	10,422	0,105	9,755	0,097	9,159	0,092
23	7,436	0,074	11,402	0,122	12,622	0,124	12,292	0,119	11,452	0,111	10,778	0,108	10,085	0,102	9,422	0,094
24	7,651	0,076	11,712	0,124	12,992	0,126	12,642	0,121	11,792	0,113	11,112	0,109	10,422	0,105	9,755	0,097
25	7,871	0,078	12,017	0,126	13,362	0,128	13,012	0,123	12,122	0,115	11,452	0,111	10,778	0,108	10,085	0,102
26	8,096	0,080	12,317	0,128	13,732	0,130	13,382	0,125	12,472	0,117	11,792	0,113	11,112	0,109	10,422	0,105
27	8,326	0,082	12,612	0,130	14,102	0,132	13,752	0,127	12,822	0,119	12,122	0,115	11,452	0,111	10,778	0,108
28	8,561	0,084	12,907	0,132	14,472	0,134	14,122	0,129	13,172	0,121	12,472	0,117	11,792	0,113	11,112	0,109
29	8,801	0,086	13,202	0,134	14,842	0,136	14,492	0,131	13,522	0,123	12,822	0,119	12,122	0,115	11,452	0,111
30	9,046	0,088	13,497	0,136	15,212	0,138	14,862	0,133	13,872	0,125	13,172	0,121	12,472	0,117	11,792	0,113
31	9,296	0,090	13,792	0,138	15,582	0,140	15,232	0,135	14,222	0,127	13,522	0,123	12,822	0,119	12,122	0,115
32	9,551	0,092	14,087	0,140	15,952	0,142	15,602	0,137	14,572	0,129	13,872	0,125	13,172	0,121	12,472	0,117
33	9,811	0,094	14,382	0,142	16,322	0,144	15,972	0,139	14,922	0,131	14,222	0,127	13,522	0,123	12,822	0,119
34	10,076	0,096	14,677	0,144	16,692	0,146	16,342	0,141	15,272	0,133	14,572	0,129	13,872	0,125	13,172	0,121
35	10,346	0,098	14,972	0,146	17,062	0,148	16,712	0,143	15,622	0,135	14,922	0,131	14,222	0,127	13,522	0,123
36	10,621	0,100	15,267	0,148	17,432	0,150	17,082	0,145	15,972	0,137	15,272	0,133	14,572	0,129	13,872	0,125
37	10,901	0,102	15,562	0,150	17,802	0,152	17,452	0,147	16,322	0,139	15,622	0,135	14,922	0,131	14,222	0,127
38	11,186	0,104	15,857	0,152	18,172	0,154	17,822	0,149	16,672	0,141	15,972	0,137	15,272	0,133	14,572	0,129
39	11,476	0,106	16,152	0,154	18,542	0,156	18,192	0,151	17,022	0,143	16,322	0,139	15,622	0,135	14,922	0,131
40	11,771	0,108	16,447	0,156	18,912	0,158	18,562	0,153	17,372	0,145	16,672	0,141	15,972	0,137	15,272	0,133
41	12,071	0,110	16,742	0,158	19,282	0,160	18,932	0,155	17,722	0,147	17,022	0,143	16,322	0,139	15,622	0,135
42	12,376	0,112	17,037	0,160	19,652	0,162	19,302	0,157	18,072	0,149	17,372	0,145	16,672	0,141	15,972	0,137
43	12,686	0,114	17,332	0,162	20,022	0,164	19,672	0,159	18,422	0,151	17,722	0,147	17,022	0,143	16,322	0,139
44	12,991	0,116	17,627	0,164	20,392	0,166	20,042	0,161	18,772	0,153	18,072	0,149	17,372	0,145	16,672	0,141
45	13,301	0,118	17,922	0,166	20,762	0,168	20,412	0,163	19,122	0,155	18,422	0,151	17,722	0,147	17,022	0,143
46	13,616	0,120	18,217	0,168	21,132	0,170	20,782	0,165	19,472	0,157	18,772	0,153	18,072	0,149	17,372	0,145
47	13,936	0,122	18,512	0,170	21,502	0,172	21,152	0,167	19,822	0,159	19,122	0,155	18,422	0,151	17,722	0,147
48	14,261	0,124	18,807	0,172	21,872	0,174	21,522	0,169	20,172	0,161	19,472	0,157	18,772	0,153	18,072	0,149
49	14,591	0,126	19,102	0,174	22,242	0,176	21,892	0,171	20,522	0,163	19,822	0,159	19,122	0,155	18,422	0,151
50	14,926	0,128	19,397	0,176	22,612	0,178	22,262	0,173	20,872	0,165	20,172	0,161	19,472	0,157	18,772	0,153
51	15,266	0,130	19,692	0,178	22,982	0,180	22,632	0,175	21,222	0,167	20,522	0,163	19,822	0,159	19,122	0,155
52	15,611	0,132	19,987	0,180	23,352	0,182	23,002	0,177	21,572	0,169	20,872	0,165	19,822	0,161	19,472	0,157
53	15,961	0,134	20,282	0,182	23,722	0,184	23,372	0,179	21,922	0,171	21,222	0,167	20,172	0,163	19,822	0,159
54	16,316	0,136	20,577	0,184	24,092	0,186	23,742	0,181	22,272	0,173	21,572	0,169	20,522	0,165	19,822	0,161
55	16,676	0,138	20,872	0,186	24,462	0,188	24,112	0,183	22,622	0,175	21,922	0,171	20,872	0,167	20,172	0,163
56	17,041	0,140	21,167	0,188	24,832	0,190	24,482	0,185	22,972	0,177	22,272	0,173	21,222	0,169	20,522	0,165
57	17,411	0,142	21,462	0,190	25,202	0,192	24,852	0,187	23,322	0,179	22,622	0,175	21,572	0,171	20,872	0,167
58	17,786	0,144	21,757	0,192	25,572	0,194	25,222	0,189	23,672	0,181	22,972	0,177	21,922	0,173	21,222	0,169
59	18,166	0,146	22,052	0,194	25,942	0,196	25,592	0,191	24,022	0,183	23,322	0,179	22,272	0,175	21,572	0,171
60	18,551	0,148	22,347	0,196	26,312	0,198	25,962	0,193	24,372	0,185	23,672	0,181	22,622	0,177	21,922	0,173
61	18,941	0,150	22,642	0,198	26,682	0,200	26,332	0,195	24,722	0,187	24,022	0,183	22,972	0,179	22,272	0,175
62	19,336	0,152	22,937	0,200	27,052	0,202	26,702	0,197	25,072	0,189	24,372	0,185	23,322	0,181	22,622	0,177
63	19,736	0,154	23,232	0,202	27,422	0,204	27,072	0,199	25,422	0,191	24,722	0,187	23,672	0,183	22,972	0,179
64	20,141	0,156	23,527	0,204	27,792	0,206	27,442	0,201	25,772	0,193	25,072	0,189	24,022	0,185	23,322	0,181
65	20,551	0,158	23,822	0,206	28,162	0,208	27,812	0,203	26,122	0,195	25,422	0,191	24,372	0,187	23,672	0,183
66	20,966	0,160	24,117	0,208	28,532	0,210	28,182	0,205	26,472	0,197	25,772	0,193	24,722	0,189	24,022	0,185
67	21,386	0,162	24,412	0,210	28,902	0,212	28,552	0,207	26,822	0,199	26,122	0,195	25,072	0,191	24,372	0,187
68	21,811	0,164	24,707	0,212	29,272	0,214	28,922	0,209	27,172	0,201	26,472	0,197	25,422	0,193	24,722	0,189

1

2

3

4

A

A

B

B

C

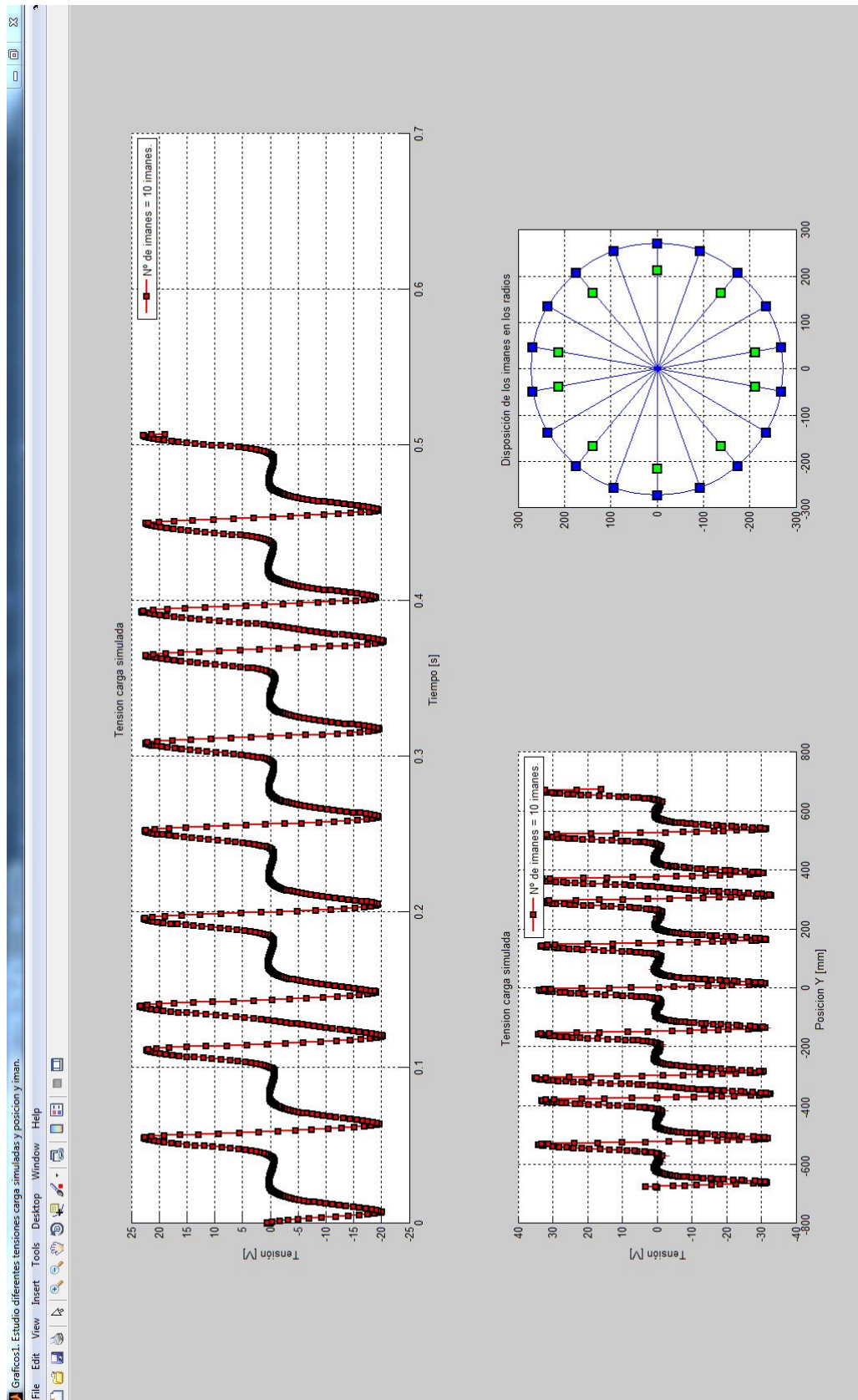
C


D

D

E

E



	<i>Fecha</i>	<i>Nombre</i>	<i>Firma:</i>	 Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza
<i>Dibujado</i>	20/06/2015	Victor Muñoz Forcano		
<i>Comprobado</i>				
<i>F</i> <i>Escala</i>	<i>Título</i>	Gráficos 1. Estudio de las diferentes tensiones de la carga simuladas y posición Y imán de la solución.		<i>Nº Alumno</i> 525000
				<i>Curso</i>
				<i>Plano Nº</i> 3.2

1

2

3

A4

F

1

2

3

4

A

A

B

B

C

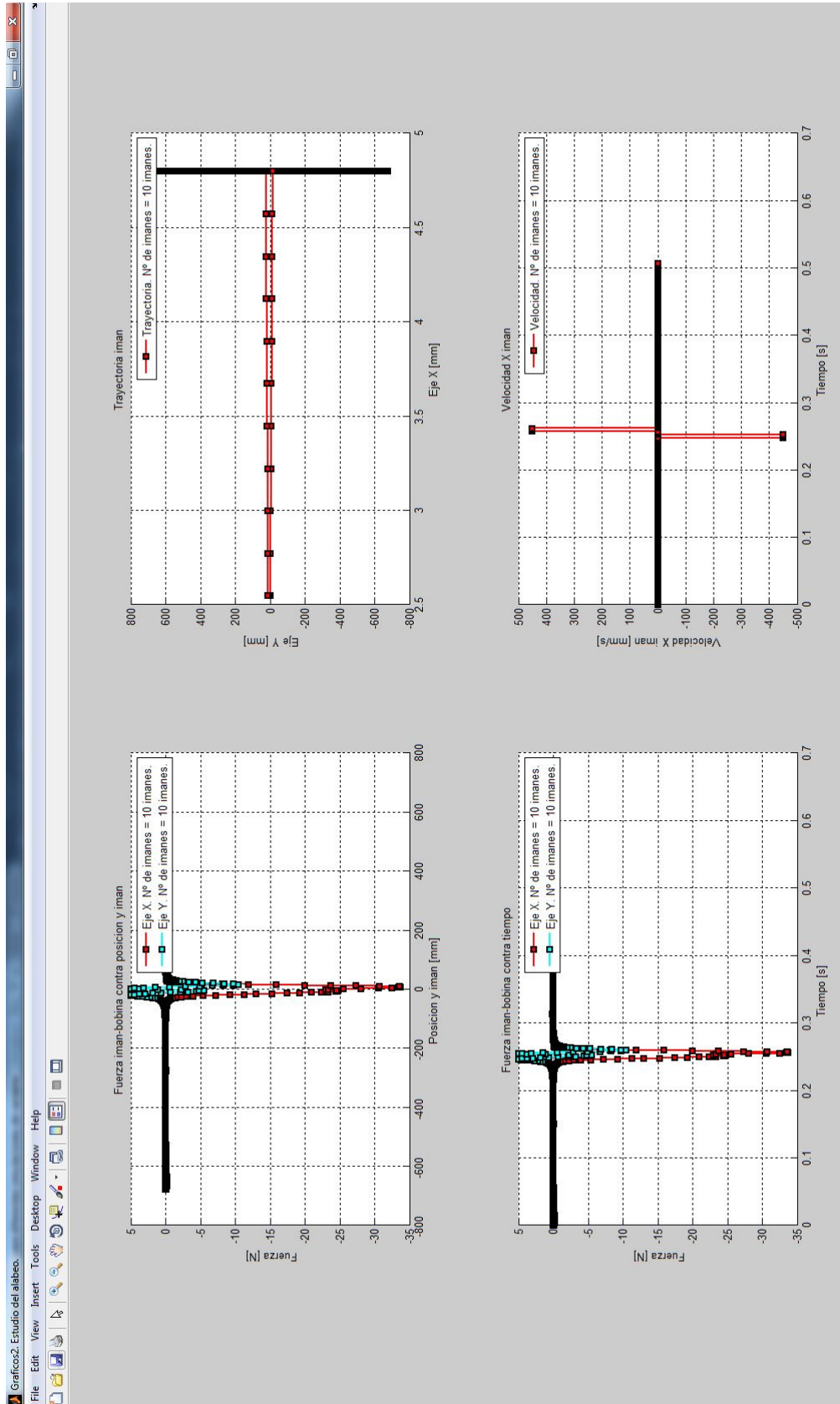
C

D

D

E

E



F

F

	<i>Fecha</i>	<i>Nombre</i>	<i>Firma:</i>
<i>Dibujado</i>	20/06/2015	Victor Muñoz Forcano	
<i>Comprobado</i>			
<i>Escala</i>	<i>Título</i>	Gráficos 2. Estudio del alabeo durante el periodo de la solución.	



Escuela de
Ingeniería y Arquitectura
Universidad Zaragoza

Nº Alumno 525000

Curso

Plano Nº 3.3

1

2

3

A4



	<i>Fecha</i>	<i>Nombre</i>	<i>Firma:</i>
<i>Dibujado</i>	20/06/2015	Victor Muñoz Forcano	
<i>Comprobado</i>			



Escuela de Ingeniería y Arquitectura
Universidad Zaragoza

<i>Escala</i>	<i>Título</i>	Gráficos 3. Estudio de las tensiones del circuito del periodo de la solución.	<i>Nº Alumno</i> 525000
			<i>Curso</i>
			<i>Plano Nº</i> 3.4

1

2

3

A4

1

2

3

4

A

A

B

B

C

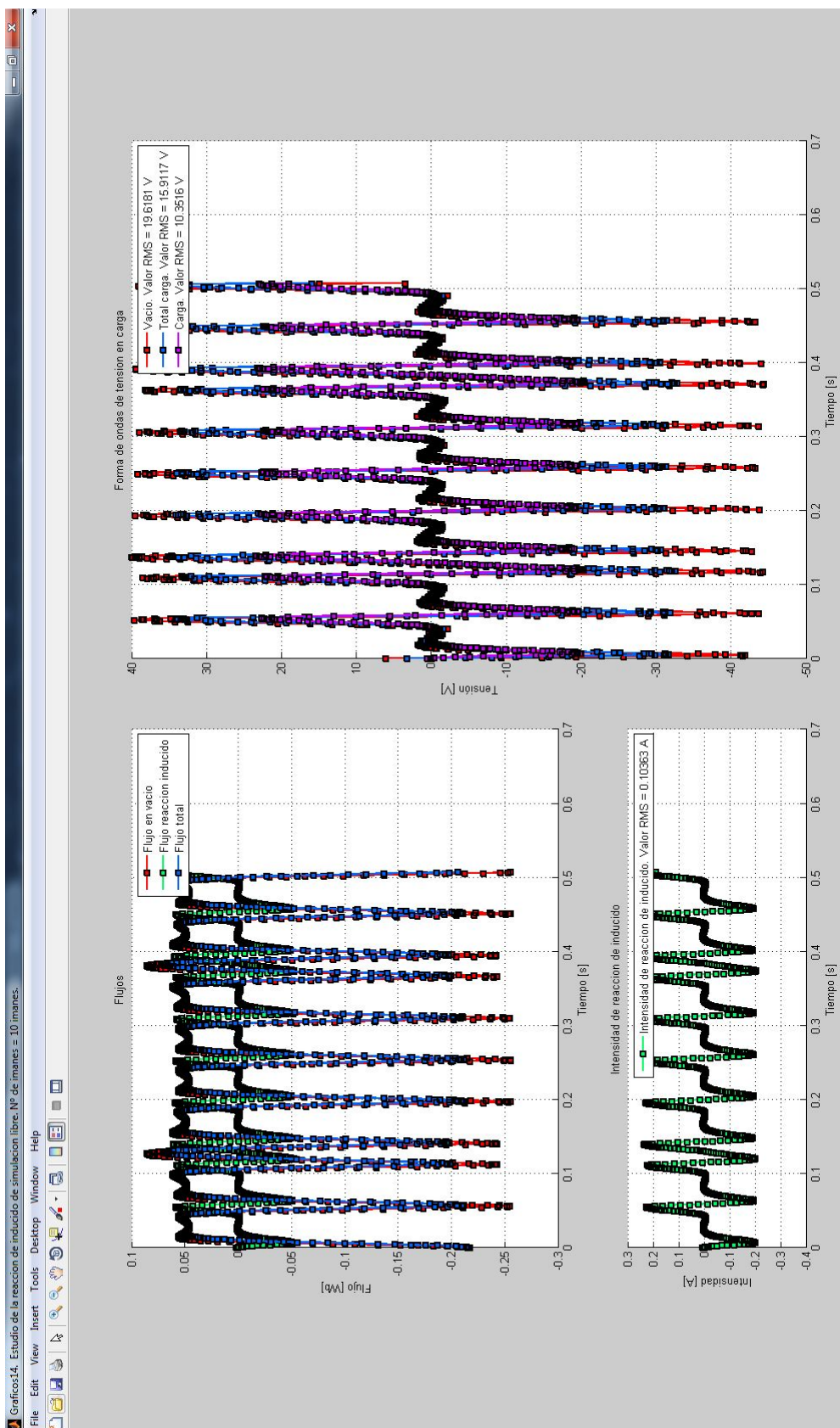
C

D

D


E

E



Gráficos14. Estudio de la reacción de inducido de simulación libre. Nº de imanes = 10 imanes.

File Edit View Insert Tools Desktop Window Help

	<i>Fecha</i>	<i>Nombre</i>	<i>Firma:</i>	 Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza
<i>Dibujado</i>	20/06/2015	Victor Muñoz Forcano		
<i>Comprobado</i>				
<i>F</i> <i>Escala</i>	<i>Título</i>	Gráficos 14. Estudio de la reacción del inducido del periodo de la solución.		<i>Nº Alumno</i> 525000
				<i>Curso</i>
				<i>Plano Nº</i> 3.5

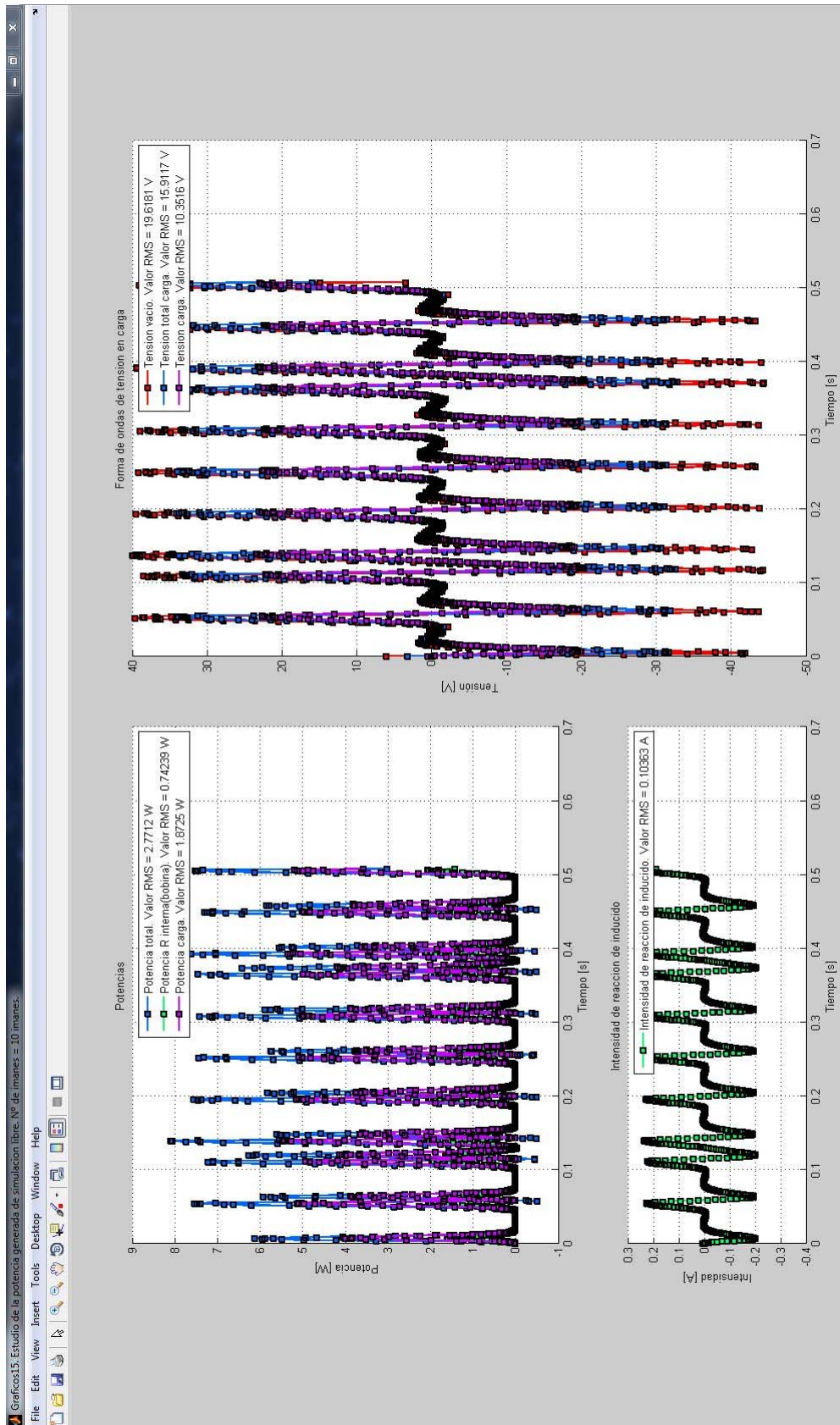
1

2

3

A4

F



	<i>Fecha</i>	<i>Nombre</i>	<i>Firma:</i>
<i>Dibujado</i>	20/06/2015	Victor Muñoz Forcano	
<i>Comprobado</i>			
<i>Escala</i>	<i>Título</i>	Gráficos 15. Estudio de la potencia generada en el periodo de la solución.	



Escuela de Ingeniería y Arquitectura
Universidad Zaragoza

Nº Alumno 525000
Curso
Plano Nº 3.6

1

2

3

4

A

A

B

B

C

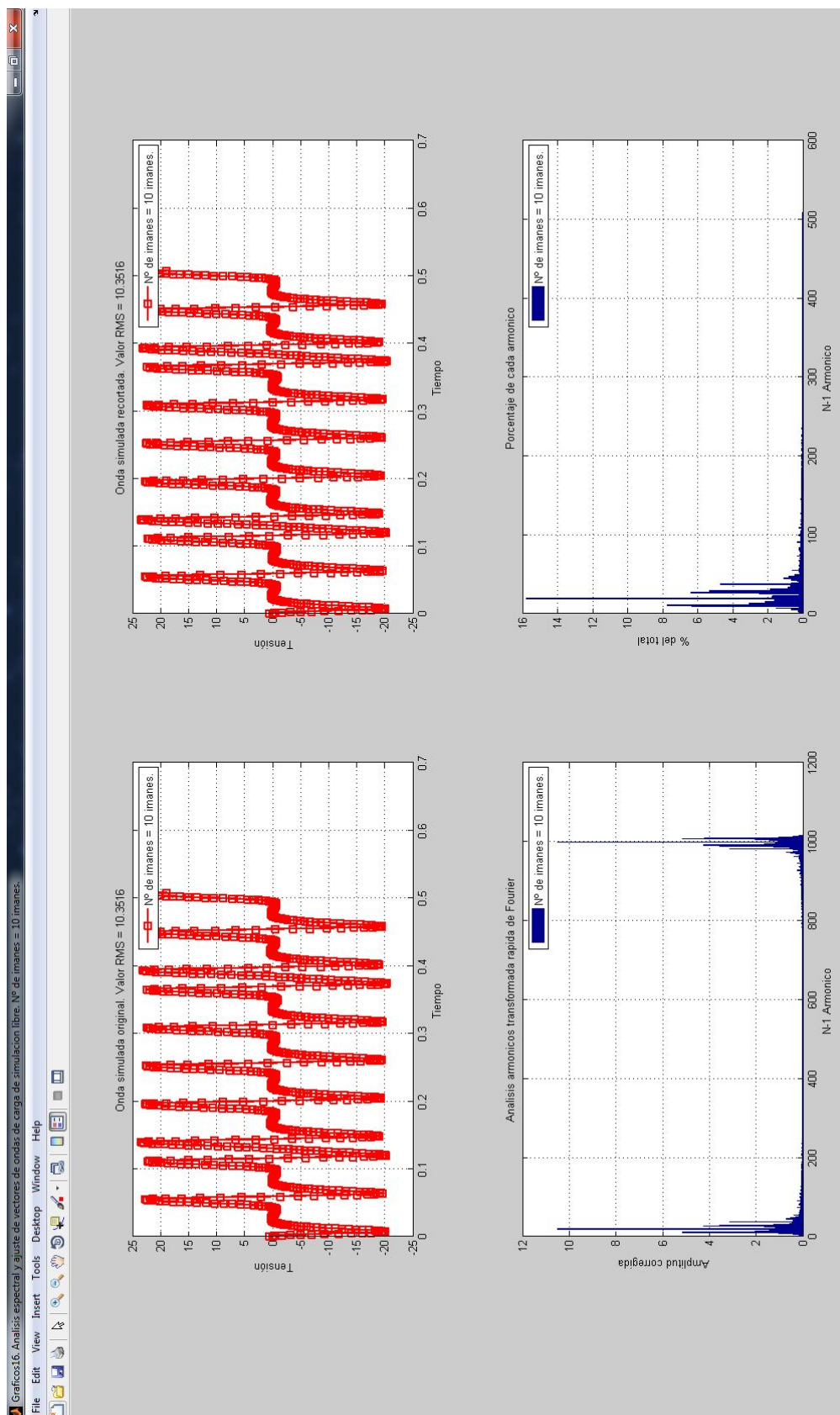
C


D

D

E

E



	<i>Fecha</i>	<i>Nombre</i>	<i>Firma:</i>	 Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza
<i>Dibujado</i>	20/06/2015	Victor Muñoz Forcano		
<i>Comprobado</i>				
<i>Escala</i>	<i>Título</i>	Gráficos 16. Análisis espectral y ajuste de vectores de las ondas de carga del periodo de la solución.		<i>Nº Alumno</i> 525000 <i>Curso</i> <i>Plano Nº</i> 3.7

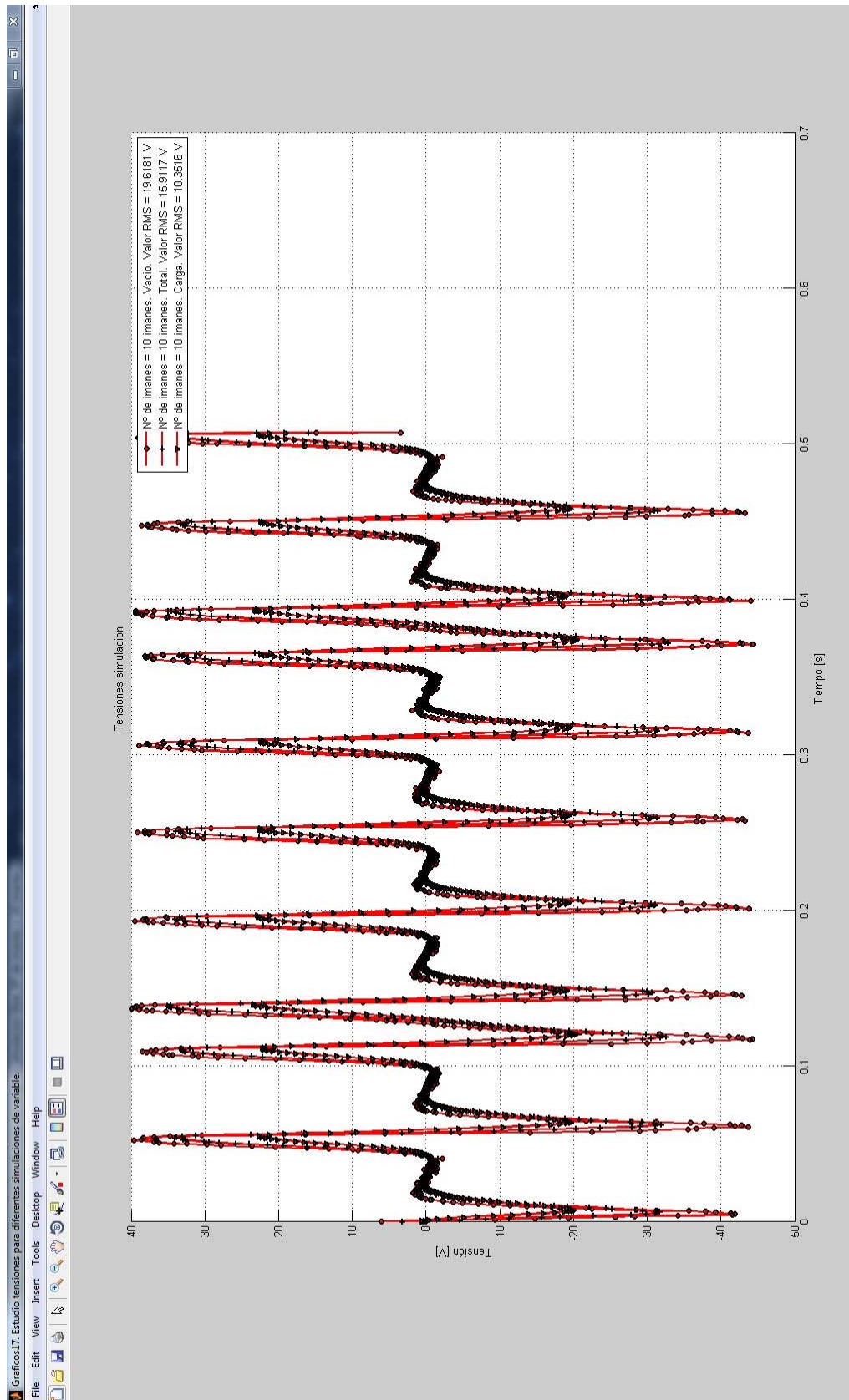
1


2

3

A4

F



	<i>Fecha</i>	<i>Nombre</i>	<i>Firma:</i>	 Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza
<i>Dibujado</i>	20/06/2015	Victor Muñoz Forcano		
<i>Comprobado</i>				
<i>F</i> <i>Escala</i>	<i>Título</i>	Gráficos 17. Estudio de las tensiones de la solución.		<i>Nº Alumno</i> 525000
				<i>Curso</i>
				<i>Plano Nº</i> 3.8

ANEXO 4: CÓDIGO DEL PROGRAMA.

```
1 %*****
2 %* Proyecto_3_0 *
3 %* Programa simulador femm. Version 3.0: *
4 %* Enlaza los diferentes scripts del simulador *
5 %*****
6 %-----
7 %Scripts necesarios:
8
9 % Proyecto_3_0.m
10 % datos.m
11 % determino_L.m
12 % generador_dibujos.m
13 % dibuja.m
14 % graficos1.m -> graficos17.m
15
16 %Funciones necesarias:
17
18 % distancia_imanes(n_imanes,r_iman)
19 % dibuja_imanes(n_imanes,r_iman,r_llanta)
20 % punto_barra(t)
21
22 % Simulink necesario:
23
24 % simulador_RLC.slx
25
26 %Scripts de apoyo:
27
28 % caracterizacion_iman.m
29 % obtencion_ondas_osciloscopio_periodo.m
30 % saturación_nucleo.m
31 % escalon_RL.m
32 % junta_graficas.m
33
34 %-----
35
36 % Creo la carpeta donde se alojara todo el proyecto:
37 !mkdir C:\PROYECTO;
38 !mkdir C:\PROYECTO\matlab;
39 !mkdir C:\PROYECTO\matlab\graficas;
40 !mkdir C:\PROYECTO\femm;
41
42 % Añado rutas busqueda de Matlab:
43
44 addpath('c:/femm42/mfiles');% Para poder hacer llamadas a femm.
45 addpath(genpath('c:/PROYECTO')); % genpath --> Incluyo subcarpetas.
46 savepath;
47
48
49 clear; % Limpio variables.
50 clc; % Borro pantalla comandos.
51 close all; % Cierro graficas anteriores.
52
53
54 % Para la variable estudiada:
55 % Para 1 solo valor poner iguales variable_inicio=variable_final=A_variable
56 simulacion.variable.inicio = 128;
57 simulacion.variable.final = 128;
58 simulacion.variable.A = 1;
59 % Calculo numero de pasos de la variable estudiada:
60 simulacion.variable.n_pasos = fix((simulacion.variable.final-simulacion.variable.inicio)...
61 /simulacion.variable.A)+1;
62
63 %-----
64
65 % INICIO PROGRAMA
```

```
66
67 openfemm; % Abro Femm
68 % main_maximize; % Maximizo ventana Femm
69 main_minimize; % Minimizo ventana Femm
70
71 %-----
72
73 % DIBUJO:
74
75     determino_L; % Determino L bobina mediante ensayo en femm.
76     generador_dibujos; % Genero imagenes femm y extraigo resultados.
77
78 %-----
79
80 % RESULTADOS:
81
82 % Genero graficas y analisis resultados:
83
84
85     graficos1; % Estudio diferentes tensiones carga simuladas y posicion y iman.
86     graficos2; % Estudio alabeo.
87     graficos3; % Estudio tensiones circuito.
88
89 % Para estudiar la pasada de 1 iman en detalle del prototipo.
90 if simulacion.t_total == 0.045 && iman.n == 1 && bobina.N == 128
91
92     graficos4; % Estudio de la reaccion de inducido en detalle.
93     graficos5; % Estudio de la potencia generada en detalle.
94
95     graficos6; % Error y ajuste de vectores de onda de vacio en detalle.
96     graficos7; % Analisis espectral y ajuste de vectores de ondas de vacio en detalle.
97
98
99     graficos8; % Error y ajuste de vectores de onda de carga en detalle.
100    graficos9; % Analisis espectral y ajuste de vectores de ondas de carga en detalle.
101
102
103 % Para estudiar la pasada de 1 iman durante 1 periodo del prototipo.
104 else if simulacion.t_total==0.5075 && iman.n ==1 && bobina.N == 128
105
106     graficos10; % Estudio de la reaccion de inducido en periodo.
107     graficos11; % Estudio de la potencia generada en periodo.
108
109     graficos12; % Error y ajuste de vectores de onda de carga en periodo.
110     graficos13; % Analisis espectral y ajuste de vectores de ondas de carga en periodo.
111
112 else
113
114     graficos14; % Estudio de la reaccion de inducido de simulacion libre.
115     graficos15; % Estudio de la potencia generada de simulacion libre.
116
117     graficos16; % Analisis espectral y ajuste de vectores de ondas de carga de simulacion libre.
118 end
119 end
120 graficos17; % Estudio tensiones para diferentes simulaciones de misma variable.
121
122 % Guardo variables:
123 save ([ruta.grafica 'variables_guardadas.mat']);
```



```

1 % Script que contiene los datos de la simulacion.
2
3 % Ruta donde se guardan los archivos *.fem, *.ans y *.fig:
4 ruta.femm='c:/PROYECTO/femm/'; % Para el nombre de los archivos de femm.
5 ruta.grafica='c:/PROYECTO/matlab/Graficas/'; % Para las graficas de matlab y variables guardadas.
6 ruta.datos='c:/PROYECTO/datos/'; % Para las capturas del osciloscopio.
7
8 %*****
9 %* Introduccion datos: *
10 %*****
11
12 % VERSION 3.0: Hay que asignar la variable que quiero estudiar a la del
13 % bucle. Por ejemplo -----> p = variable_incrementada
14
15 % Hay que asignar variables principales que no partan de otras.
16
17 %-----
18 % PARAMETROS SISTEMA FISICO, RUEDA:
19 %-----
20
21 rueda.neumatico.circunferencia = 2114; % Medida estandar manuales cuentakilometros [mm].
22  rueda.neumatico.r= rueda.neumatico.circunferencia/(2*pi); % Radio exterior neumatico [mm].
23 rueda.llanta.r = 272.27; % Radio llanta [mm]. (Medido a mano).
24 rueda.neumatico.v=15/3.6*10^3; %[mm/s] Poner en km/h (Por defecto 15 km/h).
25  rueda.rps = rueda.neumatico.v/rueda.neumatico.circunferencia; % [Hz].
26  rueda.rpm = rueda.rps*60; %[rev/min].
27  rueda.t_vuelta = rueda.neumatico.circunferencia/rueda.neumatico.v; % [s] La utilizare para contar vueltas y resetear posicion en
proyecto.
28 %-----
29
30 %-----
31 % DIBUJO:
32 %-----
33
34 % IMAN:
35
36 iman.r=215;% Radio donde coloco iman [mm].-> 215 por defecto.
37  iman.circunferencia = iman.r*2*pi; % Longitud circunferencia iman [mm].
38  iman.v=iman.r/rueda.neumatico.r*rueda.neumatico.v; % Velocidad lineal iman [mm/s].
39 iman.a = 10; % Anchura [mm].-> 10 por defecto.
40 iman.h = 20; % Altura [mm].->20 Por defecto.
41 iman.n = 1; % Numero de imanes en la rueda.
42 iman.cohercitividad = 907500; % Cohercitividad iman.
43          % El proceso de caracterizacion del iman se lleva a cabo
44          % con el script caracterizacion_iman.m
45
46 % BOBINA:
47
48 bobina.a = 20; % Anchura bobina [mm].
49 bobina.h = 0.4; % Altura cables bobina [mm]--> Diametro hilo de cobre.
50 bobina.seccion = pi*(bobina.h/2)^2; % Seccion del cable de la bobina [mm^2].
51  bobina.h_etiqueta = '0.4mm';
52 bobina.N = simulacion.variable.valor; % Numero de espiras de la bobina. Por defecto 125.
53
54 bobina.radio = 30.66/2; % Radio de la bobina [mm].
55  bobina.longitud = 2*pi*bobina.radio*bobina.N; % Longitud cable bobina [mm].
56 bobina.densidad_cobre = 8.4*10^(-3); % [g/mm^3]. La densidad del cobre es 8.4 [g/cm^3].
57  bobina.peso = bobina.densidad_cobre*bobina.longitud*bobina.seccion;
58
59 bobina.resistividad = 1/58*10^-3; % Resistividad tomada de la biblioteca de materiales de Femm. [ohm/mm].
60  bobina.resistencia = bobina.resistividad * bobina.longitud/(bobina.seccion)*1.23; % Resistencia del cable de la bobina. [ohm]
61
62  % El valor de la resistencia real es 1.23 veces mayor (por comparacion con prototipo) debido a:
63 % - Longitud de cable añadida para llegar a la ficha del tablero.
64 % - Pueden existir pequeñas diferencias en la conductividad del cobre.

```

```
65 % - Resistencia añadida debido a los empalmes realizados. Tiene especial
66 % importancia el decapado que se le realizo al cobre esmaltado de la
67 % bobina mediante calor. No es posible realizar un decapado total ya que
68 % se puede transmitir el calor muy rapidamente por el cobre y estropear
69 % la bobina. En ese punto supondremos una resistencia importante.
70
71 % Si se desea personalizar resistencia de la bobina:
72 % bobina.resistencia = 2.1; % Resistencia del cable de la bobina. [ohm]
73
74 % Resistencia de la bobina calculada por Femm:
75 % bobina.resistencia_cuadrada = 4*20*bobina.N*bobina.resistividad / (bobina.seccion)*10^3; % Tener en cuenta que femm hace la
bobina cuadrada.
76
77 % Si quisiera calcular la L mediante formula (http://es.wikipedia.org/wiki/Inductancia):
78 % mu_nucleo = 0.058764/16.290222 % (B/H)
79 % mu_nucleo_relativa = mu_nucleo/(4*pi*10^(-7))
80 % bobina.seccion_nucleo = (20)^2; % Seccion del nucleo de la bobina [mm^2]
81 % bobina.L = bobina.N^2*bobina.seccion_nucleo*mu_nucleo/bobina.a*10^(-3)
82
83 % NUCLEO:
84
85 nucleo.h = 20; % Altura del nucleo [mm].
86 nucleo.chapa.h = nucleo.h; % Grosor chapa [mm]. Por defecto nucleo.h (1 sola chapa).
87 nucleo.material = 'Pure iron, annealed';
88
89 % GAP:
90
91 gap.a = 4.8; % Entrehierro [mm]. Por defecto para alabeo 4.8 mm max.
92 % 2.7 mm min.
93 % Por defecto sin alabeo 3.1 mm.
94
95 %-----
96
97 %-----
98 % PARAMETROS SIMULACION:
99 %-----
100
101 % TIEMPOS:
102
103 simulacion.t_total=0.045; % Tiempo total de simulacion:
104 % 0.045 s para una pasada del iman (detalle).
105 % 0.5075 s para una vuelta completa (periodo).
106 % Debe ser multiplo de simulacion.At.
107
108 simulacion.At=0.0005; % Discretización de la simulación [s].
109 % DEBE SER MULTIPLLO DE osciloscopio.At = 2e-5.
110
111 % GENERAL:
112
113 simulacion.profundidad = 20; % Profundidad [mm]. Por defecto 20.
114
115 simulacion.iteraciones = 5; % Numero de iteraciones cálculos convergencia.
116
117 % CARGA:
118
119 carga.resistencia = 2; % Resistencia de la carga [ohm].
120 carga.L = 0; % Inductancia de la carga [H].
121 carga.C = 0; % Capacidad de la carga [ohm].
122
123 % IMAN:
124
125 % Para la pasada de 1 iman en detalle:
126 if simulacion.t_total<=0.045 && iman.n ==1
127
128 iman.yo=-3*iman.h; % Posición y inicial iman (Base del imán) [mm]. Por defecto -3*iman.h .
```

```
129 iman.yf=4*iman.h; % Posición y final iman (Base del imán) [mm]. Por defecto 4*iman.h .
130
131 else
132
133 % Para varios imanes o tiempo superior a 1 pasada:
134
135 iman.yo=-iman.circunferencia/2; % Posición y inicial iman (Base del imán) [mm].
136 iman.yf=iman.circunferencia/2; % Posición y final iman (Base del imán) [mm].
137         %%%%%%%%% Dibujare la rueda entera para evitar los picos en
138         %%%%%%%%% la grafica debidos a la aparicion y desaparicion
139         %%%%%%%%% de los imanes
140 end
141
142 % Calculo DISTANCIA ENTRE IMANES segun el nº de imanes y como se ajustan a los radios para la disposicion mas equilibrada:
143
144 % Funcion distancia_imanes:
145 iman.distancia = distancia_imanes(iman.n,iman.r); % Me da la separacion entre imanes [mm].
146
147
148 % Creo vector de posición de imanes a partir de iman.distancia:
149     iman.y = -iman.distancia+iman.yo;% Indica donde empiezo a dibujar el iman [mm].
150
151 % ALABEO:
152
153 simulacion.alabeo.yo = -14.5;% A partir de donde empieza a acercarse el imán a la bobina [mm]. Por defecto -14.5.
154 simulacion.alabeo.ym = 11;% A partir de donde empieza a alejarse el imán a la bobina [mm]. Por defecto 11.
155         % * Poner yo,ym=0 para no tener alabeo.
156 simulacion.alabeo.yf = simulacion.alabeo.ym-simulacion.alabeo.yo;% A partir de donde deja de moverse [mm].
157 simulacion.gap.A_alabeo = 0.225*simulacion.At/0.0005; % Incremento/decremento del gap por cada At [mm].
158 simulacion.gap.minimo = 2.7; % Minima distancia entre la bobina y el iman durante el alabeo [mm].
159 simulacion.gap.a_inicial=gap.a; % Gap inicial [mm].
160
161 % MALLADO:
162
163 % simulacion.mallado.bobina=100;
164 % simulacion.mallado.m50=100;
165 % simulacion.mallado.gap=100;           % SIMULACION MUY RAPIDA.
166 % simulacion.mallado.iman=100;
167 % simulacion.mallado.air1=100;
168 % simulacion.mallado.air_interior = 100;
169
170 % simulacion.mallado.bobina=1;
171 % simulacion.mallado.m50=1;
172 % simulacion.mallado.gap=1;           % SIMULACION RAPIDA DETALLE
173 % simulacion.mallado.iman=1;
174 % simulacion.mallado.air1=100;
175 % simulacion.mallado.air_interior = 10;
176
177 % simulacion.mallado.bobina=1;
178 % simulacion.mallado.m50=1;
179 % simulacion.mallado.gap=1;           % SIMULACION RAPIDA PERIODO
180 % simulacion.mallado.iman=1;
181 % simulacion.mallado.air1=100;
182 % simulacion.mallado.air_interior = 50;
183
184 simulacion.mallado.bobina=0.2;
185 simulacion.mallado.m50=0.2;
186 simulacion.mallado.gap=0.2;           % SIMULACION PRECISA DETALLE
187 simulacion.mallado.iman=0.2;
188 simulacion.mallado.air1=100;
189 simulacion.mallado.air_interior = 1;
190
191 % simulacion.mallado.bobina=0.2;
192 % simulacion.mallado.m50=0.2;
193 % simulacion.mallado.gap=0.2;           % SIMULACION PRECISA PERIODO.
```

```
194 % simulacion.mallado.iman=0.2;
195 % simulacion.mallado.air1=100;
196 % simulacion.mallado.air_interior = 10;
197
198 % CONTORNO EXTERIOR:
199
200 simulacion.contorno1=2*iman.yf; % Radio contorno 1 [mm] (Contorno exterior). Por defecto 2*iman.yf.
201
202 % INFORMACION:
203
204 simulacion.Ay = iman.v*simulacion.At; % Es la distancia vertical que avanza el iman cada paso [mm].
205 simulacion.pasos_totales = double(uint16(simulacion.t_total/simulacion.At)); % Pasos totales segun el tiempo de simulacion (redondeo al alza).
206 simulacion.imagenes_totales = simulacion.pasos_totales+1; % Imagenes totales. Son el numero de pasos +1 de la imagen de tiempo 0.
207 %-----
208
209 %-----
210 % VARIABLES QUE NECESITAN SER INICIALIZADAS:
211 %-----
212
213 simulacion.t=0; % Tiempo inicio simulación.
214 simulacion.variable.vuelta=1; % Variable que me indica el nº de vuelta por si necesito poner el nombre en archivo...
215 simulacion.n_imagen=1; % Variable que indica el numero de imagen
216     % Para ir a archivo de Fem (t/simulacion.At)+1
217
218 % El paso actual de la variable_incrementada:
219 simulacion.variable.paso = ceil((simulacion.variable.valor-simulacion.variable.inicio)/simulacion.variable.A+1);
220
221 simulacion.alabeo.n_iman = 0; % Indica el numero de iman que esta alabeando.
222
223 % VARIABLE ESTUDIADA:
224 % Nombre de la variable estudiada para mostrar en leyenda graficas y nombre de archivo.
225 apoyo.graficas.nombre_variable = 'Nº espiras bobina';
226 apoyo.graficas.medida_variable = ' espiras. ';
227
228 %-----
229
230 %-----
231 % DATOS OSCILOSCOPIO:
232 %-----
233
234 % Capturo informacion de la onda del osciloscopio en vacio en detalle:
235 resultados.onda_osciloscopio.vacio.detalle = importdata([ruta.datos 'captura_vacio_detalle.dat']);
236 resultados.onda_osciloscopio.vacio.detalle.desplazamiento = 0.023; % Desfase onda osciloscopio [s].
237
238 % % Capturo informacion de la onda del osciloscopio en vacio en periodo:
239 resultados.onda_osciloscopio.vacio.periodo = importdata([ruta.datos 'captura_vacio_periodo.dat']);
240 resultados.onda_osciloscopio.vacio.periodo.desplazamiento = -0.115; % Desfase onda osciloscopio [s].
241
242 % Capturo informacion de la onda del osciloscopio en carga en detalle:
243 resultados.onda_osciloscopio.carga.detalle = importdata([ruta.datos 'captura_carga_detalle.dat']);
244 resultados.onda_osciloscopio.carga.detalle.desplazamiento = 0.023; % Desfase onda osciloscopio [s].
245
246 % Capturo informacion de la onda del osciloscopio en carga en periodo:
247 load([ruta.datos 'Captura_carga_periodo.mat'])
248 resultados.onda_osciloscopio.carga.periodo.data = Captura_carga_periodo;
249 resultados.onda_osciloscopio.carga.periodo.desplazamiento = 0; % Desfase onda osciloscopio [s].
250 clear Captura_carga_periodo;
251 %-----
252
253
254
```

```
1 % Script que calcula la inductancia de una bobina en femm.
2
3 % Defino dimension de los vectores para ahorrar memoria:
4 resultados.intensidad.valor = zeros(simulacion.variable.n_pasos,1);
5
6
7 % Simulo para todos los pasos de la variable estudiada:
8
9 for simulacion_variable_valor = simulacion.variable.inicio : simulacion.variable.A : simulacion.variable.final
10     simulacion.variable.valor = simulacion_variable_valor;
11
12
13     datos; % Cargo datos.
14
15 % Doy un valor a la intensidad de prueba para hallar L: (Valor unitario)
16 resultados.intensidad.valor(simulacion.variable.paso,simulacion.n_imagen) = 1;
17
18 % REACCION DE INDUCIDO:
19 %-----
20
21 % Dibujo archivo femm:
22 apoyo.dibujo.modo = 2; % Modo dibujo reaccion de inducido.
23 dibuja; % Script que dibuja el archivo.
24
25 % Guardado:
26
27 mi_saveas([ruta.femm punto_barra(simulacion.t) 'determino_L.fem']); % Guardo archivo.
28 display(['(serie ' int2str(simulacion.variable.paso) '/' int2str(simulacion.variable.n_pasos)...
29 ') archivo generado ' ruta.femm punto_barra(simulacion.t) 'determino_L.fem']); % Muestro archivo en consola.
30
31 %Anализo progarama. 0->muestro,1=segundo plano.
32
33 mi_analyze(1); % Genera archivos *.ans (Resultados Femm).
34 mi_close; % Cierro ventana.
35
36
37 opendocument([ruta.femm punto_barra((simulacion.n_imagen-1)*simulacion.At) 'determino_L.ans']) % Cargo archivo simulacion.
38     % punto_barra es una funcion creada para cambiar el . por _ en el nombre del archivo.
39
40 apoyo.datos_simul_fem = mo_getcircuitproperties('bobina'); % Obtengo valores del circuito bobina.
41 resultados.flujos.reaccion_inducido.valor(simulacion.variable.paso,simulacion.n_imagen)=apoyo.datos_simul_fem(3); % Saco el dato de
42 flujo.
43
44 % Hallo L bobina, WIKIPEDIA:
45 bobina.L(simulacion.variable.paso,simulacion.n_imagen) = resultados.flujos.reaccion_inducido.valor(simulacion.variable.paso,simulacion.
46 n_imagen)/resultados.intensidad.valor(simulacion.variable.paso,simulacion.n_imagen);
47
48 % Si se quiere hacer con ecuacion exp del circuito RL:
49 %     % Hallo constante de tiempo para realizar circuito RL con entrada de tension escalon:
50 %     % Respuesta al escalon de un circuito RL. Libro fundamentos de circuitos electricos Mc. Graw Hill. Pag 280.
51 %
52 %     tau(simulacion.variable.paso,simulacion.n_imagen) = bobina.L(simulacion.variable.paso,simulacion.n_imagen)/bobina.resistencia;
53
54
55 mo_close % Cierra la ventana de Femm del archivo de simulacion (postprocesado).
56
57 display(['(serie ' int2str(simulacion.variable.paso) '/' int2str(simulacion.variable.n_pasos)...
58 ') archivo analizado ' [ruta.femm punto_barra((simulacion.n_imagen-1)*simulacion.At) 'determino_L.ans'];% Muestro archivo en consola.
59
60 end
61 clear simulacion_variable_valor
```

```
1 % Script que extrae la informacion de los archivos dibujados de feem.
2
3
4 % Defino dimension de los vectores para ahorrar memoria:
5
6
7 resultados.flujos.vacio.valor=zeros(simulacion.variable.n_pasos,simulacion.imagenes_totales);
8 resultados.flujos.vacio.A=zeros(simulacion.variable.n_pasos,simulacion.imagenes_totales);
9 resultados.flujos.reaccion_inducido.valor=zeros(simulacion.variable.n_pasos,simulacion.imagenes_totales);
10 resultados.flujos.reaccion_inducido.A=zeros(simulacion.variable.n_pasos,simulacion.imagenes_totales);
11 resultados.flujos.total.A = zeros(simulacion.variable.n_pasos,simulacion.imagenes_totales);
12 resultados.flujos.total.valor = zeros(simulacion.variable.n_pasos,simulacion.imagenes_totales);
13 resultados.tiempos=zeros(1,simulacion.imagenes_totales);
14
15 resultados.tensiones.vacio = zeros(simulacion.variable.n_pasos,simulacion.imagenes_totales);
16 resultados.tensiones.total = zeros(simulacion.variable.n_pasos,simulacion.imagenes_totales);
17 resultados.tensiones.carga = zeros(simulacion.variable.n_pasos,simulacion.imagenes_totales);
18 resultados.tensiones.R_bobina = zeros(simulacion.variable.n_pasos,simulacion.imagenes_totales);
19 resultados.tensiones.L_bobina = zeros(simulacion.variable.n_pasos,simulacion.imagenes_totales);
20 resultados.tensiones.R_L_bobina = zeros(simulacion.variable.n_pasos,simulacion.imagenes_totales);
21
22 resultados.potencias.total = zeros(simulacion.variable.n_pasos,simulacion.imagenes_totales);
23 resultados.potencias.bobina = zeros(simulacion.variable.n_pasos,simulacion.imagenes_totales);
24 resultados.potencias.carga = zeros(simulacion.variable.n_pasos,simulacion.imagenes_totales);
25
26 resultados.iman.fuerza_x=zeros(simulacion.variable.n_pasos,simulacion.imagenes_totales);
27 resultados.iman.fuerza_y=zeros(simulacion.variable.n_pasos,simulacion.imagenes_totales);
28 resultados.iman.v_x = zeros(simulacion.variable.n_pasos,simulacion.imagenes_totales);
29 resultados.iman.v_y = zeros(simulacion.variable.n_pasos,simulacion.imagenes_totales);
30 resultados.iman.posicion_y = zeros(simulacion.variable.n_pasos,simulacion.imagenes_totales);
31 resultados.iman.posicion_x = zeros(simulacion.variable.n_pasos,simulacion.imagenes_totales);
32 resultados.iman.posicion_y_grafica = zeros(simulacion.variable.n_pasos,simulacion.imagenes_totales);
33 resultados.intensidad.valor = zeros(simulacion.variable.n_pasos,simulacion.imagenes_totales+1);
34
35 % Simulo para todos los pasos de variable:
36
37 for simulacion_variable_valor = simulacion.variable.inicio : simulacion.variable.A : simulacion.variable.final
38     simulacion.variable.valor = simulacion_variable_valor;
39
40     datos % Cargo datos
41
42
43     % Simulo para un tiempo simulacion.t_total:
44
45     for simulacion_t=simulacion.t:simulacion.At:simulacion.t_total
46         simulacion.t = simulacion_t;
47
48         tic % Inicio cuenta de tiempo para luego mostrar en consola el tiempo restante.
49
50
51         % Compruebo si ha completado una vuelta el iman para resetear poscion:
52         if simulacion.t>rueda.t_vuelta*simulacion.variable.vuelta % Al pasar el tiempo de 1 vuelta
53
54             iman.y = -iman.distancia+iman.yo; % Reseteo posicion
55
56             simulacion.variable.vuelta = simulacion.variable.vuelta+1; % Cuento vuelta (No la utilizo luego
57                 % pero se deja para informacion).
58         end
59
60     for n=1:iman.n
61         % Alabeo:
62
63         if ((iman.y(n)+iman.circunferencia)>=simulacion.alabeo.yo && (iman.y(n)+iman.circunferencia)<=simulacion.alabeo.ym)...
64             || (iman.y(n)>=simulacion.alabeo.yo && iman.y(n)<=simulacion.alabeo.ym);% ACERCAMIENTO
65
66     end
```



```

66     if gap.a>simulacion.gap.minimo % No es 3.1 por efecto rebote. Por defecto 2.7
67
68     gap.a = gap.a - simulacion.gap.A_alabeo; % Decremento gap.
69     simulacion.alabeo.n_iman = n; % Para compararlo en dibuja.m
70
71     end
72
73     elseif ((iman.y(n)+iman.circunferencia)>=simulacion.alabeo.ym && (iman.y(n)+iman.circunferencia)<=simulacion.alabeo.yf)...
74         || (iman.y(n)>=simulacion.alabeo.ym && iman.y(n)<=simulacion.alabeo.yf) % ALEJAMIENTO
75
76     if gap.a<simulacion.gap.a_inicial % Vuelve hasta posicion inicial.
77         gap.a = gap.a + simulacion.gap.A_alabeo; % Aumento gap.
78         simulacion.alabeo.n_iman = n; % Para compararlo en dibuja.m
79     end
80 end
81 end
82 clear n
83
84 % EN VACIO:
85 %-----
86
87 % Dibujo archivo femm:
88
89 apoyo.dibujo.modos = 1; % Modo dibujo en vacio.
90 dibuja; % Script que dibuja el archivo.
91
92 % Guardo imagen feem:
93
94 mi_saveas([ruta.femm punto_barra(simulacion.t) 'vacio.fem']); % Guardo archivo.
95
96 display(['(serie ' int2str(simulacion.variable.paso) '/' int2str(simulacion.variable.n_pasos)...
97     ') archivo generado ' ruta.femm punto_barra(simulacion.t) 'vacio.fem']); % Muestro archivo en consola.
98
99
100 %Análisis programa. 0->muestro,1=segundo plano
101
102 mi_analyze(1); % Genera archivos *.ans (Resultados Femm)
103 mi_close; % Cierro ventana (poner comentario si quiero dejar abiertas las ventanas)
104
105 % Guardo datos del dibujo: LOS GUARDO SOLO EN ESTE PARA AHORRAR RECURSOS.
106
107
108
109 resultados.iman.posicion_y(simulacion.variable.paso,simulacion.n_imagen)=iman.y(1);
110 resultados.iman.posicion_y_grafica(simulacion.variable.paso,simulacion.n_imagen)=iman.y(1)+(simulacion.variable.vuelta-1)*iman.↙
    circunferencia;
111
112 % La posicion X del iman depende de cual este alabeando, al ir referenciado al iman 1:
113
114 if simulacion.alabeo.n_iman==1
115
116     resultados.iman.posicion_x(simulacion.variable.paso,simulacion.n_imagen)=gap.a;
117
118 else
119
120     resultados.iman.posicion_x(simulacion.variable.paso,simulacion.n_imagen)=simulacion.gap.a_inicial;
121
122 end
123
124
125
126 %Obtengo el vector de datos de resultados.flujos.vacio.valor (flujos) y el de resultados.tensiones.vacio
127 % a través de la Ley de FARADAY E=-Aflujo/At.
128
129 opendocument([ruta.femm punto_barra((simulacion.n_imagen-1)*simulacion.At) 'vacio.ans']) % Cargo archivo simulacion.

```

```
130     % punto_barra es una funcion creada para cambiar el . por _ en el nombre del archivo.
131
132
133 apoyo.datos_simul_fem = mo_getcircuitproperties('bobina'); % Obtengo valores del circuito bobina.
134 resultados.flujos.vacio.valor(simulacion.variable.paso,simulacion.n_imagen)=apoyo.datos_simul_fem(3); % Saco el dato de flujo.
135
136
137 if simulacion.n_imagen>1 % La primera posicion del vector ha de ser 0. No hay instantes anteriores a 0 para calcular deltas.
138     resultados.flujos.vacio.A(simulacion.variable.paso,simulacion.n_imagen)=resultados.flujos.vacio.valor(simulacion.variable.paso ,
simulacion.n_imagen)...
139     -resultados.flujos.vacio.valor(simulacion.variable.paso , simulacion.n_imagen-1); % Incremento de flujo [Wb].
140     resultados.tiempos(simulacion.n_imagen)=simulacion.At*(simulacion.n_imagen-1); % Vector de tiempos [s].
141     resultados.tensiones.vacio(simulacion.variable.paso,simulacion.n_imagen)=-resultados.flujos.vacio.A(simulacion.variable.paso,
simulacion.n_imagen)/simulacion.At; % Vector de tensiones [V].
142     resultados.iman.v_x(simulacion.variable.paso,simulacion.n_imagen) = (resultados.iman.posicion_x(simulacion.variable.paso,simulacion.
n_imagen)-resultados.iman.posicion_x(simulacion.variable.paso,simulacion.n_imagen-1))/simulacion.At; % Vector velocidad x iman [mm/s].
143     resultados.iman.v_y(simulacion.variable.paso,simulacion.n_imagen) = (resultados.iman.posicion_y(simulacion.variable.paso,simulacion.
n_imagen)-resultados.iman.posicion_y(simulacion.variable.paso,simulacion.n_imagen-1))/simulacion.At; % Vector velocidad y iman [mm/s].
144 end
145
146 mo_close % Cierra la ventana de Femm del archivo de simulacion (postprocesado).
147 display(['(serie ' int2str(simulacion.variable.paso) '/' int2str(simulacion.variable.n_pasos)...
148 ') archivo analizado ' [ruta.femm punto_barra((simulacion.n_imagen-1)*simulacion.At) 'vacio.ans']]); % Muestro archivo en consola.
149
150 %-----
151
152 for n=1:simulacion.iteraciones % Simulo n veces para el factor de convergencia.
153 % EN CARGA: (teniendo en cuenta saturacion del nucleo por femm)
154 %-----
155
156 % Dibujo archivo femm:
157 apoyo.dibujo.modo = 3; % Modo dibujo en vacio.
158 dibuja; % Script que dibuja el archivo.
159
160
161 % Guardado:
162
163 mi_saveas([ruta.femm punto_barra(simulacion.t) 'total.fem']); % Guardo archivo.
164
165 display(['(serie ' int2str(simulacion.variable.paso) '/' int2str(simulacion.variable.n_pasos)...
166 ') archivo generado ' ruta.femm punto_barra(simulacion.t) 'total.fem']); % Muestro archivo en consola.
167
168 %Analizo progarama. 0->muestro,1=segundo plano.
169
170 mi_analyze(1); % Genera archivos *.ans (Resultados Femm).
171
172 mi_close; % Cierro ventana (poner comentario si quiero dejar abieras las ventanas).
173
174 %Obtengo el vector de datos de resultados.flujos.vacio.valor (flujos) y el de resultados.tensiones (tensiones)
175 % a traves de la Ley de FARADAY  $E=-A\text{flujo}/At$ .
176
177 opendocument([ruta.femm punto_barra((simulacion.n_imagen-1)*simulacion.At) 'total.ans']) % Cargo archivo simulacion.
178     % punto_barra es una funcion creada para cambiar el . por _ en el nombre del archivo.
179
180 apoyo.datos_simul_fem = mo_getcircuitproperties('bobina'); % Obtengo valores del circuito bobina.
181 resultados.flujos.total.valor(simulacion.variable.paso,simulacion.n_imagen)=apoyo.datos_simul_fem(3); % Saco el dato de flujo que es
el que me interesa.
182 mo_seteditmode('area'); % Establezco el modo trabajo con areas.
183 mo_selectblock(resultados.iman.posicion_x(simulacion.variable.paso,simulacion.n_imagen)+0.1,...
184 resultados.iman.posicion_y(simulacion.variable.paso,simulacion.n_imagen)+0.1); % Selecciono iman en las diferentes posiciones en las
que se ha encontrado.
185 resultados.iman.fuerza_x(simulacion.variable.paso,simulacion.n_imagen) = mo_blockintegral(18); % Obtengo fuerza en eje X.
186 resultados.iman.fuerza_y(simulacion.variable.paso,simulacion.n_imagen) = mo_blockintegral(19); % Obtengo fuerza en eje Y.
187 mo_clearblock; % Deselecciono el area del iman.
188
```

```

189
190
191 % Calculo flujos, tensiones, intensidades y potencias:
192
193 if simulacion.n_imagen>1 % La primera posicion del vector ha de ser 0. No hay instantes anteriores a 0 para calcular deltas.
194
195     resultados.flujos.total.A(simulacion.variable.paso,simulacion.n_imagen)=resultados.flujos.total.valor(simulacion.variable.paso ,
simulacion.n_imagen)...
196     -resultados.flujos.total.valor(simulacion.variable.paso , simulacion.n_imagen-1); % Incremento de flujo [Wb].
197     resultados.tensiones.total(simulacion.variable.paso,simulacion.n_imagen)=-resultados.flujos.total.A(simulacion.variable.paso ,
simulacion.n_imagen)/simulacion.At; % Vector de tensiones [V].
198
199 % Simulo en simulink un escalon de tension del circuito RLC:
200 sim('simulador_RLC',simulacion.At)
201
202 % Extraigo resultados:
203 resultados.intensidad.valor(simulacion.variable.paso,simulacion.n_imagen)= sim_intensidad(length(sim_intensidad)); % La guardo
para actualizar en iteracion.
204 resultados.intensidad.valor(simulacion.variable.paso,simulacion.n_imagen+1)= sim_intensidad(length(sim_intensidad)); % La guardo
para dibujar siguiente tiempo de esquema femm.(retraso 1 At).
205
206
207 resultados.tensiones.carga(simulacion.variable.paso,simulacion.n_imagen)= sim_tension_carga(length(sim_tension_carga));
208 resultados.tensiones.R_bobina(simulacion.variable.paso,simulacion.n_imagen)= sim_tension_R_bobina(length(sim_tension_carga));
209 resultados.tensiones.L_bobina(simulacion.variable.paso,simulacion.n_imagen)= sim_tension_L_bobina(length(sim_tension_carga));
210 resultados.tensiones.R_L_bobina(simulacion.variable.paso,simulacion.n_imagen)= sim_tension_R_L_bobina(length
(sim_tension_carga));
211
212
213 % Si se quiere hacer mediante escalon circuito RL:
214
215 % Calculo intensidad teniendo en cuenta saturacion, autoinducccion y efecto L bobina:
216 % Respuesta al escalon de un circuito RL. Libro fundamentos de circuitos electricos Mc. Graw Hill. Pag 280.
217
218 % resultados.intensidad.valor(simulacion.variable.paso,simulacion.n_imagen+1) = ...
219 % resultados.tensiones.total(simulacion.variable.paso,simulacion.n_imagen)/(bobina.resistencia+carga.resistencia)...
220 % + (resultados.intensidad.valor(simulacion.variable.paso,simulacion.n_imagen)-resultados.tensiones.total(simulacion.variable.
paso,simulacion.n_imagen)...
221 % /(bobina.resistencia+carga.resistencia)*exp(-simulacion.At/tau(simulacion.variable.paso,1));
222 %
223
224 resultados.potencias.total(simulacion.variable.paso,simulacion.n_imagen)= resultados.intensidad.valor(simulacion.variable.paso,
simulacion.n_imagen+1) * resultados.tensiones.total(simulacion.variable.paso,simulacion.n_imagen);
225 resultados.potencias.bobina(simulacion.variable.paso,simulacion.n_imagen)= resultados.intensidad.valor(simulacion.variable.paso,
simulacion.n_imagen+1)^2 *(bobina.resistencia);
226 resultados.potencias.carga(simulacion.variable.paso,simulacion.n_imagen)= resultados.intensidad.valor(simulacion.variable.paso,
simulacion.n_imagen+1)^2 * (carga.resistencia);
227
228 end
229
230 % Para tomar imagenes .bmp:
231 %-----
232 % mo_zoom(-180, -100,50, 100)
233 % mo_refreshview
234 % mo_showdensityplot(0,0,0.5,0,'mag')
235 % mo_showvectorplot(5,0.25)
236 % mo_savebitmap([ruta.femm num2str(110+simulacion.n_imagen) '.bmp'])
237 %-----
238
239
240 mo_close % Cierra la ventana de Femm del archivo de simulacion (postprocesado).
241 display(['(serie ' int2str(simulacion.variable.paso) '/' int2str(simulacion.variable.n_pasos)...
242 ') archivo analizado ' [ruta.femm punto_barra((simulacion.n_imagen-1)*simulacion.At) 'total.ans']]); % Muesto archivo en consola.
243 %-----
244 end

```

```
245 clear n;
246
247
248 % REACCION DE INDUCIDO:
249 %-----
250
251 % Dibujo archivo femm:
252 apoyo.dibujo.modos = 2; % Modo dibujo en vacio.
253 dibuja; % Script que dibuja el archivo.
254
255 % Guardado:
256
257 mi_saveas([ruta.femm punto_barra(simulacion.t) 'reaccion_inducido.fem']); % Guardo archivo.
258 display(['(serie ' int2str(simulacion.variable.paso) '/' int2str(simulacion.variable.n_pasos)...
259 ') archivo generado ' ruta.femm punto_barra(simulacion.t) 'reaccion_inducido.fem']); % Muestro archivo en consola.
260
261 %Analizo programa. 0->muestro,1=segundo plano.
262
263 mi_analyze(1); % Genera archivos *.ans (Resultados Femm).
264 mi_close; % Cierro ventana.
265
266
267 %Obtengo el vector de datos de resultados.flujos.vacio.valor (flujos) y el de resultados.tensiones (tensiones)
268 % a través de la Ley de FARADAY  $E = -A \text{flujo} / \Delta t$ .
269
270 opendocument([ruta.femm punto_barra((simulacion.n_imagen-1)*simulacion.At) 'reaccion_inducido.ans']) % Cargo archivo simulacion.
271     % punto_barra es una funcion creada para cambiar el . por _ en el nombre del archivo.
272
273 apoyo.datos_simul_fem = mo_getcircuitproperties('bobina'); % Obtengo valores del circuito bobina.
274 resultados.flujos.reaccion_inducido.valor(simulacion.variable.paso,simulacion.n_imagen)=apoyo.datos_simul_fem(3); % Saco el dato de
flujo que es el que me interesa.
275
276 if simulacion.n_imagen>1 % La primera posicion del vector ha de ser 0. No hay instantes anteriores a 0 para calcular deltas.
277     resultados.flujos.reaccion_inducido.A(simulacion.variable.paso,simulacion.n_imagen)=...
278     resultados.flujos.reaccion_inducido.valor(simulacion.variable.paso , simulacion.n_imagen)...
279     -resultados.flujos.reaccion_inducido.valor(simulacion.variable.paso , simulacion.n_imagen-1); % Incremento de flujo [Wb].
280 end
281
282 mo_close % Cierra la ventana de Femm del archivo de simulacion (postprocesado).
283
284 display(['(serie ' int2str(simulacion.variable.paso) '/' int2str(simulacion.variable.n_pasos)...
285 ') archivo analizado ' [ruta.femm punto_barra((simulacion.n_imagen-1)*simulacion.At) 'reaccion_inducido.ans']]); % Muestro archivo en
consola.
286
287 %-----
288
289
290 % Muestro en consola el tiempo restante:
291
292 apoyo.cuenta_tiempo.t_imagen = toc; % Cuento tiempo desde el tic (inicio script)
293 apoyo.cuenta_tiempo.t_restante = apoyo.cuenta_tiempo.t_imagen*((simulacion.variable.n_pasos-simulacion.variable.paso+1)...
294 *simulacion.imagenes_totales-simulacion.n_imagen); % Calculo tiempo restante para el resto de las imagenes.
295
296 apoyo.cuenta_tiempo.tiempo_horas = floor(apoyo.cuenta_tiempo.t_restante/3600); % Saco horas.
297 apoyo.cuenta_tiempo.tiempo_minutos = floor((apoyo.cuenta_tiempo.t_restante/3600 - apoyo.cuenta_tiempo.tiempo_horas) * 60); %
Saco minutos.
298 apoyo.cuenta_tiempo.tiempo_segundos = floor((apoyo.cuenta_tiempo.t_restante/60 - apoyo.cuenta_tiempo.tiempo_horas*60 - apoyo.
cuenta_tiempo.tiempo_minutos) * 60); % Saco segundos.
299
300
301 display(['Quedan ' int2str(apoyo.cuenta_tiempo.tiempo_horas) ' horas '...
302 int2str(apoyo.cuenta_tiempo.tiempo_minutos) ' minutos '...
303 int2str(apoyo.cuenta_tiempo.tiempo_segundos) ' segundos ']); % Muestro tiempo restante en consola.
304
305
```

```
306 % Incremento variables:
307 iman.y = iman.y + simulacion.Ay; % Posicion incrementada iman.
308 simulacion.n_imagen = simulacion.n_imagen+1; % Cuento imagen.
309
310 end
311 clear simulacion_t
312
313 % Calculo tensiones simulacion RMS:
314 resultados.tensiones.RMS.total(simulacion.variable.paso ,1) = rms(resultados.tensiones.total(simulacion.variable.paso ,:));
315 resultados.tensiones.RMS.vacio(simulacion.variable.paso ,1) = rms(resultados.tensiones.vacio(simulacion.variable.paso ,:));
316 resultados.tensiones.RMS.carga(simulacion.variable.paso ,1) = rms(resultados.tensiones.carga(simulacion.variable.paso ,:));
317 resultados.tensiones.RMS.R_bobina(simulacion.variable.paso,1) = rms(resultados.tensiones.R_bobina(simulacion.variable.paso,:));
318 resultados.tensiones.RMS.L_bobina(simulacion.variable.paso,1) = rms(resultados.tensiones.L_bobina(simulacion.variable.paso,:));
319 resultados.tensiones.RMS.R_L_bobina(simulacion.variable.paso,1)= rms(resultados.tensiones.R_L_bobina(simulacion.variable.paso,:));
320
321 % Calculo tensiones osciloscopio RMS en una 1ª aproximacion:
322
323 resultados.tensiones.RMS.osciloscopio.vacio.detalle = rms(resultados.onda_osciloscopio.vacio.detalle.data(:,2));
324 resultados.tensiones.RMS.osciloscopio.vacio.periodo = rms(resultados.onda_osciloscopio.vacio.periodo.data(:,2));
325 resultados.tensiones.RMS.osciloscopio.carga.detalle = rms(resultados.onda_osciloscopio.carga.detalle.data(:,2));
326 resultados.tensiones.RMS.osciloscopio.carga.periodo = rms(resultados.onda_osciloscopio.carga.periodo.data(:,2));
327
328 % Calculo intensidad RMS:
329 resultados.intensidad.RMS(simulacion.variable.paso,1)= rms(resultados.intensidad.valor(simulacion.variable.paso,:));
330
331
332 % Calculo potencias RMS:
333
334 resultados.potencias.RMS.total(simulacion.variable.paso ,1) = rms(resultados.potencias.total(simulacion.variable.paso ,:));
335 resultados.potencias.RMS.bobina(simulacion.variable.paso ,1) = rms(resultados.potencias.bobina(simulacion.variable.paso ,:));
336 resultados.potencias.RMS.carga(simulacion.variable.paso ,1) = rms(resultados.potencias.carga(simulacion.variable.paso ,:));
337
338 % Construyo leyendas para graficas:
339
340 resultados.grafica.tension.leyenda{simulacion.variable.paso,1} =...
341 [apoyo.graficas.nombre_variable ' = ' num2str(simulacion.variable.valor) apoyo.graficas.medida_variable]; % Vector celdas informacion
leyenda.
342
343 resultados.grafica.tension2.leyenda{simulacion.variable.paso,1} =...
344 [{'Vacio. Valor RMS = ' num2str(resultados.tensiones.RMS.vacio(simulacion.variable.paso ,1)) ' V'];...
345 ['Total. Valor RMS = ' num2str(resultados.tensiones.RMS.total(simulacion.variable.paso ,1)) ' V'];...
346 ['Carga. Valor RMS = ' num2str(resultados.tensiones.RMS.carga(simulacion.variable.paso ,1)) ' V'];
347
348
349 end
350 clear simulacion_variable_valor
351
352
353 % Borro primer valor de la matriz de intensidades:
354 % - Recordar que llevo un retraso de un At de muestreo.
355 [~,columnas] = size(resultados.intensidad.valor);
356 resultados.intensidad.valor(:,columnas)= [];
357 clear columnas;
358
```

```
1 % Script que genera los sucesivos archivos "fotos" de Femm (*.fem), los resultados (*.ans)
2
3
4 % Creo documento Femm. ---> 0 para documento de electromagnetismo.
5 create(0);
6
7 % Defino parámetros del problema:
8 % mi probdef(freq,units,type,precision,depth,minangle,(acsolver)).
9 % PRECISION POR DEFECTO 1.e-8
10 mi_probdef(0, 'millimeters', 'planar', 1e-8, simulacion.profundidad, 30);
11
12 % Creacion de materiales: CUIDAR MAYUSCULAS Y MINUSCULAS EN NOMBRE MATERIAL
13 mi_getmaterial('Air'); % Carga material libreria
14 mi_addmaterial('Gap', 1, 1, 0, 0, 0, 0, 1, 0, 0, 0); % Creacion material desde 0.
15 mi_getmaterial(nucleo.material);% Carga material libreria para el nucleo.
16 mi_getmaterial(bobina.h_etiqueta);% Carga material libreria. Hilo de cobre de la bobina de 0.4 mm de diametro.
17 mi_getmaterial('NdFeB 52 MGOe');% Carga material libreria.
18 mi_modifymaterial('NdFeB 52 MGOe',3,iman.cohercitividad); % DATO ENTRADA FEMM.
19 % Modifico material existente para adaptarlo a mi iman.
20 % El proceso de caracterizacion del iman se lleva a cabo con el script caracterizacion_iman.m
21 if apoyo.dibujo.modo == 1 % Vacio.
22
23 % Creacion circuitos:
24 % mi addcircprop('circuitname', i, circuittype)
25 mi_addcircprop('bobina',0,1);
26
27 end
28
29 if apoyo.dibujo.modo == 2 || apoyo.dibujo.modo == 3% Reaccion de inducido y carga.
30
31 % Creacion circuitos:
32 % mi addcircprop('circuitname', i, circuittype)
33 mi_addcircprop('bobina',resultados.intensidad.valor(simulacion.variable.paso,simulacion.n_imagen),1);
34
35 end
36
37
38 % Creacion contornos:
39 mi_addboundprop('contorno',0,0,0,0,0,0,0,0);
40
41 % DIBUJO:
42
43 % Gap:
44 mi_drawrectangle([0 0; gap.a 2*bobina.h+nucleo.h]);
45 mi_addblocklabel(0.01,0.1); % gap.a
46 mi_selectlabel(0.01,0.1);
47 %mi setblockprop('blockname', automesh, meshsize, 'incircuit', magdir, group, turns)
48 mi_setblockprop('Gap',0,simulacion.mallado.gap,0,0,0,0); % Etiqueta.
49 mi_clearselected;
50
51 % Iman:
52
53 % Comentar que el iman que deja de aparecer arriba y d_paso es pequeño
54 % se debe a que no es posible 'partir' el imán. La elevada distancia que tiene
55 % al desaparecer, hace que no tenga efecto sobre la variacion de flujo.
56 % Esto sera mas valido cuanto mas grande sea r_iman.
57 % Si r_iman fuera pequeño, aumentar el limite superior en h_iman
58 % unidades.
59 if apoyo.dibujo.modo == 1 || apoyo.dibujo.modo == 3% VACIO
60
61
62
63 for n_iman=1:iman.n % Bloque para determinar si pinto o no los imanes:
64
65     if n_iman == simulacion.alabeo.n_iman % Comprueba si el iman esta alabeando.
```

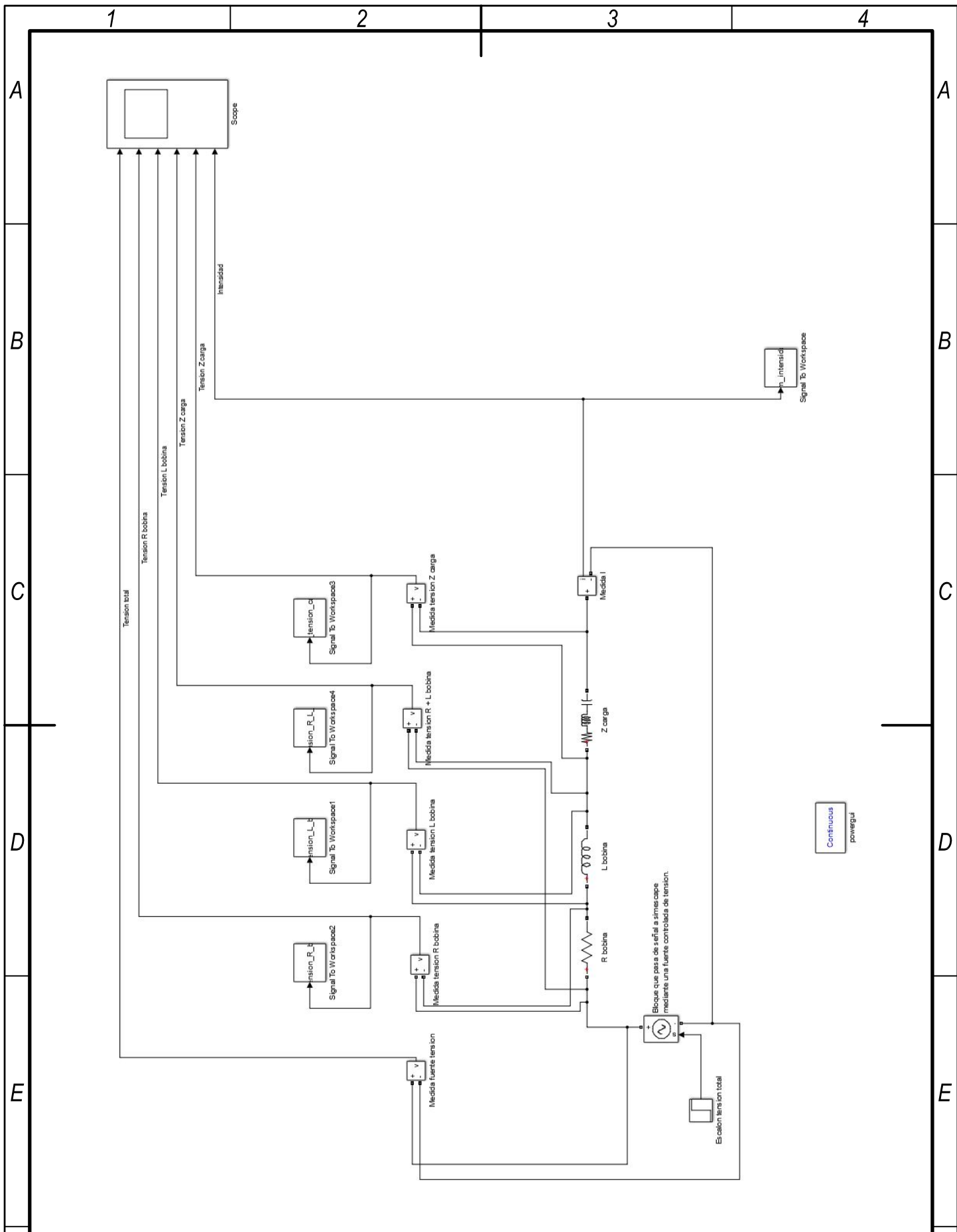



```

66 % Comprueba si se ha salido de los limites
67 if iman.y(n_iman)>=iman.yo && (iman.y(n_iman)+iman.h)<=iman.yf
68
69     mi_drawrectangle([gap.a iman.y(n_iman); gap.a+iman.a+0 iman.y(n_iman)+iman.h]); % Iman.
70     mi_addblocklabel(gap.a+0.1,iman.y(n_iman)+0.1); % Iman
71     mi_selectlabel(gap.a+0.1,iman.y(n_iman)+0.1);
72     mi_setblockprop('NdFeB 52 MGOe',0,simulacion.mallado.iman,0,180,0,0);
73     mi_clearselected;
74
75 end
76
77
78 % Comprueba si pueden aparecer los ultimos imanes por arriba:
79 if iman.y(n_iman)+iman.circunferencia >=iman.yo && (iman.y(n_iman)+iman.h)+iman.circunferencia<=iman.yf
80     %no suele hacer falta, se deja el chivato '+' para
81     %estudiarla si aparece.
82     %     disp('+')
83     %     iman.y+iman.circunferencia
84     %     iman.y(n_iman)+iman.circunferencia
85     mi_drawrectangle([gap.a iman.y(n_iman)+iman.circunferencia; gap.a+iman.a iman.y(n_iman)+iman.circunferencia+iman.h]); %
Iman
86     mi_addblocklabel(gap.a+0.1,iman.y(n_iman)+iman.circunferencia+0.1); % Iman.
87     mi_selectlabel(gap.a+0.1,iman.y(n_iman)+iman.circunferencia+0.1);
88     mi_setblockprop('NdFeB 52 MGOe',0,simulacion.mallado.iman,0,180,0,0);
89     mi_clearselected;
90 end
91
92 else
93
94 % Comprueba si se ha salido de los limites
95 if iman.y(n_iman)>=iman.yo && (iman.y(n_iman)+iman.h)<=iman.yf
96
97     mi_drawrectangle([simulacion.gap.a_inicial iman.y(n_iman); simulacion.gap.a_inicial+iman.a+0 iman.y(n_iman)+iman.h]); %
Iman.
98     mi_addblocklabel(simulacion.gap.a_inicial+0.1,iman.y(n_iman)+0.1); % Iman
99     mi_selectlabel(simulacion.gap.a_inicial+0.1,iman.y(n_iman)+0.1);
100     mi_setblockprop('NdFeB 52 MGOe',0,simulacion.mallado.iman,0,180,0,0);
101     mi_clearselected;
102
103 end
104
105
106 % Comprueba si pueden aparecer los ultimos imanes por arriba:
107 if iman.y(n_iman)+iman.circunferencia >=iman.yo && (iman.y(n_iman)+iman.h)+iman.circunferencia<=iman.yf
108     %no suele hacer falta, se deja el chivato '+' para
109     %estudiarla si aparece.
110     %     disp('+')
111     %     iman.y+iman.circunferencia
112     %     iman.y(n_iman)+iman.circunferencia
113     mi_drawrectangle([simulacion.gap.a_inicial iman.y(n_iman)+iman.circunferencia; simulacion.gap.a_inicial+iman.a iman.y
(n_iman)+iman.circunferencia+iman.h]); % Iman
114     mi_addblocklabel(simulacion.gap.a_inicial+0.1,iman.y(n_iman)+iman.circunferencia+0.1); % Iman.
115     mi_selectlabel(simulacion.gap.a_inicial+0.1,iman.y(n_iman)+iman.circunferencia+0.1);
116     mi_setblockprop('NdFeB 52 MGOe',0,simulacion.mallado.iman,0,180,0,0);
117     mi_clearselected;
118 end
119 end
120 end
121 end
122
123 clear n_iman
124
125 % Bobina:
126 mi_drawrectangle([-bobina.a 0; 0 bobina.h]); % Bobina 1 (Parte inferior)
127 mi_addblocklabel(-bobina.a+0.01,0.01); % Bobina 1

```

```
128 mi_selectlabel(-bobina.a+0.01,0.01);
129 mi_setblockprop(bobina.h_etiqueta,0,simulacion.mallado.bobina,'bobina',180,0,-bobina.N);
130 mi_clearselected;
131
132 mi_drawrectangle([-bobina.a bobina.h+nucleo.h; 0 2*bobina.h+nucleo.h]); % Bobina 2 (Parte superior)
133 mi_addblocklabel(-bobina.a+0.01,bobina.h+nucleo.h+0.01); % Bobina 2
134 mi_selectlabel(-bobina.a+0.01,bobina.h+nucleo.h+0.01);
135 mi_setblockprop(bobina.h_etiqueta,0,simulacion.mallado.bobina,'bobina',180,0,bobina.N);
136 mi_clearselected;
137
138 % Nucleo:
139 for y_chapa = 0 : nucleo.chapa.h : (nucleo.h -nucleo.chapa.h) % Para hacer el nucleo con varias chapas.
140     % Meter solo el espesor de chapa
141
142     mi_drawrectangle([-bobina.a bobina.h+y_chapa; 0 bobina.h+y_chapa+nucleo.chapa.h]);
143     mi_addblocklabel(-bobina.a+0.01,bobina.h+y_chapa+0.01);
144     mi_selectlabel(-bobina.a+0.01,bobina.h+y_chapa+0.01);
145     mi_setblockprop(nucleo.material,0,simulacion.mallado.m50,0,0,0,0);
146     mi_clearselected;
147
148 end
149 clear y_chapa
150
151 % Arcos:
152
153     % Arco exterior (Arco 1):
154     mi_drawarc(-simulacion.contorno1,iman.h/2,simulacion.contorno1,iman.h/2,180,1); % Arco 1 inferior
155     mi_drawarc(+simulacion.contorno1,iman.h/2,-simulacion.contorno1,iman.h/2,180,1); % Arco 1 superior
156     mi_addblocklabel(-simulacion.contorno1+0.1,iman.h/2); % Air1
157     mi_selectlabel(-simulacion.contorno1+0.1,iman.h/2);
158     mi_setblockprop('Air',0,simulacion.mallado.air1,0,0,0,0);
159     mi_clearselected;
160
161     % Contorno exterior (Contorno 1):
162     %mi_setarcsegmentprop(maxsegdeg, 'propname', hide, group)
163     mi_selectarcsegment(-simulacion.contorno1,iman.h/2+1);
164     mi_selectarcsegment(-simulacion.contorno1,iman.h/2-1);
165     mi_setarcsegmentprop(1,'contorno',0,0);
166     mi_clearselected;
167
168     % Arco interior (se utiliza para reducir los calculos por tener menos mallado):
169     mi_drawarc(-iman.yf-iman.h,iman.h/2,iman.yf+iman.h,iman.h/2,180,1); % Arco interior inferior
170     mi_drawarc(iman.yf+iman.h,iman.h/2,-iman.yf-iman.h,iman.h/2,180,1); % Arco interior superior
171     mi_addblocklabel(-iman.yf+0.1,iman.h/2); % Air Interior.
172     mi_selectlabel(-iman.yf+0.1,iman.h/2);
173     mi_setblockprop('Air',0,simulacion.mallado.air_interior,0,0,0,0);
174     mi_zoomnatural; % Hago Zoom en el circulo 1 para verlo mejor
175     mi_clearselected;
176
177
```



	<i>Fecha</i>	<i>Nombre</i>	<i>Firma:</i>	 Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza
<i>Dibujado</i>	20/06/2015	Victor Muñoz Forcano		
<i>Comprobado</i>				
<i>Escala</i>	<i>Título</i>	'simulador_RLC.slx'. Simulador del conjunto bobina-carga en simulink.		<i>Nº Alumno</i> 525000
				<i>Curso</i>
				<i>Plano Nº</i> 4.6

```
1 % Graficos1. Estudio diferentes tensiones carga simuladas y posicion y iman.
2 % Script que grafica:
3 % Tensiones carga simuladas frente a tiempo.
4 % Tensiones carga simuladas frente a posicion y iman (tomada desde la base del mismo, ver archivos femm).
5 % Grafico de la disposicion de los imanes en los radios de la bici.
6 % (segun el nº de imanes y como se ajustan a los radios para lograr la disposicion mas equilibrada).
7
8 % Grafico tensiones cargas frente a tiempo:
9
10 figure('Name','Graficos1. Estudio diferentes tensiones carga simuladas y posicion y iman.', 'NumberTitle','off'); % Nombre de la ventana.
11 subplot(2,2,1:2);
12 hold on;
13 resultados.grafica.colores=hsv(simulacion.variable.n_pasos); % Creo mapa de colores.
14 for simulacion_variable_paso=1:simulacion.variable.n_pasos
15
16 plot(resultados.tiempos,resultados.tensiones.carga(simulacion_variable_paso,:),'-rs',...
17      'color',resultados.grafica.colores(simulacion_variable_paso,:), ...
18      'LineWidth',2,...
19      'MarkerEdgeColor','k',...
20      'MarkerFaceColor',resultados.grafica.colores(simulacion_variable_paso,:),...
21      'MarkerSize',5)
22
23 end
24 clear simulacion_variable_paso;
25
26 title('Tension carga simulada');
27 xlabel('Tiempo [s]');
28 ylabel('Tensión [V]');
29 grid on;
30 legend(resultados.grafica.tension.leyenda);
31
32 % Grafico simulaciones contra posicion iman_y:
33 subplot(2,2,3)
34 hold on;
35 resultados.grafica.colores=hsv(simulacion.variable.n_pasos); % Creo mapa de colores.
36 for simulacion_variable_paso=1:simulacion.variable.n_pasos
37
38 plot(resultados.iman.posicion_y_grafica(simulacion_variable_paso,:),resultados.tensiones.total(simulacion_variable_paso,:),'-rs',...
39      'color',resultados.grafica.colores(simulacion_variable_paso,:), ...
40      'LineWidth',2,...
41      'MarkerEdgeColor','k',...
42      'MarkerFaceColor',resultados.grafica.colores(simulacion_variable_paso,:),...
43      'MarkerSize',5)
44
45 end
46 clear simulacion_variable_paso;
47
48 title('Tension carga simulada');
49 xlabel('Posicion Y [mm]');
50 ylabel('Tensión [V]');
51 grid on;
52 legend(resultados.grafica.tension.leyenda);
53
54 % Dibujo grafica imanes-radios:
55 subplot(2,2,4);
56 dibuja_imanes(iman.n,iman.r,rueda.llanta.r); % Funcion dibuja_imanes.m
57
58 % Guardo Grafica:
59 saveas(gcf,[ruta.grafica 'graficos1.fig'])% La guardo en .fig -> Formato figura Matlab.
```

```

1 % Graficos2. Estudio alabeo.
2 % Script que grafica:
3 % Onda de tension simulada en carga y del osciloscopio.
4 % Fuerzas xy iman, trayectoria, velocidad xy iman.
5
6
7
8 figure('Name','Graficos2. Estudio del alabeo.','NumberTitle','off'); % Nombre de la ventana.
9 % Grafica fuerza - posicion y iman:
10 subplot(2,2,1) % Creo 2 lineas de 2 columnas de grafica y focalizo la 1.
11 hold on;
12
13 for simulacion_variable_paso=1:simulacion.variable.n_pasos
14 resultados.grafica.alabeo.fuerza_posicion.colores=hsv(2*simulacion.variable.n_pasos); % Creo mapa de colores.
15 plot(resultados.iman.posicion_y_grafica(simulacion_variable_paso,:),resultados.iman.fuerza_x(simulacion_variable_paso:),...
16      '-rs','color',resultados.grafica.alabeo.fuerza_posicion.colores(simulacion_variable_paso:), ...
17      'LineWidth',2,...
18      'MarkerEdgeColor','k',...
19      'MarkerFaceColor',resultados.grafica.alabeo.fuerza_posicion.colores(simulacion_variable_paso:),...
20      'MarkerSize',5)
21 resultados.grafica.alabeo.fuerza_posicion.leyenda{simulacion_variable_paso}=['Eje X. ' resultados.grafica.tension.leyenda
(simulacion_variable_paso)];
22 end
23 clear simulacion_variable_paso;
24
25 for simulacion_variable_paso=1:simulacion.variable.n_pasos
26
27
28 plot(resultados.iman.posicion_y_grafica(simulacion_variable_paso,:),resultados.iman.fuerza_y(simulacion_variable_paso:),...
29      '-rs','color',resultados.grafica.alabeo.fuerza_posicion.colores(simulacion_variable_paso+simulacion.variable.n_pasos:), ...
30      'LineWidth',2,...
31      'MarkerEdgeColor','k',...
32      'MarkerFaceColor',resultados.grafica.alabeo.fuerza_posicion.colores(simulacion_variable_paso+simulacion.variable.n_pasos:),...
33      'MarkerSize',5)
34 resultados.grafica.alabeo.fuerza_posicion.leyenda{simulacion_variable_paso+simulacion.variable.n_pasos}=['Eje Y. ' resultados.grafica.
tension.leyenda{simulacion_variable_paso}];
35 end
36 clear simulacion_variable_paso;
37
38 title('Fuerza iman-bobina contra posicion y iman');
39 xlabel('Posicion y iman [mm]');
40 ylabel('Fuerza [N]');
41 legend(resultados.grafica.alabeo.fuerza_posicion.leyenda);
42 grid on;
43
44 % Grafica fuerza - tiempo:
45 subplot(2,2,3) % Creo 2 lineas de 2 columnas de grafica y focalizo la 3.
46 hold on;
47
48 for simulacion_variable_paso=1:simulacion.variable.n_pasos
49 resultados.grafica.alabeo.fuerza_tiempo.colores=hsv(2*simulacion.variable.n_pasos); % Creo mapa de colores.
50 plot(resultados.tiempos,resultados.iman.fuerza_x(simulacion_variable_paso:),...
51      '-rs','color',resultados.grafica.alabeo.fuerza_tiempo.colores(simulacion_variable_paso:), ...
52      'LineWidth',2,...
53      'MarkerEdgeColor','k',...
54      'MarkerFaceColor',resultados.grafica.alabeo.fuerza_tiempo.colores(simulacion_variable_paso:),...
55      'MarkerSize',5)
56 resultados.grafica.alabeo.fuerza_tiempo.leyenda{simulacion_variable_paso}=['Eje X. ' resultados.grafica.tension.leyenda
(simulacion_variable_paso)];
57 end
58 clear simulacion_variable_paso;
59
60 for simulacion_variable_paso=1:simulacion.variable.n_pasos
61
62

```

```

63 plot(resultados.tiempos,resultados.iman.fuerza_y(simulacion_variable_paso;),...
64     '-rs','color',resultados.grafica.alabeo.fuerza_tiempo.colores(simulacion_variable_paso+simulacion.variable.n_pasos;), ...
65     'LineWidth',2,...
66     'MarkerEdgeColor','k',...
67     'MarkerFaceColor',resultados.grafica.alabeo.fuerza_tiempo.colores(simulacion_variable_paso+simulacion.variable.n_pasos;),... %'g'
68     'MarkerSize',5)
69 resultados.grafica.alabeo.fuerza_tiempo.leyenda{simulacion_variable_paso+simulacion.variable.n_pasos}=[ 'Eje Y. ' resultados.grafica.
tension.leyenda{simulacion_variable_paso}];
70 end
71 clear simulacion_variable_paso;
72 title('Fuerza iman-bobina contra tiempo');
73 xlabel('Tiempo [s]');
74 ylabel('Fuerza [N]');
75 legend(resultados.grafica.alabeo.fuerza_tiempo.leyenda);
76 grid on;
77
78 % Trayectoria iman:
79 subplot(2,2,2) % Creo 2 lineas de 2 columnas de grafica y focalizo la 2.
80
81 hold on;
82 for simulacion_variable_paso=1:simulacion.variable.n_pasos
83 resultados.grafica.alabeo.trayectoria.colores=hsv(simulacion.variable.n_pasos); % Creo mapa de colores.
84 plot(resultados.iman.posicion_x(simulacion_variable_paso;),resultados.iman.posicion_y_grafica(simulacion_variable_paso;),...
85     '-rs','color',resultados.grafica.alabeo.trayectoria.colores(simulacion_variable_paso;), ...
86     'LineWidth',2,...
87     'MarkerEdgeColor','k',...
88     'MarkerFaceColor',resultados.grafica.alabeo.trayectoria.colores(simulacion_variable_paso;),... %'g'
89     'MarkerSize',5)
90 resultados.grafica.alabeo.trayectoria.leyenda{simulacion_variable_paso}=[ 'Trayectoria. ' resultados.grafica.tension.leyenda
{simulacion_variable_paso}];
91 end
92 clear simulacion_variable_paso;
93
94 title('Trayectoria iman');
95 xlabel('Eje X [mm]');
96 ylabel('Eje Y [mm]');
97 legend(resultados.grafica.alabeo.trayectoria.leyenda);
98 grid on;
99
100
101 % Velocidad X iman contra tiempo:
102 subplot(2,2,4) % Creo 2 linea de 2 columnas de grafica y focalizo la 4.
103 hold on;
104
105 for simulacion_variable_paso=1:simulacion.variable.n_pasos
106 resultados.grafica.alabeo.velocidadX_tiempo.colores=hsv(simulacion.variable.n_pasos); % Creo mapa de colores *****PROYECTO 3*****
107 plot(resultados.tiempos,resultados.iman.v_x(simulacion_variable_paso;),...
108     '-rs','color',resultados.grafica.alabeo.velocidadX_tiempo.colores(simulacion_variable_paso;), ...
109     'LineWidth',2,...
110     'MarkerEdgeColor','k',...
111     'MarkerFaceColor',resultados.grafica.alabeo.velocidadX_tiempo.colores(simulacion_variable_paso;),... %'g'
112     'MarkerSize',5)
113 resultados.grafica.alabeo.velocidadX_tiempo.leyenda{simulacion_variable_paso}=[ 'Velocidad. ' resultados.grafica.tension.leyenda
{simulacion_variable_paso}];
114 end
115 clear simulacion_variable_paso;
116
117 title('Velocidad X iman');
118 xlabel('Tiempo [s]');
119 ylabel('Velocidad X iman [mm/s]');
120 legend(resultados.grafica.alabeo.velocidadX_tiempo.leyenda);
121 grid on;
122
123 % Guardo Grafica:

```



```
124 saveas(gcf,[ruta.grafica 'graficos2.fig'])% La guardo en .fig -> Formato figura Matlab.  
125  
126  
127
```

```
1 % Graficos3. Estudio tensiones circuito.
2 % Script que grafica:
3 % Grafico tension total, carga, R bobina, L bobina, R+L bobina, intensidad circuito.
4
5
6
7 for simulacion_variable_paso=1:simulacion.variable.n_pasos % Simulo para el total de pasos de la variable estudiada.
8 figure('Name',['Graficos3. Analisis tensiones circuito. ' resultados.grafica.tension.leyenda{simulacion_variable_paso}], 'NumberTitle','off') % Nombre de la ventana.
9
10 resultados.grafica.colores=hsv(5); % Creo mapa de colores.
11
12
13 % Grafico tension total, carga, R bobina, L bobina, R+L bobina, intensidad circuito.
14
15 subplot(6,1,1);
16 hold on;
17
18 plot(resultados.tiempos,resultados.tensiones.total(simulacion_variable_paso,:),'-rs',...
19      'color',resultados.grafica.colores(4,:), ...
20      'LineWidth',2,...
21      'MarkerEdgeColor','k',...
22      'MarkerFaceColor',resultados.grafica.colores(4,:),...
23      'MarkerSize',5)% Grafico onda tension total(induccion iman+reaccion inducido).
24
25 title('Tension total');
26 xlabel('Tiempo [s]');
27 ylabel('Tensión [V]');
28 grid on;
29 legend(['Tension total carga. Valor RMS = ' num2str(resultados.tensiones.RMS.total(simulacion_variable_paso ,1)) ' V']);
30
31 subplot(6,1,2);
32 hold on;
33
34 plot(resultados.tiempos,resultados.tensiones.carga(simulacion_variable_paso,:),'-rs',...
35      'color',resultados.grafica.colores(4,:), ...
36      'LineWidth',2,...
37      'MarkerEdgeColor','k',...
38      'MarkerFaceColor',resultados.grafica.colores(4,:),...
39      'MarkerSize',5)
40
41 title('Tension carga');
42 xlabel('Tiempo [s]');
43 ylabel('Tensión [V]');
44 grid on;
45 legend(['Tension carga. Valor RMS = ' num2str(resultados.tensiones.RMS.carga(simulacion_variable_paso,1)) ' V']);
46
47 subplot(6,1,3);
48 hold on;
49
50 plot(resultados.tiempos,resultados.tensiones.R_bobina(simulacion_variable_paso,:),'-rs',...
51      'color',resultados.grafica.colores(4,:), ...
52      'LineWidth',2,...
53      'MarkerEdgeColor','k',...
54      'MarkerFaceColor',resultados.grafica.colores(4,:),...
55      'MarkerSize',5)
56
57 title('Tension R bobina');
58 xlabel('Tiempo [s]');
59 ylabel('Tensión [V]');
60 grid on;
61 legend(['Tension R bobina. Valor RMS = ' num2str(resultados.tensiones.RMS.R_bobina(simulacion_variable_paso ,1)) ' V']);
62
63 subplot(6,1,4);
64 hold on;
```

```
65
66 plot(resultados.tiempos,resultados.tensiones.L_bobina(simulacion_variable_paso;),'-rs',...
67     'color',resultados.grafica.colores(4,:), ...
68     'LineWidth',2,...
69     'MarkerEdgeColor','k',...
70     'MarkerFaceColor',resultados.grafica.colores(4,:),...
71     'MarkerSize',5)
72
73 title('Tension L bobina');
74 xlabel('Tiempo [s]');
75 ylabel('Tensión [V]');
76 grid on;
77 legend(['Tension L bobina. Valor RMS = ' num2str(resultados.tensiones.RMS.L_bobina(simulacion_variable_paso ,1)) ' V']);
78
79 subplot(6,1,5);
80 hold on;
81
82 plot(resultados.tiempos,resultados.tensiones.R_L_bobina(simulacion_variable_paso;),'-rs',...
83     'color',resultados.grafica.colores(4,:), ...
84     'LineWidth',2,...
85     'MarkerEdgeColor','k',...
86     'MarkerFaceColor',resultados.grafica.colores(4,:),...
87     'MarkerSize',5)
88
89 title('Tension R+L bobina');
90 xlabel('Tiempo [s]');
91 ylabel('Tensión [V]');
92 grid on;
93 legend(['Tension R+L bobina. Valor RMS = ' num2str(resultados.tensiones.RMS.R_L_bobina(simulacion_variable_paso ,1)) ' V']);
94
95
96 subplot(6,1,6);
97 hold on;
98
99 plot(resultados.tiempos,resultados.intensidad.valor(simulacion_variable_paso;),'-rs',...
100     'color',resultados.grafica.colores(4,:), ...
101     'LineWidth',2,...
102     'MarkerEdgeColor','k',...
103     'MarkerFaceColor',resultados.grafica.colores(4,:),...
104     'MarkerSize',5)
105
106 title('Intensidad bobina');
107 xlabel('Tiempo [s]');
108 ylabel('Amperios [A]');
109 grid on;
110 legend(['Intensidad bobina. Valor RMS = ' num2str(resultados.intensidad.RMS(simulacion_variable_paso ,1)) ' V']);
111
112
113 % Guardo Grafica:
114 saveas(gcf,[ruta.grafica 'graficos3_' apoyo.graficas.nombre_variable '_' ...
115 punto_barra(simulacion.variable.inicio+(simulacion.variable.A*(simulacion_variable_paso-1))) '.fig'])% La guardo en .fig -> Formato figura
Matlab.
116
117 end
```

```

1 % Graficos4. Estudio de la reaccion de inducido en detalle.
2 % Script que grafica:
3 % Grafico flujo en vacio, reaccion de inducido y total frente a tiempo.
4 % Grafico intensidad de reaccion de inducido frente a tiempo.
5 % Grafico tension resultante, de vacio y osciloscopio frente a tiempo.
6
7 for simulacion_variable_paso=1:simulacion.variable.n_pasos % Simulo para el total de pasos de la variable estudiada.
8 figure('Name','Graficos4. Estudio de la reaccion de inducido en detalle. ' resultados.grafica.tension.leyenda
(simulacion_variable_paso)'],'NumberTitle','off') % Nombre de la ventana.
9
10 resultados.grafica.colores=hsv(5); % Creo mapa de colores.
11
12
13 % Grafico flujos de la bobina frente a tiempo:
14
15 subplot(3,4,[1 2 5 6]);
16 hold on;
17
18 plot(resultados.tiempos,resultados.flujos.vacio.valor(simulacion_variable_paso;),'-rs',...
19     'color',resultados.grafica.colores(1,:), ...
20     'LineWidth',2,...
21     'MarkerEdgeColor','k',...
22     'MarkerFaceColor',resultados.grafica.colores(1,:),...
23     'MarkerSize',5)
24 plot(resultados.tiempos,resultados.flujos.reaccion_inducido.valor(simulacion_variable_paso;),'-rs',...
25     'color',resultados.grafica.colores(3,:), ...
26     'LineWidth',2,...
27     'MarkerEdgeColor','k',...
28     'MarkerFaceColor',resultados.grafica.colores(3,:),...
29     'MarkerSize',5)
30 plot(resultados.tiempos,resultados.flujos.total.valor(simulacion_variable_paso;)...
31     '-rs',...
32     'color',resultados.grafica.colores(4,:), ...
33     'LineWidth',2,...
34     'MarkerEdgeColor','k',...
35     'MarkerFaceColor',resultados.grafica.colores(4,:),...
36     'MarkerSize',5)
37 title('Flujos');
38 xlabel('Tiempo [s]');
39 ylabel('Flujo [Wb]');
40 grid on;
41 legend('Flujo en vacio','Flujo reaccion inducido','Flujo total');
42
43 % Grafico intensidad de reaccion de inducido frente a tiempo:
44
45
46 subplot(3,4,9:10);
47 hold on;
48
49 plot(resultados.tiempos,resultados.intensidad.valor(simulacion_variable_paso;),'-rs',...
50     'color',resultados.grafica.colores(3,:), ...
51     'LineWidth',2,...
52     'MarkerEdgeColor','k',...
53     'MarkerFaceColor',resultados.grafica.colores(3,:),...
54     'MarkerSize',5)
55
56 title('Intensidad de reaccion de inducido');
57 xlabel('Tiempo [s]');
58 ylabel('Intensidad [A]');
59 grid on;
60 legend(['Intensidad de reaccion de inducido. Valor RMS = ' num2str( resultados.intensidad.RMS(simulacion.variable.paso ,1)) ' A']);
61
62 % Grafico ondas de tension resultante, de vacio y osciloscopio frente a tiempo:
63
64 subplot(3,4,[3 4 7 8 11 12]);

```

```

65 hold on;
66
67
68 plot(resultados.onda_osciloscopio.vacio.detalle.data(:,1)+resultados.onda_osciloscopio.vacio.detalle.desplazamiento,...
69 resultados.onda_osciloscopio.vacio.detalle.data(:,2),'-',...
70     'color',resultados.grafica.colores(2,:), ...
71     'LineWidth',1,...
72     'MarkerEdgeColor','k',...
73     'MarkerFaceColor',[0 0 0],...
74     'MarkerSize',5); % Grafico onda tension osciloscopio vacio con desfase.
75
76 plot(resultados.tiempos,resultados.tensiones.vacio(simulacion_variable_paso;),'-rs',...
77     'color',resultados.grafica.colores(1,:), ...
78     'LineWidth',2,...
79     'MarkerEdgeColor','k',...
80     'MarkerFaceColor',resultados.grafica.colores(1,:),...
81     'MarkerSize',5);
82 plot(resultados.tiempos,resultados.tensiones.total(simulacion_variable_paso;),'-rs',...
83     'color',resultados.grafica.colores(4,:), ...
84     'LineWidth',2,...
85     'MarkerEdgeColor','k',...
86     'MarkerFaceColor',resultados.grafica.colores(4,:),...
87     'MarkerSize',5)
88 plot(resultados.onda_osciloscopio.carga.detalle.data(:,1)+resultados.onda_osciloscopio.carga.detalle.desplazamiento,...
89 resultados.onda_osciloscopio.carga.detalle.data(:,2),'-',...
90     'color',resultados.grafica.colores(3,:), ...
91     'LineWidth',1,...
92     'MarkerEdgeColor','k',...
93     'MarkerFaceColor',[0 0 0],...
94     'MarkerSize',5); % Grafico onda tension osciloscopio carga con desfase.
95 plot(resultados.tiempos,resultados.tensiones.carga(simulacion_variable_paso;),'-rs',...
96     'color',resultados.grafica.colores(5,:), ...
97     'LineWidth',2,...
98     'MarkerEdgeColor','k',...
99     'MarkerFaceColor',resultados.grafica.colores(5,:),...
100     'MarkerSize',5)
101
102 title('Forma de ondas de tension en carga');
103 xlabel('Tiempo [s]');
104 ylabel('Tensión [V]');
105 grid on;
106 legend(['Osciloscopio vacio. Valor RMS = ' num2str(resultados.tensiones.RMS.osciloscopio.vacio.detalle) ' V'],...
107     ['Vacio. Valor RMS = ' num2str(resultados.tensiones.RMS.vacio(simulacion.variable.paso ,1)) ' V'],...
108     ['Total carga. Valor RMS = ' num2str(resultados.tensiones.RMS.total(simulacion.variable.paso ,1)) ' V'],...
109     ['Osciloscopio carga. Valor RMS = ' num2str(resultados.tensiones.RMS.osciloscopio.carga.detalle) ' V'],...
110     ['Carga. Valor RMS = ' num2str(resultados.tensiones.RMS.carga(simulacion.variable.paso ,1)) ' V']);
111
112
113 % Guardo Grafica:
114 saveas(gcf,[ruta.grafica 'graficos4_' apoyo.graficas.nombre_variable '_'...
115 punto_barra(simulacion.variable.inicio+(simulacion.variable.A*(simulacion_variable_paso-1))) '.fig'])% La guardo en .fig -> Formato figura
Matlab.
116
117 end
118 clear simulacion_variable_paso;
119
120
121
122

```

```

1 % Graficos5. Estudio de la potencia generada en detalle.
2 % Script que grafica:
3 % Grafico potencia total, carga y resistencia interna bobina.
4 % Grafico intensidad de reaccion de inducido frente a tiempo.
5 % Grafico tension resultante, de vacio y osciloscopio frente a tiempo.
6
7
8
9
10 for simulacion_variable_paso=1:simulacion.variable.n_pasos % Simulo para el total de pasos de la variable estudiada.
11 simulacion.variable.paso = simulacion_variable_paso;
12
13 figure('Name',['Graficos5. Estudio de la potencia generada en detalle. ' resultados.grafica.tension.leyenda
{simulacion_variable_paso}], 'NumberTitle','off') % Nombre de la ventana.
14
15 resultados.grafica.colores=hsv(5); % Creo mapa de colores.
16
17 % Grafico potencias:
18
19 subplot(3,4,[1 2 5 6]);
20 hold on;
21
22 plot(resultados.tiempos,resultados.potencias.total(simulacion_variable_paso,:),'-rs',...
23     'color',resultados.grafica.colores(4,:), ...
24     'LineWidth',2,...
25     'MarkerEdgeColor','k',...
26     'MarkerFaceColor',resultados.grafica.colores(4,:),...
27     'MarkerSize',5)
28 plot(resultados.tiempos,resultados.potencias.bobina(simulacion_variable_paso,:),'-rs',...
29     'color',resultados.grafica.colores(3,:), ...
30     'LineWidth',2,...
31     'MarkerEdgeColor','k',...
32     'MarkerFaceColor',resultados.grafica.colores(3,:),...
33     'MarkerSize',5)
34 plot(resultados.tiempos,resultados.potencias.carga(simulacion_variable_paso,:),'-rs',...
35     'color',resultados.grafica.colores(5,:), ...
36     'LineWidth',2,...
37     'MarkerEdgeColor','k',...
38     'MarkerFaceColor',resultados.grafica.colores(5,:),...
39     'MarkerSize',5)
40 title('Potencias');
41 xlabel('Tiempo [s]');
42 ylabel('Potencia [W]');
43 grid on;
44 legend(['Potencia total. Valor RMS = ' num2str(resultados.potencias.RMS.total(simulacion.variable.paso ,1)) ' W'],...
45     ['Potencia R interna(bobina). Valor RMS = ' num2str(resultados.potencias.RMS.bobina(simulacion.variable.paso ,1)) ' W'],...
46     ['Potencia carga. Valor RMS = ' num2str(resultados.potencias.RMS.carga(simulacion.variable.paso ,1)) ' W']);
47
48
49 % Grafico intensidad de reaccion de inducido frente a tiempo:
50
51 subplot(3,4,9:10);
52 hold on;
53
54 plot(resultados.tiempos,resultados.intensidad.valor(simulacion_variable_paso,:),'-rs',...
55     'color',resultados.grafica.colores(3,:), ...
56     'LineWidth',2,...
57     'MarkerEdgeColor','k',...
58     'MarkerFaceColor',resultados.grafica.colores(3,:),...
59     'MarkerSize',5)
60 title('Intensidad de reaccion de inducido');
61 xlabel('Tiempo [s]');
62 ylabel('Intensidad [A]');
63 grid on;
64 legend(['Intensidad de reaccion de inducido. Valor RMS = ' num2str( resultados.intensidad.RMS(simulacion.variable.paso ,1)) ' A']);

```



```

65
66 % Grafico ondas de tension resultante, de vacio y osciloscopio frente a tiempo:
67
68 subplot(3,4,[3 4 7 8 11 12]);
69 hold on;
70
71
72 plot(resultados.onda_osciloscopio.vacio.detalle.data(:,1)+resultados.onda_osciloscopio.vacio.detalle.desplazamiento,...
73 resultados.onda_osciloscopio.vacio.detalle.data(:,2),'-l',...
74     'color',resultados.grafica.colores(2,:), ...
75     'LineWidth',1,...
76     'MarkerEdgeColor','k',...
77     'MarkerFaceColor',[0 0 0],...
78     'MarkerSize',5);% Grafico onda tension osciloscopio vacio con desfase.
79
80 plot(resultados.tiempos,resultados.tensiones.vacio(simulacion_variable_paso:),'-rs',...
81     'color',resultados.grafica.colores(1,:), ...
82     'LineWidth',2,...
83     'MarkerEdgeColor','k',...
84     'MarkerFaceColor',resultados.grafica.colores(1,:),...
85     'MarkerSize',5);
86 plot(resultados.tiempos,resultados.tensiones.total(simulacion_variable_paso:),'-rs',...
87     'color',resultados.grafica.colores(4,:), ...
88     'LineWidth',2,...
89     'MarkerEdgeColor','k',...
90     'MarkerFaceColor',resultados.grafica.colores(4,:),...
91     'MarkerSize',5)
92 plot(resultados.onda_osciloscopio.carga.detalle.data(:,1)+resultados.onda_osciloscopio.carga.detalle.desplazamiento,...
93 resultados.onda_osciloscopio.carga.detalle.data(:,2),'-l',...
94     'color',resultados.grafica.colores(3,:), ...
95     'LineWidth',1,...
96     'MarkerEdgeColor','k',...
97     'MarkerFaceColor',[0 0 0],...
98     'MarkerSize',5);% Grafico onda tension osciloscopio carga con desfase.
99 plot(resultados.tiempos,resultados.tensiones.carga(simulacion_variable_paso:),'-rs',...
100     'color',resultados.grafica.colores(5,:), ...
101     'LineWidth',2,...
102     'MarkerEdgeColor','k',...
103     'MarkerFaceColor',resultados.grafica.colores(5,:),...
104     'MarkerSize',5)
105
106 title('Forma de ondas de tension en carga');
107 xlabel('Tiempo [s]');
108 ylabel('Tensión [V]');
109 grid on;
110 legend(['onda osciloscopio vacio. Valor RMS = ' num2str(resultados.tensiones.RMS.osciloscopio.vacio.detalle) ' V'],...
111     ['Tension vacio. Valor RMS = ' num2str(resultados.tensiones.RMS.vacio(simulacion.variable.paso ,1)) ' V'],...
112     ['Tension total carga. Valor RMS = ' num2str(resultados.tensiones.RMS.total(simulacion.variable.paso ,1)) ' V'],...
113     ['onda osciloscopio carga. Valor RMS = ' num2str(resultados.tensiones.RMS.osciloscopio.carga.detalle) ' V'],...
114     ['Tension carga. Valor RMS = ' num2str(resultados.tensiones.RMS.carga(simulacion.variable.paso ,1)) ' V']);
115
116
117 % Guardo Grafica:
118 saveas(gcf,[ruta.grafica 'graficos5_' apoyo.graficas.nombre_variable '_']...
119 punto_barra(simulacion.variable.inicio+(simulacion.variable.A*(simulacion_variable_paso-1))) '.fig')% La guardo en .fig -> Formato figura
Matlab.
120
121 end

```

```

1 % Graficos6. Error y ajuste de vectores de onda de vacio en detalle.
2 % Script que obtiene informacion de los errores y grafica:
3 % Onda de tension del osciloscopio y onda simulada originales.
4 % Desfase ideal entre señal osciloscopio y señal simulada.
5 % Onda tension del osciloscopio con el muestreo de la simulacion.
6 % Onda tension osciloscopio remuestreada y desfasada junto a tension simulada.
7 % Onda tension del osciloscopio remuestreada y recortada junto a tension simulada.
8 % Comprobacion del desfase aplicado a onda osciloscopio y coeficiente normalizado de la correlacion.
9 % Obtencion del parecido en % de las ondas simuladas y del osciloscopio.
10
11
12 for simulacion_variable_paso=1:1:simulacion.variable.n_pasos
13
14 % Adaptacion onda real a tiempos de discretizacion simulacion.
15
16 % Muestreo osciloscopio At_osc = 0.00002 = 2e-5 s --> Da un vector de 2500
17 % posiciones --> abarca un tiempo de 2500*2e-5= 0.05 s
18 resultados.error.At_osc = 2e-5;
19 resultados.error.T_osc = 2500*resultados.error.At_osc;
20 % Quiero conseguir vector de tiempos con muestreo At = 0.0005
21 apoyo.error.longitud_vector_tiempos = floor(resultados.error.T_osc/simulacion.At);
22
23
24 % Grafico onda de tension del osciloscopio y onda simulada:
25
26 figure('Name',['Graficos6. Error y ajuste de vectores de onda de vacio en detalle.' resultados.grafica.tension.leyenda
{simulacion_variable_paso}'],'NumberTitle','off') % Nombre de la ventana.
27
28 subplot(6,3,[1 4 7]);
29 hold on;
30 resultados.grafica.colores=hsv(simulacion.variable.n_pasos+1); % Creo mapa de colores.
31
32 plot(resultados.tiempos,resultados.tensiones.vacio(simulacion_variable_paso,:),'-rs',...
33     'color',resultados.grafica.colores(simulacion_variable_paso,:), ...
34     'LineWidth',2,...
35     'MarkerEdgeColor','k',...
36     'MarkerFaceColor',resultados.grafica.colores(simulacion_variable_paso,:),...
37     'MarkerSize',5)
38
39 plot(resultados.onda_osciloscopio.vacio.detalle.data(:,1),resultados.onda_osciloscopio.vacio.detalle.data(:,2),'-rs',...
40     'color',resultados.grafica.colores(simulacion.variable.n_pasos+1,:), ...
41     'LineWidth',2,...
42     'MarkerEdgeColor','k',...
43     'MarkerFaceColor',resultados.grafica.colores(simulacion.variable.n_pasos+1,:),...
44     'MarkerSize',5)
45
46 title('Onda osciloscopio y onda simulada');
47 % xlabel('Tiempo'); % No cabe en el espacio de las graficas.
48 ylabel('Tensión');
49 legend(resultados.grafica.tension.leyenda{simulacion_variable_paso},'onda osciloscopio');
50 grid on;
51
52
53 % Encuentro desfase ideal entre señal osciloscopio y señal simulada.-->
54 % CORRELACION CRUZADA.
55
56 % Se trata de una aproximacion ya que:
57 % - Diferente detalle de muestreo.
58 % - Irregularidades en onda tension osciloscopio
59 % - La señal no esta recortada.
60 [apoyo.error.correlacion,apoyo.error.lag]=xcorr(resultados.onda_osciloscopio.vacio.detalle.data(:,2),...
61     resultados.tensiones.vacio(simulacion_variable_paso,:));
62 % Grafico correlacion aproximada con barras:
63
64 subplot(6,3,[3 6]);

```

```

65 stem(apoyo.error.lag*resultados.error.At_osc,apoyo.error.correlacion); % stem-> Grafica con "barritas" los pares de valores.
66 title('Correlacion cruzada entre señal osciloscopio y señal simulada');
67 % xlabel('Tiempo defases(lag)'); % No cabe en el espacio de las graficas
68 ylabel('Correlacion cruzada');
69 legend(resultados.grafica.tension.leyenda{simulacion_variable_paso});
70 grid on;
71
72 % Obtengo posicion del vector apoyo.error.correlacion para su valor maximo:
73 [~,apoyo.error.indice_lag_ideal] = max(abs(apoyo.error.correlacion));
74 % El operador ~ (ASCII 126) sirve para poder obtener el 2º dato del vector sin tener que poner nada en el 1er espacio.
75
76 % obtengo tiempo de desfase ideal para la maxima correlacion:
77 apoyo.desfase_ideal = apoyo.error.lag(apoyo.error.indice_lag_ideal)*resultados.error.At_osc;
78
79 % Adapto la onda del osciloscopio al detalle de la simulada:
80
81 % Cojo los tiempos que esten en sincronia con At
82
83 resultados.error.osciloscopio_adaptado.tiempos = zeros(1,apoyo.error.longitud_vector_tiempos);
84 resultados.error.osciloscopio_adaptado.tensiones = zeros(1,apoyo.error.longitud_vector_tiempos);
85
86 for n=1:apoyo.error.longitud_vector_tiempos
87
88 resultados.error.osciloscopio_adaptado.tiempos(n) = ...
89 resultados.onda_osciloscopio.vacio.detalle.data(int16((n-1)*simulacion.At/resultados.error.At_osc)+1,1);
90 resultados.error.osciloscopio_adaptado.tensiones(n) =...
91 resultados.onda_osciloscopio.vacio.detalle.data(int16((n-1)*simulacion.At/resultados.error.At_osc)+1,2);
92
93 end
94 clear n;
95
96 % Grafico onda tension del osciloscopio con el muestreo de la simulacion
97 % frente a la tension de simulacion.
98
99 subplot(6,3,[2 5 8]);
100 hold on;
101 resultados.grafica.colores=hsv(simulacion.variable.n_pasos+1); % Creo mapa de colores.
102
103 plot(resultados.tiempos,resultados.tensiones.vacio(simulacion_variable_paso,:),'-rs',...
104 'color',resultados.grafica.colores(simulacion_variable_paso,:), ...
105 'LineWidth',2,...
106 'MarkerEdgeColor','k',...
107 'MarkerFaceColor',resultados.grafica.colores(simulacion_variable_paso,:),...
108 'MarkerSize',5)
109
110 plot(resultados.error.osciloscopio_adaptado.tiempos,resultados.error.osciloscopio_adaptado.tensiones,...
111 '-rs','color',resultados.grafica.colores(simulacion_variable_paso+1,:), ...
112 'LineWidth',2,...
113 'MarkerEdgeColor','k',...
114 'MarkerFaceColor',resultados.grafica.colores(simulacion_variable_paso+1,:),...
115 'MarkerSize',5)
116
117 title('Onda osciloscopio muestreada a simulacion At y onda simulada');
118 % xlabel('Tiempo');% No cabe en el espacio de las graficas.
119 ylabel('Tensión');
120 legend(resultados.grafica.tension.leyenda{simulacion_variable_paso},'onda osciloscopio');
121 grid on;
122
123 % Aplico un desfase orientativo a la onda del osciloscopio para poder recortarla
124
125 resultados.error.osciloscopio_adaptado.tiempos = resultados.error.osciloscopio_adaptado.tiempos + resultados.onda_osciloscopio.vacio.detalle.desplazamiento;
126
127 % Grafico onda tension osciloscopio remuestreada y desfasada junto a la
128 % onda de tension simulada.

```

```
129
130 subplot(6,3,[10 13 16]);
131 hold on;
132 resultados.grafica.colores=hsv(simulacion.variable.n_pasos+1); % Creo mapa de colores.
133
134 plot(resultados.tiempos,resultados.tensiones.vacio(simulacion_variable_paso,),'-rs',...
135      'color',resultados.grafica.colores(simulacion_variable_paso,:), ...
136      'LineWidth',2,...
137      'MarkerEdgeColor','k',...
138      'MarkerFaceColor',resultados.grafica.colores(simulacion_variable_paso,:),...
139      'MarkerSize',5)
140
141 plot(resultados.error.osciloscopio_adaptado.tiempos,resultados.error.osciloscopio_adaptado.tensiones,...
142      '-rs','color',resultados.grafica.colores(simulacion_variable_paso+1,:), ...
143      'LineWidth',2,...
144      'MarkerEdgeColor','k',...
145      'MarkerFaceColor',resultados.grafica.colores(simulacion_variable_paso+1,:),...
146      'MarkerSize',5)
147
148 title('Onda osciloscopio muestreada y desfasada con onda simulada');
149 xlabel('Tiempo');
150 ylabel('Tensión');
151 legend(resultados.grafica.tension.leyenda{simulacion_variable_paso},'onda osciloscopio');
152 grid on;
153
154 % Recorto los tiempos del osciloscopio que no tengan representacion en los
155 % tiempos de simulacion.
156
157 % Defino dimension de los vectores para ahorrar memoria:
158 resultados.error.tiempos_osciloscopio_adaptado = zeros(1,length(resultados.tiempos));
159 resultados.error.tensiones_osciloscopio_adaptado = zeros(1,length(resultados.tiempos));
160
161 l=0;
162 for n=1:length(resultados.error.osciloscopio_adaptado.tiempos)
163     for j=1:length(resultados.tiempos)
164
165         if single(resultados.tiempos(j))==single(resultados.error.osciloscopio_adaptado.tiempos(n))
166             l=l+1;
167             resultados.error.tiempos_osciloscopio_adaptado(l)=resultados.error.osciloscopio_adaptado.tiempos(n);
168             resultados.error.tensiones_osciloscopio_adaptado(l)=resultados.error.osciloscopio_adaptado.tensiones(n);
169
170         end
171     end
172 end
173 clear n j l
174
175
176 % Grafico onda tension del osciloscopio remuestreada, recortada y desfasada junto a
177 % la onda de tension simulada.
178
179 subplot(6,3,[11 14 17]);
180 hold on;
181 resultados.grafica.colores=hsv(simulacion.variable.n_pasos+1); % Creo mapa de colores.
182
183 plot(resultados.tiempos,resultados.tensiones.vacio(simulacion_variable_paso,),'-rs',...
184      'color',resultados.grafica.colores(simulacion_variable_paso,:), ...
185      'LineWidth',2,...
186      'MarkerEdgeColor','k',...
187      'MarkerFaceColor',resultados.grafica.colores(simulacion_variable_paso,:),...
188      'MarkerSize',5)
189
190 plot(resultados.error.tiempos_osciloscopio_adaptado,resultados.error.tensiones_osciloscopio_adaptado,...
191      '-rs','color',resultados.grafica.colores(simulacion_variable_paso+1,:), ...
192      'LineWidth',2,...
193      'MarkerEdgeColor','k',...
```

```

194     'MarkerFaceColor',resultados.grafica.colores(simulacion_variable_paso+1,;),...
195     'MarkerSize',5)
196
197 title('Onda osciloscopio muestreada, desfasada y recortada con onda simulada');
198 xlabel('Tiempo');
199 ylabel('Tensión');
200 legend(resultados.grafica.tension.leyenda{simulacion_variable_paso},'onda osciloscopio');
201 grid on;
202
203 % Compruebo si el desfase es correcto: -> correlacion cruzada.
204 % El parametro 3 de xcorr, me da el valor numerico de la correlacion
205 % para desfase 0. (Señal sin desfasar-> El que tengo))
206
207 [resultados.error.correlacion,resultados.error.lag]=...
208     xcorr(resultados.error.tensiones_osciloscopio_adaptado,resultados.tensiones.vacio(simulacion_variable_paso,:));
209
210 subplot(6,3,[9 12]);
211 stem(resultados.error.lag*simulacion.At,resultados.error.correlacion)
212 title('Correlacion cruzada le la señal de osciloscopio definitiva y la señal de simulacion');
213 % xlabel('Tiempo defases(lag)'); % No cabe en el espacio de las graficas.
214 ylabel('Correlacion cruzada');
215 legend(resultados.grafica.tension.leyenda{simulacion_variable_paso});
216 grid on;
217
218 % Obtengo el grafico del coeficiente normalizado de la correlacion cruzada que es un
219 % indicador de cuanto se la forma de onda:
220
221 % El parametro 4 de xcorr, me da el valor numerico del coeficiente de la correlacion
222 % para desfase 0. (Señal sin desfasar-> El que tengo))
223 xcorr(resultados.error.tensiones_osciloscopio_adaptado,resultados.tensiones.vacio(simulacion_variable_paso,:),0,'coef');
224
225
226 [resultados.error.correlacion_coef,resultados.error.lag_coef]=...
227     xcorr(resultados.error.tensiones_osciloscopio_adaptado,resultados.tensiones.vacio(simulacion_variable_paso,:),'coef');
228
229 subplot(6,3,[15 18]);
230 stem(resultados.error.lag_coef*simulacion.At,resultados.error.correlacion_coef)
231 title('Coeficiente correlacion cruzada le la señal de osciloscopio definitiva y la señal de simulacion');
232 xlabel('Tiempo defases(lag)');
233 ylabel('Coeficiente normalizado correlacion cruzada');
234 legend(resultados.grafica.tension.leyenda{simulacion_variable_paso});
235 grid on;
236
237 saveas(gcf,[ruta.grafica 'graficos6_' apoyo.graficas.nombre_variable '_'...
238     punto_barra(simulacion.variable.inicio+(simulacion.variable.A*(simulacion_variable_paso-1))) '.fig'])
239
240
241
242 % Calculo de errores:
243
244 % http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S1692-35612012000100005&script=sci\_arttext
245 % https://www.icesi.edu.co/revistas/index.php/estudios\_gerenciales/rt/printerFriendly/171/html
246 % http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\_arttext&pid=S0120-62302011000400017&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt
247
248 % Error calculado de manera intuitiva:
249 resultados.error.error_relativo = sum(abs(resultados.error.tensiones_osciloscopio_adaptado-resultados.tensiones.vacio
250 (simulacion_variable_paso,:)))/(sum(abs(resultados.error.tensiones_osciloscopio_adaptado))) *100;
251
252 % Errores:
253 %Mean square error:
254 simulacion.error.MSE_vacio(simulacion_variable_paso) =...
255     goodnessOfFit(resultados.tensiones.vacio(simulacion_variable_paso,:),resultados.error.tensiones_osciloscopio_adaptado, 'MSE');
256 % Normalized root mean square error:
257 simulacion.error.NRMSE_vacio(simulacion_variable_paso) =...

```

```
258 goodnessOfFit(resultados.tensiones.vacio(simulacion_variable_paso;),'resultados.error.tensiones_osciloscopio_adaptado','nrmse');
259 % Normalized mean square error:
260 simulacion.error.NMSE_vacio(simulacion_variable_paso) =...
261 goodnessOfFit(resultados.tensiones.vacio(simulacion_variable_paso;),'resultados.error.tensiones_osciloscopio_adaptado','NMSE');
262
263 end
264 clear simulacion_variable_paso;
265
266
267 % http://www.scielo.org.co/pdf/rfiua/n60/n60a17.pdf
268 % Analizo el error entre tension osciloscopio remuestreada y simulacion y lo muestro graficamente:
269
270 % Grafico independiente semejanza ondas:
271 figure
272
273 % Acomodacion datos a la estructura iddata:
274 for simulacion_variable_paso=1:simulacion.variable.n_pasos
275 apoyo.error.objeto.tensiones_osciloscopio_redimensionada(:,simulacion_variable_paso) =...
276 resultados.error.tensiones_osciloscopio_adaptado';
277 end
278 simulacion_variable_paso;
279
280
281 apoyo.error.objeto_comparacion.tensiones_osciloscopio=...
282 iddata(apoyo.error.objeto.tensiones_osciloscopio_redimensionada,[],simulacion.At,'OutputName',resultados.grafica.tension.leyenda);
283
284
285 apoyo.error.objeto_comparacion.tensiones_simuladas=...
286 iddata(resultados.tensiones.vacio,[],simulacion.At,'OutputName',resultados.grafica.tension.leyenda);
287
288 % Graficacion:
289 compare(apoyo.error.objeto_comparacion.tensiones_osciloscopio,apoyo.error.objeto_comparacion.tensiones_simuladas);
290
```



```
1 % Graficos7. Analisis espectral y ajuste de vectores de ondas de vacio en detalle.
2 % Script que obtiene informacion del analisis espectral y grafica:
3 % Analisis espectral de onda simulada.
4 % Analisis espectral de onda osciloscopio.
5 % Posibilidad de filtrar onda osciloscopio.
6
7
8 % ONDA SIMULADA:
9
10 for simulacion_variable_paso=1:1:simulacion.variable.n_pasos
11
12 % Recorto tension y tiempo onda simulada:
13
14 apoyo.armonicos.izquierda = 1:1; % Numero de elementos que recorto por la izda.
15 apoyo.armonicos.derecha = 0:0; % Numero de elementos que reocorto por la drcha.
16
17 apoyo.armonicos.simulacion.onda_recortada = resultados.tensiones.vacio(simulacion_variable_paso,:);
18 apoyo.armonicos.simulacion.onda_recortada(:,apoyo.armonicos.izquierda) = [];
19 apoyo.armonicos.simulacion.onda_recortada(:,length(apoyo.armonicos.simulacion.onda_recortada)-apoyo.armonicos.derecha) = [];
20
21 apoyo.armonicos.tiempos = resultados.tiempos;
22 apoyo.armonicos.tiempos(:,apoyo.armonicos.izquierda) = [];
23 apoyo.armonicos.tiempos(:,length(apoyo.armonicos.tiempos)-apoyo.armonicos.derecha) = [];
24
25 % Calculo valor RMS:
26 resultados.RMS.simulacion(1,simulacion_variable_paso) = rms(resultados.tensiones.vacio(simulacion_variable_paso,:));
27
28 figure('Name','Graficos7. Analisis espectral y ajuste de vectores de ondas de vacio en detalle. ', resultados.grafica.tension.leyenda{
{simulacion_variable_paso}},'NumberTitle','off') % Nombre de la ventana.
29
30
31 % Onda simulada original:
32
33 subplot(221)
34 plot(resultados.tiempos,resultados.tensiones.vacio(simulacion_variable_paso,:),'-rs',...
35      'LineWidth',2)
36
37 title(['Onda simulada original. Valor RMS = ' num2str(resultados.RMS.simulacion(1,simulacion_variable_paso))]);
38 xlabel('Tiempo');
39 ylabel('Tensión');
40 legend(resultados.grafica.tension.leyenda{simulacion_variable_paso});
41 grid on;
42
43 % Onda simulada recortada:
44
45 % Calculo valor RMS:
46 resultados.RMS.simulacion(1,simulacion_variable_paso) = rms(apoyo.armonicos.simulacion.onda_recortada(1,:));
47
48 % Grafico onda simulada recortada:
49
50 subplot(222)
51 plot(apoyo.armonicos.tiempos,apoyo.armonicos.simulacion.onda_recortada(1,:),'-rs',...
52      'LineWidth',2)
53
54 title(['Onda simulada recortada. Valor RMS = ' num2str(resultados.RMS.simulacion(1,simulacion_variable_paso))]);
55 xlabel('Tiempo');
56 ylabel('Tensión');
57 legend(resultados.grafica.tension.leyenda{simulacion_variable_paso});
58 grid on;
59
60 % Analisis armonicos por transformada rapida de Fourier:
61
62 subplot(2,2,3)
63 apoyo.armonicos.fft = fft(apoyo.armonicos.simulacion.onda_recortada(1,:));
64 apoyo.armonicos.fft_amplitud_corregida= abs(apoyo.armonicos.fft)/(length(apoyo.armonicos.tiempos)/2);
```

```
65 bar(apoyo.armonicoss.fft_amplitud_corregida);
66 title('Análisis armónicos transformada rápida de Fourier');
67 xlabel('N-1 Armónico');
68 ylabel('Amplitud corregida');
69 legend(resultados.grafica.tension.leyenda(simulacion_variable_paso));
70 grid on;
71
72
73 % Paso a graficar porcentaje de cada armónico:
74
75 % Quito la mitad derecha de los armónicos. (Están duplicados->FFT)
76 apoyo.armonicoss.fft_amplitud_corregida_útiles=1:ceil(length(apoyo.armonicoss.fft_amplitud_corregida)/2);
77 % Obtengo el total de la suma de los armónicos:
78 apoyo.armonicoss.total = sum(apoyo.armonicoss.fft_amplitud_corregida(apoyo.armonicoss.fft_amplitud_corregida_útiles));
79 % Obtengo el porcentaje de cada armónico:
80 apoyo.armonicoss.porcien = apoyo.armonicoss.fft_amplitud_corregida(1,apoyo.armonicoss.fft_amplitud_corregida_útiles)./apoyo.armonicoss.
total*100;
81
82 subplot(2,2,4)
83 bar(apoyo.armonicoss.porcien)
84 title('Porcentaje de cada armónico');
85 xlabel('N-1 Armónico');
86 ylabel('% del total');
87 legend(resultados.grafica.tension.leyenda(simulacion_variable_paso));
88 grid on;
89 saveas(gcf,[ruta.grafica 'graficos7_' apoyo.graficas.nombre_variable '_' punto_barra(simulacion.variable.inicio+(simulacion.variable.A*(
simulacion_variable_paso-1)))] 'fig')
90
91 end
92 clear simulacion_variable_paso
93
94 % OSCILOSCOPIO:
95
96 % Recorto tensión y tiempo onda osciloscopio:
97
98 apoyo.armonicoss.izquierda = 1:500;
99 apoyo.armonicoss.derecha = 0:500;
100
101 apoyo.armonicoss.osciloscopio.tensiones = resultados.onda_osciloscopio.vacio.detalle.data(:,2);
102 apoyo.armonicoss.osciloscopio.tensiones(apoyo.armonicoss.izquierda) = [];
103 apoyo.armonicoss.osciloscopio.tensiones(length(apoyo.armonicoss.osciloscopio.tensiones)-apoyo.armonicoss.derecha) = [];
104
105 apoyo.armonicoss.osciloscopio.tiempos = resultados.onda_osciloscopio.vacio.detalle.data(:,1);
106 apoyo.armonicoss.osciloscopio.tiempos(apoyo.armonicoss.izquierda) = [];
107 apoyo.armonicoss.osciloscopio.tiempos(length(apoyo.armonicoss.osciloscopio.tiempos)-apoyo.armonicoss.derecha) = [];
108
109 % Onda osciloscopio original:
110
111 figure('Name','Graficos7_osc. Analisis armónicos onda osciloscopio vacío en detalle.','NumberTitle','off') % Nombre de la ventana.
112
113 % Cálculo valor RMS:
114
115 resultados.RMS.osciloscopio = rms(resultados.onda_osciloscopio.vacio.detalle.data(:,2));
116
117 subplot(2,6,1:2)
118 plot(resultados.onda_osciloscopio.vacio.detalle.data(:,1),resultados.onda_osciloscopio.vacio.detalle.data(:,2),'-r',...
119 'LineWidth',2)
120 title(['Onda osciloscopio original. Valor RMS = ' num2str(resultados.RMS.osciloscopio)]);
121 xlabel('Tiempo');
122 ylabel('Tensión');
123 legend('onda osciloscopio');
124 grid on;
125
126 % Cálculo valor RMS:
127
```

```
128 resultados.RMS.oscoscopio = rms(apoyo.armonic.oscoscopio.tensiones);
129
130 % Onda osciloscopio recortada:
131
132 subplot(2,6,3:4)
133
134 plot(apoyo.armonic.oscoscopio.tiempos,apoyo.armonic.oscoscopio.tensiones,'-r',...
135      'LineWidth',2)
136
137 title(['Onda osciloscopio recortada. Valor RMS = ' num2str(resultados.RMS.oscoscopio)]);
138 xlabel('Tiempo');
139 ylabel('Tensión');
140 legend('onda osciloscopio');
141 grid on;
142
143 % Analisis armonic onda original osciloscopio:
144
145 subplot(2,6,7:8)
146 apoyo.armonic.fft = fft(resultados.onda_osciloscopio.vacio.detalle.data(:,2));
147 apoyo.armonic.fft_amplitud_corregida= abs(apoyo.armonic.fft)/(length(apoyo.armonic.oscoscopio.tensiones)/2);
148 bar(apoyo.armonic.fft_amplitud_corregida);
149 title('FFT onda osciloscopio original');
150 xlabel('N-1 Armonico');
151 ylabel('Amplitud corregida');
152 legend('onda osciloscopio');
153 grid on;
154
155 % Analisis armonic por transformada rapida de Fourier de la onda osciloscopio recortada:
156
157 subplot(2,6,9:10)
158
159 apoyo.armonic.fft = fft(apoyo.armonic.oscoscopio.tensiones);
160 apoyo.armonic.fft_amplitud_corregida= abs(apoyo.armonic.fft)/(length(apoyo.armonic.oscoscopio.tensiones)/2);
161 bar(apoyo.armonic.fft_amplitud_corregida);
162 title('FFT onda osciloscopio recortada');
163 xlabel('N-1 Armonico');
164 ylabel('Amplitud corregida');
165 legend('onda osciloscopio');
166 grid on;
167
168 % Filtro señal osciloscopio cogiendo los 10 primeros armonicos y haciendo 0 los demas.
169
170 apoyo.armonic.izquierda = 10:1489;
171
172 apoyo.armonic.oscoscopio.tensiones = apoyo.armonic.fft;
173 apoyo.armonic.oscoscopio.tensiones(apoyo.armonic.izquierda) = 0;
174 apoyo.armonic.fft_amplitud_corregida= abs(apoyo.armonic.oscoscopio.tensiones)/(length(apoyo.armonic.oscoscopio.
tensiones)/2);
175
176 % Grafico analisis armonic onda osciloscopio filtrada:
177
178 subplot(2,6,11)
179
180 bar(apoyo.armonic.fft_amplitud_corregida);
181 title('FFT onda osciloscopio recortada y filtrada');
182 xlabel('N-1 Armonico');
183 ylabel('Amplitud corregida');
184 legend('onda osciloscopio');
185 grid on;
186
187 % Paso a graficar porcentaje de cada armonico de la onda osciloscopio filtrada:
188
189 % Quito la mitad derecha de los armonicos. (Estan duplicados->FFT)
190 apoyo.armonic.fft_amplitud_corregida_utiles=1:ceil(length(apoyo.armonic.fft_amplitud_corregida)/2);
191 % Obtengo el total de la suma de los armonicos:
```

```
192 apoyo.armonicos.total = sum(apoyo.armonicos.fft_amplitud_corregida(apoyo.armonicos.fft_amplitud_corregida_utiles));
193 % Obtengo el porcentaje de cada armonico:
194 apoyo.armonicos.porcien = apoyo.armonicos.fft_amplitud_corregida(apoyo.armonicos.fft_amplitud_corregida_utiles)./apoyo.armonicos.
total*100;
195
196 subplot(2,6,12)
197 bar(apoyo.armonicos.porcien)
198 title('% armonico');
199 xlabel('N-1 Armonico');
200 ylabel('% del total');
201 legend('onda osciloscopio');
202 grid on;
203
204 % Calculo valor RMS:
205 apoyo.armonicos.fft_inversa=ifft(apoyo.armonicos.osciloscopio.tensiones);
206
207 resultados.RMS.osciloscopio = rms(real(apoyo.armonicos.fft_inversa));
208
209 % Grafico onda osciloscopio filtrada:
210
211 subplot(2,6,5:6)
212
213 plot(apoyo.armonicos.osciloscopio.tiempos,real(apoyo.armonicos.fft_inversa),'-r',...
214      'LineWidth',1)
215
216 title(['Onda osciloscopio recortada y filtrada. Valor RMS = ' num2str(resultados.RMS.osciloscopio)]);
217 xlabel('Tiempo');
218 ylabel('Tensión');
219 legend('onda osciloscopio');
220 grid on;
221
222 % Guardo la grafica:
223
224 saveas(gcf,[ruta.grafica 'graficos7_osc' '.fig']);
```

```

1 % Graficos8. Error y ajuste de vectores de onda de carga en detalle.
2 % Script que obtiene informacion de los errores y grafica:
3 % Onda de tension del osciloscopio y onda simulada originales.
4 % Desfase ideal entre señal osciloscopio y señal simulada.
5 % Onda tension del osciloscopio con el muestreo de la simulacion.
6 % Onda tension osciloscopio remuestreada y desfasada junto a tension simulada.
7 % Onda tension del osciloscopio remuestreada y recortada junto a tension simulada.
8 % Comprobacion del desfase aplicado a onda osciloscopio y coeficiente normalizado de la correlacion.
9 % Obtencion del parecido en % de las ondas simuladas y del osciloscopio.
10
11
12 for simulacion_variable_paso=1:1:simulacion.variable.n_pasos
13
14 % Adaptacion onda real a tiempos de discretizacion simulacion.
15
16 % Muestreo osciloscopio At_osc = 0.00002 = 2e-5 s --> Da un vector de 2500
17 % posiciones --> abarca un tiempo de 2500*2e-5= 0.05 s
18 resultados.error.At_osc = 2e-5;
19 resultados.error.T_osc = 2500*resultados.error.At_osc;
20 % Quiero conseguir vector de tiempos con muestreo At = 0.0005
21 apoyo.error.longitud_vector_tiempos = floor(resultados.error.T_osc/simulacion.At);
22
23
24 % Grafico onda de tension del osciloscopio y onda simulada:
25
26 figure('Name',['Graficos8. Error y ajuste de vectores de onda de carga en detalle.'], resultados.grafica.tension.leyenda
{simulacion_variable_paso}); 'NumberTitle','off') % Nombre de la ventana.
27
28 subplot(6,3,[1 4 7]);
29 hold on;
30 resultados.grafica.colores=hsv(simulacion.variable.n_pasos+1); % Creo mapa de colores.
31
32 plot(resultados.tiempos,resultados.tensiones.carga(simulacion_variable_paso,:),'-rs',...
33     'color',resultados.grafica.colores(simulacion_variable_paso,:), ...
34     'LineWidth',2,...
35     'MarkerEdgeColor','k',...
36     'MarkerFaceColor',resultados.grafica.colores(simulacion_variable_paso,:),...
37     'MarkerSize',5)
38
39 plot(resultados.onda_osciloscopio.carga.detalle.data(:,1),resultados.onda_osciloscopio.carga.detalle.data(:,2),'-rs',...
40     'color',resultados.grafica.colores(simulacion.variable.n_pasos+1,:), ...
41     'LineWidth',2,...
42     'MarkerEdgeColor','k',...
43     'MarkerFaceColor',resultados.grafica.colores(simulacion.variable.n_pasos+1,:),...
44     'MarkerSize',5)
45
46 title('Onda osciloscopio y onda simulada');
47 % xlabel('Tiempo'); % No cabe en el espacio de las graficas.
48 ylabel('Tensión');
49 legend(resultados.grafica.tension.leyenda{simulacion_variable_paso},'onda osciloscopio');
50 grid on;
51
52
53 % Encuentro desfase ideal entre señal osciloscopio y señal simulada.-->
54 % CORRELACION CRUZADA.
55
56 % Se trata de una aproximacion ya que:
57 % - Diferente detalle de muestreo.
58 % - Irregularidades en onda tension osciloscopio
59 % - La señal no esta recortada.
60 [apoyo.error.correlacion,apoyo.error.lag]=xcorr(resultados.onda_osciloscopio.carga.detalle.data(:,2),...
61     resultados.tensiones.carga(simulacion_variable_paso,:));
62 % Grafico correlacion aproximada con barras:
63
64 subplot(6,3,[3 6]);

```

```
65 stem(apoyo.error.lag*resultados.error.At_osc,apoyo.error.correlacion); % stem-> Grafica con "barritas" los pares de valores.
66 title('Correlacion cruzada entre señal osciloscopio y señal simulada');
67 % xlabel('Tiempo defases(lag)'); % No cabe en el espacio de las graficas
68 ylabel('Correlacion cruzada');
69 legend(resultados.grafica.tension.leyenda{simulacion_variable_paso});
70 grid on;
71
72 % Obtengo posicion del vector apoyo.error.correlacion para su valor maximo:
73 [~,apoyo.error.indice_lag_ideal] = max(abs(apoyo.error.correlacion));
74 % El operador ~ (ASCII 126) sirve para poder obtener el 2º dato del vector sin tener que poner nada en el 1er espacio.
75
76 % obtengo tiempo de desfase ideal para la maxima correlacion:
77 apoyo.desfase_ideal = apoyo.error.lag(apoyo.error.indice_lag_ideal)*resultados.error.At_osc;
78
79 % Adapto la onda del osciloscopio al detalle de la simulada:
80
81 % Cojo los tiempos que esten en sincronia con At
82
83 resultados.error.osciloscopio_adaptado.tiempos = zeros(1,apoyo.error.longitud_vector_tiempos);
84 resultados.error.osciloscopio_adaptado.tensiones = zeros(1,apoyo.error.longitud_vector_tiempos);
85
86 for n=1:apoyo.error.longitud_vector_tiempos
87
88 resultados.error.osciloscopio_adaptado.tiempos(n) = ...
89 resultados.onda_osciloscopio.carga.detalle.data(int16((n-1)*simulacion.At/resultados.error.At_osc)+1,1);
90 resultados.error.osciloscopio_adaptado.tensiones(n) =...
91 resultados.onda_osciloscopio.carga.detalle.data(int16((n-1)*simulacion.At/resultados.error.At_osc)+1,2);
92
93 end
94 clear n;
95
96 % Grafico onda tension del osciloscopio con el muestreo de la simulacion
97 % frente a la tension de simulacion.
98
99 subplot(6,3,[2 5 8]);
100 hold on;
101 resultados.grafica.colores=hsv(simulacion.variable.n_pasos+1); % Creo mapa de colores.
102
103 plot(resultados.tiempos,resultados.tensiones.carga(simulacion_variable_paso,:),'-rs',...
104 'color',resultados.grafica.colores(simulacion_variable_paso,:), ...
105 'LineWidth',2,...
106 'MarkerEdgeColor','k',...
107 'MarkerFaceColor',resultados.grafica.colores(simulacion_variable_paso,:),...
108 'MarkerSize',5)
109
110 plot(resultados.error.osciloscopio_adaptado.tiempos,resultados.error.osciloscopio_adaptado.tensiones,...
111 '-rs','color',resultados.grafica.colores(simulacion_variable_paso+1,:), ...
112 'LineWidth',2,...
113 'MarkerEdgeColor','k',...
114 'MarkerFaceColor',resultados.grafica.colores(simulacion_variable_paso+1,:),...
115 'MarkerSize',5)
116
117 title('Onda osciloscopio muestreada a simulacion At y onda simulada');
118 % xlabel('Tiempo');% No cabe en el espacio de las graficas.
119 ylabel('Tensión');
120 legend(resultados.grafica.tension.leyenda{simulacion_variable_paso},'onda osciloscopio');
121 grid on;
122
123 % Aplico un desfase orientativo a la onda del osciloscopio para poder recortarla
124
125 resultados.error.osciloscopio_adaptado.tiempos = resultados.error.osciloscopio_adaptado.tiempos + resultados.onda_osciloscopio.carga.detalle.desplazamiento;
126
127 % Grafico onda tension osciloscopio remuestreada y desfasada junto a la
128 % onda de tension simulada.
```



```
129
130 subplot(6,3,[10 13 16]);
131 hold on;
132 resultados.grafica.colores=hsv(simulacion.variable.n_pasos+1); % Creo mapa de colores.
133
134 plot(resultados.tiempos,resultados.tensiones.carga(simulacion_variable_paso,),'-rs',...
135     'color',resultados.grafica.colores(simulacion_variable_paso,);, ...
136     'LineWidth',2,...
137     'MarkerEdgeColor','k',...
138     'MarkerFaceColor',resultados.grafica.colores(simulacion_variable_paso,);,...
139     'MarkerSize',5)
140
141 plot(resultados.error.osciloscopio_adaptado.tiempos,resultados.error.osciloscopio_adaptado.tensiones,...
142     '-rs','color',resultados.grafica.colores(simulacion_variable_paso+1,);, ...
143     'LineWidth',2,...
144     'MarkerEdgeColor','k',...
145     'MarkerFaceColor',resultados.grafica.colores(simulacion_variable_paso+1,);,...
146     'MarkerSize',5)
147
148 title('Onda osciloscopio muestreada y desfasada con onda simulada');
149 xlabel('Tiempo');
150 ylabel('Tensión');
151 legend(resultados.grafica.tension.leyenda{simulacion_variable_paso},'onda osciloscopio');
152 grid on;
153
154 % Recorto los tiempos del osciloscopio que no tengan representacion en los
155 % tiempos de simulacion.
156
157 % Defino dimension de los vectores para ahorrar memoria:
158 resultados.error.tiempos_osciloscopio_adaptado = zeros(1,length(resultados.tiempos));
159 resultados.error.tensiones_osciloscopio_adaptado = zeros(1,length(resultados.tiempos));
160
161 l=0;
162 for n=1:length(resultados.error.osciloscopio_adaptado.tiempos)
163     for j=1:length(resultados.tiempos)
164
165         if single(resultados.tiempos(j))==single(resultados.error.osciloscopio_adaptado.tiempos(n))
166             l=l+1;
167             resultados.error.tiempos_osciloscopio_adaptado(l)=resultados.error.osciloscopio_adaptado.tiempos(n);
168             resultados.error.tensiones_osciloscopio_adaptado(l)=resultados.error.osciloscopio_adaptado.tensiones(n);
169
170         end
171     end
172 end
173 clear n j l
174
175
176 % Grafico onda tension del osciloscopio remuestreada, recortada y desfasada junto a
177 % la onda de tension simulada.
178
179 subplot(6,3,[11 14 17]);
180 hold on;
181 resultados.grafica.colores=hsv(simulacion.variable.n_pasos+1); % Creo mapa de colores.
182
183 plot(resultados.tiempos,resultados.tensiones.carga(simulacion_variable_paso,),'-rs',...
184     'color',resultados.grafica.colores(simulacion_variable_paso,);, ...
185     'LineWidth',2,...
186     'MarkerEdgeColor','k',...
187     'MarkerFaceColor',resultados.grafica.colores(simulacion_variable_paso,);,...
188     'MarkerSize',5)
189
190 plot(resultados.error.tiempos_osciloscopio_adaptado,resultados.error.tensiones_osciloscopio_adaptado,...
191     '-rs','color',resultados.grafica.colores(simulacion_variable_paso+1,);, ...
192     'LineWidth',2,...
193     'MarkerEdgeColor','k',...
```

```
194     'MarkerFaceColor',resultados.grafica.colores(simulacion_variable_paso+1,;),...
195     'MarkerSize',5)
196
197 title('Onda osciloscopio muestreada, desfasada y recortada con onda simulada');
198 xlabel('Tiempo');
199 ylabel('Tensión');
200 legend(resultados.grafica.tension.leyenda{simulacion_variable_paso},'onda osciloscopio');
201 grid on;
202
203 % Compruebo si el desfase es correcto: -> correlacion cruzada.
204 % El parametro 3 de xcorr, me da el valor numerico de la correlacion
205 % para desfase 0. (Señal sin desfasar-> El que tengo))
206
207 [resultados.error.correlacion,resultados.error.lag]=...
208 xcorr(resultados.error.tensiones_osciloscopio_adaptado,resultados.tensiones.carga(simulacion_variable_paso,;));
209
210 subplot(6,3,[9 12]);
211 stem(resultados.error.lag*simulacion.At,resultados.error.correlacion)
212 title('Correlacion cruzada le la señal de osciloscopio definitiva y la señal de simulacion');
213 % xlabel('Tiempo defases(lag)'); % No cabe en el espacio de las graficas.
214 ylabel('Correlacion cruzada');
215 legend(resultados.grafica.tension.leyenda{simulacion_variable_paso});
216 grid on;
217
218 % Obtengo el grafico del coeficiente normalizado de la correlacion cruzada que es un
219 % indicador de cuanto se la forma de onda:
220
221 % El parametro 4 de xcorr, me da el valor numerico del coeficiente de la correlacion
222 % para desfase 0. (Señal sin desfasar-> El que tengo))
223 xcorr(resultados.error.tensiones_osciloscopio_adaptado,resultados.tensiones.carga(simulacion_variable_paso,;),0,'coef');
224
225
226 [resultados.error.correlacion_coef,resultados.error.lag_coef]=...
227 xcorr(resultados.error.tensiones_osciloscopio_adaptado,resultados.tensiones.carga(simulacion_variable_paso,;),'coef');
228
229 subplot(6,3,[15 18]);
230 stem(resultados.error.lag_coef*simulacion.At,resultados.error.correlacion_coef)
231 title('Coeficiente correlacion cruzada le la señal de osciloscopio definitiva y la señal de simulacion');
232 xlabel('Tiempo defases(lag)');
233 ylabel('Coeficiente normalizado correlacion cruzada');
234 legend(resultados.grafica.tension.leyenda{simulacion_variable_paso});
235 grid on;
236
237 saveas(gcf,[ruta.grafica 'graficos8_' apoyo.graficas.nombre_variable '_'...
238 punto_barra(simulacion.variable.inicio+(simulacion.variable.A*(simulacion_variable_paso-1))) '.fig'])
239
240
241
242 % Calculo de errores:
243
244 % http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S1692-35612012000100005&script=sci\_arttext
245 % https://www.icesi.edu.co/revistas/index.php/estudios\_gerenciales/rt/printerFriendly/171/html
246 % http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\_arttext&pid=S0120-62302011000400017&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt
247
248 % Error calculado de manera intuitiva:
249 resultados.error.error_relativo = sum(abs(resultados.error.tensiones_osciloscopio_adaptado-resultados.tensiones.carga(
(simulacion_variable_paso,;)))/(sum(abs(resultados.error.tensiones_osciloscopio_adaptado))) *100;
250
251
252 % Errores:
253 %Mean square error:
254 simulacion.error.MSE_carga(simulacion_variable_paso) =...
255 goodnessOfFit(resultados.tensiones.carga(simulacion_variable_paso,;),resultados.error.tensiones_osciloscopio_adaptado, 'MSE');
256 % Normalized root mean square error:
257 simulacion.error.NRMSE_carga(simulacion_variable_paso) =...
```

```
258 goodnessOfFit(resultados.tensiones.carga(simulacion_variable_paso;),'resultados.error.tensiones_osciloscopio_adaptado', 'nrmse');
259 % Normalized mean square error:
260 simulacion.error.NMSE_carga(simulacion_variable_paso) =...
261 goodnessOfFit(resultados.tensiones.carga(simulacion_variable_paso;),'resultados.error.tensiones_osciloscopio_adaptado', 'NMSE');
262
263 end
264 clear simulacion_variable_paso;
265
266
267 % http://www.scielo.org.co/pdf/rfiua/n60/n60a17.pdf
268 % Analizo el error entre tension osciloscopio remuestreada y simulacion y lo muestro graficamente:
269
270 % Grafico independiente semejanza ondas:
271 figure
272
273 % Acomodacion datos a la estructura iddata:
274 for simulacion_variable_paso=1:simulacion.variable.n_pasos
275 apoyo.error.objeto.tensiones_osciloscopio_redimensionada(:,simulacion_variable_paso) =...
276 resultados.error.tensiones_osciloscopio_adaptado';
277 end
278 simulacion_variable_paso;
279
280
281 apoyo.error.objeto_comparacion.tensiones_osciloscopio=...
282 iddata(apoyo.error.objeto.tensiones_osciloscopio_redimensionada,[],simulacion.At,'OutputName',resultados.grafica.tension.leyenda);
283
284
285 apoyo.error.objeto_comparacion.tensiones_simuladas=...
286 iddata(resultados.tensiones.carga,[],simulacion.At,'OutputName',resultados.grafica.tension.leyenda);
287
288 % Graficacion:
289 compare(apoyo.error.objeto_comparacion.tensiones_osciloscopio,apoyo.error.objeto_comparacion.tensiones_simuladas);
290
```

```
1 % Graficos9. Analisis espectral y ajuste de vectores de ondas de carga en detalle.
2 % Script que obtiene informacion del analisis espectral y grafica:
3 % Analisis espectral de onda simulada.
4 % Analisis espectral de onda osciloscopio.
5 % Posibilidad de filtrar onda osciloscopio.
6
7
8 % ONDA SIMULADA:
9
10 for simulacion_variable_paso=1:1:simulacion.variable.n_pasos
11
12 % Recorto tension y tiempo onda simulada:
13
14 apoyo.armonicos.izquierda = 1:15;
15 apoyo.armonicos.derecha = 0:12;
16
17 apoyo.armonicos.simulacion.onda_recortada = resultados.tensiones.carga(simulacion_variable_paso,:);
18 apoyo.armonicos.simulacion.onda_recortada(:,apoyo.armonicos.izquierda) = [];
19 apoyo.armonicos.simulacion.onda_recortada(:,length(apoyo.armonicos.simulacion.onda_recortada)-apoyo.armonicos.derecha) = [];
20
21 apoyo.armonicos.tiempos = resultados.tiempos;
22 apoyo.armonicos.tiempos(:,apoyo.armonicos.izquierda) = [];
23 apoyo.armonicos.tiempos(:,length(apoyo.armonicos.tiempos)-apoyo.armonicos.derecha) = [];
24
25 % Calculo valor RMS:
26 resultados.RMS.simulacion(1,simulacion_variable_paso) = rms(resultados.tensiones.carga(simulacion_variable_paso,:));
27
28 figure('Name', ['Graficos9. Analisis espectral y ajuste de vectores de ondas de carga en detalle. ' resultados.grafica.tension.leyenda
{simulacion_variable_paso}], 'NumberTitle', 'off') % Nombre de la ventana.
29
30 % Onda simulada original:
31
32 subplot(221)
33 plot(resultados.tiempos,resultados.tensiones.carga(simulacion_variable_paso,:),'-rs',...
34      'LineWidth',2)
35
36 title(['Onda simulada original. Valor RMS = ' num2str(resultados.RMS.simulacion(1,simulacion_variable_paso))]);
37 xlabel('Tiempo');
38 ylabel('Tensión');
39 legend(resultados.grafica.tension.leyenda{simulacion_variable_paso});
40 grid on;
41
42 % Onda simulada recortada:
43
44 % Calculo valor RMS:
45 resultados.RMS.simulacion(1,simulacion_variable_paso) = rms(apoyo.armonicos.simulacion.onda_recortada(1,:));
46
47 % Grafico onda simulada recortada:
48
49 subplot(222)
50 plot(apoyo.armonicos.tiempos,apoyo.armonicos.simulacion.onda_recortada(1,:),'-rs',...
51      'LineWidth',2)
52
53 title(['Onda simulada recortada. Valor RMS = ' num2str(resultados.RMS.simulacion(1,simulacion_variable_paso))]);
54 xlabel('Tiempo');
55 ylabel('Tensión');
56 legend(resultados.grafica.tension.leyenda{simulacion_variable_paso});
57 grid on;
58
59 % Analisis armonicos por transformada rapida de Fourier:
60
61 subplot(2,2,3)
62 apoyo.armonicos.fft = fft(apoyo.armonicos.simulacion.onda_recortada(1,:));
63 apoyo.armonicos.fft_amplitud_corregida = abs(apoyo.armonicos.fft)/(length(apoyo.armonicos.tiempos)/2);
64 bar(apoyo.armonicos.fft_amplitud_corregida);
```

```
65 title('Análisis armónicos transformada rápida de Fourier');
66 xlabel('N-1 Armonico');
67 ylabel('Amplitud corregida');
68 legend(resultados.grafica.tension.leyenda(simulacion_variable_paso));
69 grid on;
70
71
72 % Paso a graficar porcentaje de cada armonico:
73
74 % Quito la mitad derecha de los armónicos. (Están duplicados->FFT)
75 apoyo.armonicos.fft_amplitud_corregida_utiles=1:ceil(length(apoyo.armonicos.fft_amplitud_corregida)/2);
76 % Obtengo el total de la suma de los armónicos:
77 apoyo.armonicos.total = sum(apoyo.armonicos.fft_amplitud_corregida(apoyo.armonicos.fft_amplitud_corregida_utiles));
78 % Obtengo el porcentaje de cada armonico:
79 apoyo.armonicos.porcien = apoyo.armonicos.fft_amplitud_corregida(1,apoyo.armonicos.fft_amplitud_corregida_utiles)./apoyo.armonicos.
total*100;
80
81 subplot(2,2,4)
82 bar(apoyo.armonicos.porcien)
83 title('Porcentaje de cada armonico');
84 xlabel('N-1 Armonico');
85 ylabel('% del total');
86 legend(resultados.grafica.tension.leyenda(simulacion_variable_paso));
87 grid on;
88 saveas(gcf,[ruta.grafica 'graficos9_' apoyo.graficas.nombre_variable '_' punto_barra(simulacion.variable.inicio+(simulacion.variable.A*
(simulacion_variable_paso-1))) '.fig'])
89
90 end
91 clear simulacion_variable_paso
92
93 % OSCILOSCOPIO:
94
95 % Recorto tensión y tiempo onda osciloscopio:
96
97 apoyo.armonicos.izquierda = 1:500;
98 apoyo.armonicos.derecha = 0:500;
99
100 apoyo.armonicos.osciloscopio.tensiones = resultados.onda_osciloscopio.carga.detalle.data(:,2);
101 apoyo.armonicos.osciloscopio.tensiones(apoyo.armonicos.izquierda) = [];
102 apoyo.armonicos.osciloscopio.tensiones(length(apoyo.armonicos.osciloscopio.tensiones)-apoyo.armonicos.derecha) = [];
103
104 apoyo.armonicos.osciloscopio.tiempos = resultados.onda_osciloscopio.carga.detalle.data(:,1);
105 apoyo.armonicos.osciloscopio.tiempos(apoyo.armonicos.izquierda) = [];
106 apoyo.armonicos.osciloscopio.tiempos(length(apoyo.armonicos.osciloscopio.tiempos)-apoyo.armonicos.derecha) = [];
107
108
109
110
111
112 % Onda osciloscopio original:
113
114 figure('Name','Graficos9_osc. Analisis armónicos onda osciloscopio carga en detalle.','NumberTitle','off') % Nombre de la ventana.
115
116 % Calculo valor RMS:
117
118 resultados.RMS.osciloscopio = rms(resultados.onda_osciloscopio.carga.detalle.data(:,2));
119
120 % Grafico onda osciloscopio original:
121 subplot(2,6,1:2)
122 plot(resultados.onda_osciloscopio.carga.detalle.data(:,1),resultados.onda_osciloscopio.carga.detalle.data(:,2),'-r',...
'LineWidth',2)
123
124 title(['Onda osciloscopio original. Valor RMS = ' num2str(resultados.RMS.osciloscopio)]);
125 xlabel('Tiempo');
126 ylabel('Tensión');
127 legend('onda osciloscopio');
```

```
128 grid on;
129
130 % Calculo valor RMS:
131
132 resultados.RMS.oscoscopio = rms(apoyo.armonic.oscoscopio.tensiones);
133
134 % Onda oscoscopio recortada:
135
136 subplot(2,6,3:4)
137
138 plot(apoyo.armonic.oscoscopio.tiempos,apoyo.armonic.oscoscopio.tensiones,'-r',...
139      'LineWidth',2)
140
141 title(['Onda oscoscopio recortada. Valor RMS = ' num2str(resultados.RMS.oscoscopio)]);
142 xlabel('Tiempo');
143 ylabel('Tensión');
144 legend('onda oscoscopio');
145 grid on;
146
147 % Analisis armonic onda original oscoscopio:
148
149 subplot(2,6,7:8)
150 apoyo.armonic.fft = fft(resultados.onda_oscoscopio.carga.detalle.data(:,2));
151 apoyo.armonic.fft_amplitud_corregida= abs(apoyo.armonic.fft)/(length(apoyo.armonic.oscoscopio.tensiones)/2);
152 bar(apoyo.armonic.fft_amplitud_corregida);
153 title('FFT onda oscoscopio original');
154 xlabel('N-1 Armonico');
155 ylabel('Amplitud corregida');
156 legend('onda oscoscopio');
157 grid on;
158
159 % Analisis armonic por transformada rapida de Fourier de la onda oscoscopio recortada:
160
161 subplot(2,6,9:10)
162
163 apoyo.armonic.fft = fft(apoyo.armonic.oscoscopio.tensiones);
164 apoyo.armonic.fft_amplitud_corregida= abs(apoyo.armonic.fft)/(length(apoyo.armonic.oscoscopio.tensiones)/2);
165 bar(apoyo.armonic.fft_amplitud_corregida);
166 title('FFT onda oscoscopio recortada');
167 xlabel('N-1 Armonico');
168 ylabel('Amplitud corregida');
169 legend('onda oscoscopio');
170 grid on;
171
172 % Filtro señal oscoscopio cogiendo los 10 primeros armonicos y haciendo 0 los demas.
173
174 apoyo.armonic.izquierda = 10:1489;
175
176 apoyo.armonic.oscoscopio.tensiones = apoyo.armonic.fft;
177 apoyo.armonic.oscoscopio.tensiones(apoyo.armonic.izquierda) = 0;
178 apoyo.armonic.fft_amplitud_corregida= abs(apoyo.armonic.oscoscopio.tensiones)/(length(apoyo.armonic.oscoscopio. ↵
tensiones)/2);
179
180 % Grafico analisis armonic onda oscoscopio filtrada:
181
182 subplot(2,6,11)
183
184 bar(apoyo.armonic.fft_amplitud_corregida);
185 title('FFT onda oscoscopio recortada y filtrada');
186 xlabel('N-1 Armonico');
187 ylabel('Amplitud corregida');
188 legend('onda oscoscopio');
189 grid on;
190
191 % Paso a graficar porcentaje de cada armonico de la onda oscoscopio filtrada:
```



```
192
193 % Quito la mitad derecha de los armonicos. (Estan duplicados->FFT)
194 apoyo.armonicos.fft_amplitud_corregida_utiles=1:ceil(length(apoyo.armonicos.fft_amplitud_corregida)/2);
195 % Obtengo el total de la suma de los armonicos:
196 apoyo.armonicos.total = sum(apoyo.armonicos.fft_amplitud_corregida(apoyo.armonicos.fft_amplitud_corregida_utiles));
197 % Obtengo el porcentaje de cada armonico:
198 apoyo.armonicos.porcien = apoyo.armonicos.fft_amplitud_corregida(apoyo.armonicos.fft_amplitud_corregida_utiles)./apoyo.armonicos. total*100;
199
200 subplot(2,6,12)
201 bar(apoyo.armonicos.porcien)
202 title('% armonico');
203 xlabel('N-1 Armonico');
204 ylabel('% del total');
205 legend('onda osciloscopio');
206 grid on;
207
208 % Calculo valor RMS:
209 apoyo.armonicos.fft_inversa=ifft(apoyo.armonicos.osciloscopio.tensiones);
210
211 resultados.RMS.osciloscopio = rms(real(apoyo.armonicos.fft_inversa));
212
213 % Grafico onda osciloscopio filtrada:
214
215 subplot(2,6,5:6)
216
217 plot(apoyo.armonicos.osciloscopio.tiempos,real(apoyo.armonicos.fft_inversa),'-r',...
218      'LineWidth',1)
219
220 title(['Onda osciloscopio recortada y filtrada. Valor RMS = ' num2str(resultados.RMS.osciloscopio)]);
221 xlabel('Tiempo');
222 ylabel('Tensión');
223 legend('onda osciloscopio');
224 grid on;
225
226 % Guardo la grafica:
227
228 saveas(gcf,[ruta.grafica 'graficos9_osc' '.fig']);
```

```

1 % Graficos10. Estudio de la reaccion de inducido en periodo.
2 % Script que grafica:
3 % Grafico flujo en vacio, reaccion de inducido y total frente a tiempo.
4 % Grafico intensidad de reaccion de inducido frente a tiempo.
5 % Grafico tension resultante, de vacio y osciloscopio frente a tiempo.
6
7 for simulacion_variable_paso=1:simulacion.variable.n_pasos % Simulo para el total de pasos de la variable estudiada.
8 simulacion.variable.paso = simulacion_variable_paso;
9
10 figure('Name', ['Graficos10. Estudio de la reaccion de inducido en periodo. ' resultados.grafica.tension.leyenda
{simulacion_variable_paso}], 'NumberTitle', 'off') % Nombre de la ventana.
11
12 resultados.grafica.colores=hsv(5); % Creo mapa de colores.
13
14
15 % Grafico flujos de la bobina frente a tiempo:
16
17 subplot(3,4,[1 2 5 6]);
18 hold on;
19
20 plot(resultados.tiempos,resultados.flujos.vacio.valor(simulacion_variable_paso,:), '-rs',...
21      'color',resultados.grafica.colores(1,:), ...
22      'LineWidth',2,...
23      'MarkerEdgeColor','k',...
24      'MarkerFaceColor',resultados.grafica.colores(1,:),...
25      'MarkerSize',5)
26 plot(resultados.tiempos,resultados.flujos.reaccion_inducido.valor(simulacion_variable_paso,:), '-rs',...
27      'color',resultados.grafica.colores(3,:), ...
28      'LineWidth',2,...
29      'MarkerEdgeColor','k',...
30      'MarkerFaceColor',resultados.grafica.colores(3,:),...
31      'MarkerSize',5)
32 plot(resultados.tiempos,resultados.flujos.total.valor(simulacion_variable_paso,:)...
33      '-rs',...
34      'color',resultados.grafica.colores(4,:), ...
35      'LineWidth',2,...
36      'MarkerEdgeColor','k',...
37      'MarkerFaceColor',resultados.grafica.colores(4,:),...
38      'MarkerSize',5)
39 title('Flujos');
40 xlabel('Tiempo [s]');
41 ylabel('Flujo [Wb]');
42 grid on;
43 legend('Flujo en vacio','Flujo reaccion inducido','Flujo total');
44
45 % Grafico intensidad de reaccion de inducido frente a tiempo:
46
47
48 subplot(3,4,9:10);
49 hold on;
50
51 plot(resultados.tiempos,resultados.intensidad.valor(simulacion_variable_paso,:), '-rs',...
52      'color',resultados.grafica.colores(3,:), ...
53      'LineWidth',2,...
54      'MarkerEdgeColor','k',...
55      'MarkerFaceColor',resultados.grafica.colores(3,:),...
56      'MarkerSize',5)
57
58 title('Intensidad de reaccion de inducido');
59 xlabel('Tiempo [s]');
60 ylabel('Intensidad [A]');
61 grid on;
62 legend(['Intensidad de reaccion de inducido. Valor RMS = ' num2str( resultados.intensidad.RMS(simulacion.variable.paso ,1)) ' A']);
63
64 % Grafico ondas de tension resultante, de vacio y osciloscopio frente a tiempo:

```

```

65
66 subplot(3,4,[3 4 7 8 11 12]);
67 hold on;
68
69
70 plot(resultados.onda_osciloscopio.vacio.periodo.data(:,1)+resultados.onda_osciloscopio.vacio.periodo.desplazamiento,...
71 resultados.onda_osciloscopio.vacio.periodo.data(:,2),'-',...
72     'color',resultados.grafica.colores(2,:), ...
73     'LineWidth',1,...
74     'MarkerEdgeColor','k',...
75     'MarkerFaceColor',[0 0 0],...
76     'MarkerSize',5); % Grafico onda tension osciloscopio vacio con desfase.
77
78 plot(resultados.tiempos,resultados.tensiones.vacio(simulacion_variable_paso:),'-rs',...
79     'color',resultados.grafica.colores(1,:), ...
80     'LineWidth',2,...
81     'MarkerEdgeColor','k',...
82     'MarkerFaceColor',resultados.grafica.colores(1,:),...
83     'MarkerSize',5);
84 plot(resultados.tiempos,resultados.tensiones.total(simulacion_variable_paso:),'-rs',...
85     'color',resultados.grafica.colores(4,:), ...
86     'LineWidth',2,...
87     'MarkerEdgeColor','k',...
88     'MarkerFaceColor',resultados.grafica.colores(4,:),...
89     'MarkerSize',5)
90 plot(resultados.onda_osciloscopio.carga.periodo.data(:,1)+resultados.onda_osciloscopio.carga.periodo.desplazamiento,...
91 resultados.onda_osciloscopio.carga.periodo.data(:,2),'-',...
92     'color',resultados.grafica.colores(3,:), ...
93     'LineWidth',1,...
94     'MarkerEdgeColor','k',...
95     'MarkerFaceColor',[0 0 0],...
96     'MarkerSize',5); % Grafico onda tension osciloscopio carga con desfase.
97 plot(resultados.tiempos,resultados.tensiones.carga(simulacion_variable_paso:),'-rs',...
98     'color',resultados.grafica.colores(5,:), ...
99     'LineWidth',2,...
100     'MarkerEdgeColor','k',...
101     'MarkerFaceColor',resultados.grafica.colores(5,:),...
102     'MarkerSize',5)
103
104 title('Forma de ondas de tension en carga');
105 xlabel('Tiempo [s]');
106 ylabel('Tensión [V]');
107 grid on;
108 legend(['Osciloscopio vacio. Valor RMS = ' num2str(resultados.tensiones.RMS.osciloscopio.vacio.periodo) ' V'],...
109     ['Vacio. Valor RMS = ' num2str(resultados.tensiones.RMS.vacio(simulacion.variable.paso ,1)) ' V'],...
110     ['Total carga. Valor RMS = ' num2str(resultados.tensiones.RMS.total(simulacion.variable.paso ,1)) ' V'],...
111     ['Osciloscopio carga. Valor RMS = ' num2str(resultados.tensiones.RMS.osciloscopio.carga.periodo) ' V'],...
112     ['Carga. Valor RMS = ' num2str(resultados.tensiones.RMS.carga(simulacion.variable.paso ,1)) ' V']);
113
114
115 % Guardo Grafica:
116 saveas(gcf,[ruta.grafica 'graficos10_' apoyo.graficas.nombre_variable '_' ...
117 punto_barra(simulacion.variable.inicio+(simulacion.variable.A*(simulacion_variable_paso-1))) '.fig'])% La guardo en .fig -> Formato figura
Matlab.
118
119 end
120 clear simulacion_variable_paso;
121
122
123
124

```

```

1 % Graficos11. Estudio de la potencia generada en periodo.
2 % Script que grafica:
3 % Grafico potencia total, carga y resistencia interna bobina.
4 % Grafico intensidad de reaccion de inducido frente a tiempo.
5 % Grafico tension resultante, de vacio y osciloscopio frente a tiempo.
6
7
8
9
10 for simulacion_variable_paso=1:simulacion.variable.n_pasos % Simulo para el total de pasos de la variable estudiada.
11 simulacion.variable.paso = simulacion_variable_paso;
12
13 figure('Name',[Graficos11. Estudio de la potencia generada en periodo.' resultados.grafica.tension.leyenda
(simulacion_variable_paso)],'NumberTitle','off') % Nombre de la ventana.
14
15 resultados.grafica.colores=hsv(5); % Creo mapa de colores.
16
17 % Grafico potencias:
18
19 subplot(3,4,[1 2 5 6]);
20 hold on;
21
22 plot(resultados.tiempos,resultados.potencias.total(simulacion_variable_paso,),'-rs',...
23      'color',resultados.grafica.colores(4,:), ...
24      'LineWidth',2,...
25      'MarkerEdgeColor','k',...
26      'MarkerFaceColor',resultados.grafica.colores(4,:),...
27      'MarkerSize',5)
28 plot(resultados.tiempos,resultados.potencias.bobina(simulacion_variable_paso,),'-rs',...
29      'color',resultados.grafica.colores(3,:), ...
30      'LineWidth',2,...
31      'MarkerEdgeColor','k',...
32      'MarkerFaceColor',resultados.grafica.colores(3,:),...
33      'MarkerSize',5)
34 plot(resultados.tiempos,resultados.potencias.carga(simulacion_variable_paso,),'-rs',...
35      'color',resultados.grafica.colores(5,:), ...
36      'LineWidth',2,...
37      'MarkerEdgeColor','k',...
38      'MarkerFaceColor',resultados.grafica.colores(5,:),...
39      'MarkerSize',5)
40 title('Potencias');
41 xlabel('Tiempo [s]');
42 ylabel('Potencia [W]');
43 grid on;
44 legend(['Potencia total. Valor RMS = ' num2str(resultados.potencias.RMS.total(simulacion.variable.paso ,1)) ' W'],...
45        ['Potencia R interna(bobina). Valor RMS = ' num2str(resultados.potencias.RMS.bobina(simulacion.variable.paso ,1)) ' W'],...
46        ['Potencia carga. Valor RMS = ' num2str(resultados.potencias.RMS.carga(simulacion.variable.paso ,1)) ' W']);
47
48
49 % Grafico intensidad de reaccion de inducido frente a tiempo:
50
51 subplot(3,4,9:10);
52 hold on;
53
54 plot(resultados.tiempos,resultados.intensidad.valor(simulacion_variable_paso,),'-rs',...
55      'color',resultados.grafica.colores(3,:), ...
56      'LineWidth',2,...
57      'MarkerEdgeColor','k',...
58      'MarkerFaceColor',resultados.grafica.colores(3,:),...
59      'MarkerSize',5)
60 title('Intensidad de reaccion de inducido');
61 xlabel('Tiempo [s]');
62 ylabel('Intensidad [A]');
63 grid on;
64 legend(['Intensidad de reaccion de inducido. Valor RMS = ' num2str( resultados.intensidad.RMS(simulacion.variable.paso ,1)) ' A']);

```

```

65
66 % Grafico ondas de tension resultante, de vacio y osciloscopio frente a tiempo:
67
68 subplot(3,4,[3 4 7 8 11 12]);
69 hold on;
70
71
72 plot(resultados.onda_osciloscopio.vacio.periodo.data(:,1)+resultados.onda_osciloscopio.vacio.periodo.desplazamiento,...
73 resultados.onda_osciloscopio.vacio.periodo.data(:,2),'-',...
74     'color',resultados.grafica.colores(2,:), ...
75     'LineWidth',1,...
76     'MarkerEdgeColor','k',...
77     'MarkerFaceColor',[0 0 0],...
78     'MarkerSize',5);% Grafico onda tension osciloscopio vacio con desfase.
79
80 plot(resultados.tiempos,resultados.tensiones.vacio(simulacion_variable_paso:),'-rs',...
81     'color',resultados.grafica.colores(1,:), ...
82     'LineWidth',2,...
83     'MarkerEdgeColor','k',...
84     'MarkerFaceColor',resultados.grafica.colores(1,:),...
85     'MarkerSize',5);
86 plot(resultados.tiempos,resultados.tensiones.total(simulacion_variable_paso:),'-rs',...
87     'color',resultados.grafica.colores(4,:), ...
88     'LineWidth',2,...
89     'MarkerEdgeColor','k',...
90     'MarkerFaceColor',resultados.grafica.colores(4,:),...
91     'MarkerSize',5);
92 plot(resultados.onda_osciloscopio.carga.periodo.data(:,1)+resultados.onda_osciloscopio.carga.periodo.desplazamiento,...
93 resultados.onda_osciloscopio.carga.periodo.data(:,2),'-',...
94     'color',resultados.grafica.colores(3,:), ...
95     'LineWidth',1,...
96     'MarkerEdgeColor','k',...
97     'MarkerFaceColor',[0 0 0],...
98     'MarkerSize',5);% Grafico onda tension osciloscopio carga con desfase.
99 plot(resultados.tiempos,resultados.tensiones.carga(simulacion_variable_paso:),'-rs',...
100     'color',resultados.grafica.colores(5,:), ...
101     'LineWidth',2,...
102     'MarkerEdgeColor','k',...
103     'MarkerFaceColor',resultados.grafica.colores(5,:),...
104     'MarkerSize',5);
105
106 title('Forma de ondas de tension en carga');
107 xlabel('Tiempo [s]');
108 ylabel('Tensión [V]');
109 grid on;
110 legend(['onda osciloscopio vacio. Valor RMS = ' num2str(resultados.tensiones.RMS.osciloscopio.vacio.periodo) ' V'],...
111     ['Tension vacio. Valor RMS = ' num2str(resultados.tensiones.RMS.vacio(simulacion.variable.paso ,1)) ' V'],...
112     ['Tension total carga. Valor RMS = ' num2str(resultados.tensiones.RMS.total(simulacion.variable.paso ,1)) ' V'],...
113     ['onda osciloscopio carga. Valor RMS = ' num2str(resultados.tensiones.RMS.osciloscopio.carga.periodo) ' V'],...
114     ['Tension carga. Valor RMS = ' num2str(resultados.tensiones.RMS.carga(simulacion.variable.paso ,1)) ' V']);
115
116
117 % Guardo Grafica:
118 saveas(gcf,[ruta.grafica 'graficos11_' apoyo.graficas.nombre_variable '_'...
119 punto_barra(simulacion.variable.inicio+(simulacion.variable.A*(simulacion_variable_paso-1))) '.fig'])% La guardo en .fig -> Formato figura
Matlab.
120
121 end

```

```
1 % Graficos12. Error y ajuste de vectores de onda de carga en periodo.
2 % Script que obtiene informacion de los errores y grafica:
3 % Onda de tension del osciloscopio y onda simulada originales.
4 % Desfase ideal entre señal osciloscopio y señal simulada.
5 % Onda tension del osciloscopio con el muestreo de la simulacion.
6 % Onda tension osciloscopio remuestreada y desfasada junto a tension simulada.
7 % Onda tension del osciloscopio remuestreada y recortada junto a tension simulada.
8 % Comprobacion del desfase aplicado a onda osciloscopio y coeficiente normalizado de la correlacion.
9 % Obtencion del parecido en % de las ondas simuladas y del osciloscopio.
10
11
12 for simulacion_variable_paso=1:1:simulacion.variable.n_pasos
13
14 % Adaptacion onda real a tiempos de discretizacion simulacion.
15
16 % Muestreo osciloscopio At_osc = 0.00002 = 2e-5 s --> Da un vector de 25501
17 % posiciones --> abarca un tiempo de 25501*2e-5= 0.05 s
18 resultados.error.At_osc = 2e-5;
19 resultados.error.T_osc = 25501*resultados.error.At_osc;
20 % Quiero conseguir vector de tiempos con muestreo At = 0.0005
21 apoyo.error.longitud_vector_tiempos = floor(resultados.error.T_osc/simulacion.At);
22
23
24 % Grafico onda de tension del osciloscopio y onda simulada:
25
26 figure('Name',['Graficos12. Error y ajuste de vectores de onda de carga en periodo.' resultados.grafica.tension.leyenda
{simulacion_variable_paso}'],'NumberTitle','off') % Nombre de la ventana.
27
28 subplot(6,3,[1 4 7]);
29 hold on;
30 resultados.grafica.colores=hsv(simulacion.variable.n_pasos+1); % Creo mapa de colores.
31
32 plot(resultados.tiempos,resultados.tensiones.carga(simulacion_variable_paso,:),'-rs',...
33     'color',resultados.grafica.colores(simulacion_variable_paso,:), ...
34     'LineWidth',2,...
35     'MarkerEdgeColor','k',...
36     'MarkerFaceColor',resultados.grafica.colores(simulacion_variable_paso,:),...
37     'MarkerSize',5)
38
39 plot(resultados.onda_osciloscopio.carga.periodo.data(:,1),resultados.onda_osciloscopio.carga.periodo.data(:,2),'-rs',...
40     'color',resultados.grafica.colores(simulacion.variable.n_pasos+1,:), ...
41     'LineWidth',2,...
42     'MarkerEdgeColor','k',...
43     'MarkerFaceColor',resultados.grafica.colores(simulacion.variable.n_pasos+1,:),...
44     'MarkerSize',5)
45
46 title('Onda osciloscopio y onda simulada');
47 % xlabel('Tiempo'); % No cabe en el espacio de las graficas.
48 ylabel('Tensión');
49 legend(resultados.grafica.tension.leyenda{simulacion_variable_paso},'onda osciloscopio');
50 grid on;
51
52
53 % Encuentro desfase ideal entre señal osciloscopio y señal simulada.-->
54 % CORRELACION CRUZADA.
55
56 % Se trata de una aproximacion ya que:
57 % - Diferente periodo de muestreo.
58 % - Irregularidades en onda tension osciloscopio
59 % - La señal no esta recortada.
60 [apoyo.error.correlacion,apoyo.error.lag]=xcorr(resultados.onda_osciloscopio.carga.periodo.data(:,2),...
61     resultados.tensiones.carga(simulacion_variable_paso,:));
62 % Grafico correlacion aproximada con barras:
63
64 subplot(6,3,[3 6]);
```

```

65 stem(apoyo.error.lag*resultados.error.At_osc,apoyo.error.correlacion); % stem-> Grafica con "barritas" los pares de valores.
66 title('Correlacion cruzada entre señal osciloscopio y señal simulada');
67 % xlabel('Tiempo defases(lag)'); % No cabe en el espacio de las graficas
68 ylabel('Correlacion cruzada');
69 legend(resultados.grafica.tension.leyenda{simulacion_variable_paso});
70 grid on;
71
72 % Obtengo posicion del vector apoyo.error.correlacion para su valor maximo:
73 [~,apoyo.error.indice_lag_ideal] = max(abs(apoyo.error.correlacion));
74 % El operador ~ (ASCII 126) sirve para poder obtener el 2º dato del vector sin tener que poner nada en el 1er espacio.
75
76 % obtengo tiempo de desfase ideal para la maxima correlacion:
77 apoyo.desfase_ideal = apoyo.error.lag(apoyo.error.indice_lag_ideal)*resultados.error.At_osc;
78
79 % Adapto la onda del osciloscopio al periodo de la simulada:
80
81 % Cojo los tiempos que esten en sincronia con At
82
83 resultados.error.osciloscopio_adaptado.tiempos = zeros(1,apoyo.error.longitud_vector_tiempos);
84 resultados.error.osciloscopio_adaptado.tensiones = zeros(1,apoyo.error.longitud_vector_tiempos);
85
86 for n=1:apoyo.error.longitud_vector_tiempos
87
88 resultados.error.osciloscopio_adaptado.tiempos(n) = ...
89 resultados.onda_osciloscopio.carga.periodo.data(int16((n-1)*simulacion.At/resultados.error.At_osc)+1,1);
90 resultados.error.osciloscopio_adaptado.tensiones(n) = ...
91 resultados.onda_osciloscopio.carga.periodo.data(int16((n-1)*simulacion.At/resultados.error.At_osc)+1,2);
92
93 end
94 clear n;
95
96 % Grafico onda tension del osciloscopio con el muestreo de la simulacion
97 % frente a la tension de simulacion.
98
99 subplot(6,3,[2 5 8]);
100 hold on;
101 resultados.grafica.colores=hsv(simulacion.variable.n_pasos+1); % Creo mapa de colores.
102
103 plot(resultados.tiempos,resultados.tensiones.carga(simulacion_variable_paso,:),'-rs',...
104 'color',resultados.grafica.colores(simulacion_variable_paso,:), ...
105 'LineWidth',2,...
106 'MarkerEdgeColor','k',...
107 'MarkerFaceColor',resultados.grafica.colores(simulacion_variable_paso,:),...
108 'MarkerSize',5)
109
110 plot(resultados.error.osciloscopio_adaptado.tiempos,resultados.error.osciloscopio_adaptado.tensiones,...
111 '-rs','color',resultados.grafica.colores(simulacion_variable_paso+1,:), ...
112 'LineWidth',2,...
113 'MarkerEdgeColor','k',...
114 'MarkerFaceColor',resultados.grafica.colores(simulacion_variable_paso+1,:),...
115 'MarkerSize',5)
116
117 title('Onda osciloscopio muestreada a simulacion At y onda simulada');
118 % xlabel('Tiempo');% No cabe en el espacio de las graficas.
119 ylabel('Tensión');
120 legend(resultados.grafica.tension.leyenda{simulacion_variable_paso},'onda osciloscopio');
121 grid on;
122
123 % Aplico un desfase orientativo a la onda del osciloscopio para poder recortarla
124
125 resultados.error.osciloscopio_adaptado.tiempos = resultados.error.osciloscopio_adaptado.tiempos + resultados.onda_osciloscopio.carga.periodo.desplazamiento;
126
127 % Grafico onda tension osciloscopio remuestreada y desfasada junto a la
128 % onda de tension simulada.

```



```
129
130 subplot(6,3,[10 13 16]);
131 hold on;
132 resultados.grafica.colores=hsv(simulacion.variable.n_pasos+1); % Creo mapa de colores.
133
134 plot(resultados.tiempos,resultados.tensiones.carga(simulacion_variable_paso,),'-rs',...
135     'color',resultados.grafica.colores(simulacion_variable_paso,);, ...
136     'LineWidth',2,...
137     'MarkerEdgeColor','k',...
138     'MarkerFaceColor',resultados.grafica.colores(simulacion_variable_paso,);,...
139     'MarkerSize',5)
140
141 plot(resultados.error.osciloscopio_adaptado.tiempos,resultados.error.osciloscopio_adaptado.tensiones,...
142     '-rs','color',resultados.grafica.colores(simulacion_variable_paso+1,);, ...
143     'LineWidth',2,...
144     'MarkerEdgeColor','k',...
145     'MarkerFaceColor',resultados.grafica.colores(simulacion_variable_paso+1,);,...
146     'MarkerSize',5)
147
148 title('Onda osciloscopio muestreada y desfasada con onda simulada');
149 xlabel('Tiempo');
150 ylabel('Tensión');
151 legend(resultados.grafica.tension.leyenda{simulacion_variable_paso},'onda osciloscopio');
152 grid on;
153
154 % Recorto los tiempos del osciloscopio que no tengan representacion en los
155 % tiempos de simulacion.
156
157 % Defino dimension de los vectores para ahorrar memoria:
158 resultados.error.tiempos_osciloscopio_adaptado = zeros(1,length(resultados.tiempos));
159 resultados.error.tensiones_osciloscopio_adaptado = zeros(1,length(resultados.tiempos));
160
161 l=0;
162 for n=1:length(resultados.error.osciloscopio_adaptado.tiempos)
163     for j=1:length(resultados.tiempos)
164
165         if single(resultados.tiempos(j))==single(resultados.error.osciloscopio_adaptado.tiempos(n))
166             l=l+1;
167             resultados.error.tiempos_osciloscopio_adaptado(l)=resultados.error.osciloscopio_adaptado.tiempos(n);
168             resultados.error.tensiones_osciloscopio_adaptado(l)=resultados.error.osciloscopio_adaptado.tensiones(n);
169
170         end
171     end
172 end
173 clear n j l
174
175
176 % Grafico onda tension del osciloscopio remuestreada, recortada y desfasada junto a
177 % la onda de tension simulada.
178
179 subplot(6,3,[11 14 17]);
180 hold on;
181 resultados.grafica.colores=hsv(simulacion.variable.n_pasos+1); % Creo mapa de colores.
182
183 plot(resultados.tiempos,resultados.tensiones.carga(simulacion_variable_paso,),'-rs',...
184     'color',resultados.grafica.colores(simulacion_variable_paso,);, ...
185     'LineWidth',2,...
186     'MarkerEdgeColor','k',...
187     'MarkerFaceColor',resultados.grafica.colores(simulacion_variable_paso,);,...
188     'MarkerSize',5)
189
190 plot(resultados.error.tiempos_osciloscopio_adaptado,resultados.error.tensiones_osciloscopio_adaptado,...
191     '-rs','color',resultados.grafica.colores(simulacion_variable_paso+1,);, ...
192     'LineWidth',2,...
193     'MarkerEdgeColor','k',...
```

```
194     'MarkerFaceColor',resultados.grafica.colores(simulacion_variable_paso+1,;),...
195     'MarkerSize',5)
196
197 title('Onda osciloscopio muestreada, desfasada y recortada con onda simulada');
198 xlabel('Tiempo');
199 ylabel('Tensión');
200 legend(resultados.grafica.tension.leyenda{simulacion_variable_paso},'onda osciloscopio');
201 grid on;
202
203 % Compruebo si el desfase es correcto: -> correlacion cruzada.
204 % El parametro 3 de xcorr, me da el valor numerico de la correlacion
205 % para desfase 0. (Señal sin desfasar-> El que tengo))
206
207 [resultados.error.correlacion,resultados.error.lag]=...
208     xcorr(resultados.error.tensiones_osciloscopio_adaptado,resultados.tensiones.carga(simulacion_variable_paso,;));
209
210 subplot(6,3,[9 12]);
211 stem(resultados.error.lag*simulacion.At,resultados.error.correlacion)
212 title('Correlacion cruzada le la señal de osciloscopio definitiva y la señal de simulacion');
213 % xlabel('Tiempo defases(lag)'); % No cabe en el espacio de las graficas.
214 ylabel('Correlacion cruzada');
215 legend(resultados.grafica.tension.leyenda{simulacion_variable_paso});
216 grid on;
217
218 % Obtengo el grafico del coeficiente normalizado de la correlacion cruzada que es un
219 % indicador de cuanto se la forma de onda:
220
221 % El parametro 4 de xcorr, me da el valor numerico del coeficiente de la correlacion
222 % para desfase 0. (Señal sin desfasar-> El que tengo))
223 xcorr(resultados.error.tensiones_osciloscopio_adaptado,resultados.tensiones.carga(simulacion_variable_paso,;),0,'coef');
224
225
226 [resultados.error.correlacion_coef,resultados.error.lag_coef]=...
227     xcorr(resultados.error.tensiones_osciloscopio_adaptado,resultados.tensiones.carga(simulacion_variable_paso,;),'coef');
228
229 subplot(6,3,[15 18]);
230 stem(resultados.error.lag_coef*simulacion.At,resultados.error.correlacion_coef)
231 title('Coeficiente correlacion cruzada le la señal de osciloscopio definitiva y la señal de simulacion');
232 xlabel('Tiempo defases(lag)');
233 ylabel('Coeficiente normalizado correlacion cruzada');
234 legend(resultados.grafica.tension.leyenda{simulacion_variable_paso});
235 grid on;
236
237 saveas(gcf,[ruta.grafica 'graficos12_' apoyo.graficas.nombre_variable '_' ...
238     punto_barra(simulacion.variable.inicio+(simulacion.variable.A*(simulacion_variable_paso-1))) '.fig'])
239
240
241
242 % Calculo de errores:
243
244 % http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S1692-35612012000100005&script=sci\_arttext
245 % https://www.icesi.edu.co/revistas/index.php/estudios\_gerenciales/rt/printerFriendly/171/html
246 % http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\_arttext&pid=S0120-62302011000400017&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt
247
248 % Error calculado de manera intuitiva:
249 resultados.error.error_relativo = sum(abs(resultados.error.tensiones_osciloscopio_adaptado-resultados.tensiones.carga(
250     simulacion_variable_paso,;)))/(sum(abs(resultados.error.tensiones_osciloscopio_adaptado))) * 100;
251
252 % Errores:
253 % Mean square error:
254 simulacion.error.MSE(simulacion_variable_paso) =...
255     goodnessOfFit(resultados.tensiones.carga(1,;),resultados.error.tensiones_osciloscopio_adaptado, 'MSE');
256 % Normalized root mean square error:
257 simulacion.error.NRMSE(simulacion_variable_paso) =...
```

```
258 goodnessOfFit(resultados.tensiones.carga(1,:),resultados.error.tensiones_osciloscopio_adaptado', 'nrmse');
259 % Normalized mean square error:
260 simulacion.error.NMSE(simulacion_variable_paso) =...
261 goodnessOfFit(resultados.tensiones.carga(1,:),resultados.error.tensiones_osciloscopio_adaptado', 'NMSE');
262
263 end
264 clear simulacion_variable_paso;
265
266
267 % http://www.scielo.org.co/pdf/rfiua/n60/n60a17.pdf
268 % Analizo el error entre tension osciloscopio remuestreada y simulacion y lo muestro graficamente:
269
270 figure
271
272 % Acomodacion datos a la estructura iddata:
273 for simulacion_variable_paso=1:simulacion.variable.n_pasos
274 apoyo.error.objeto.tensiones_osciloscopio_redimensionada(:,simulacion_variable_paso) =...
275 resultados.error.tensiones_osciloscopio_adaptado';
276 end
277 simulacion_variable_paso;
278
279
280 apoyo.error.objeto_comparacion.tensiones_osciloscopio=...
281 iddata(apoyo.error.objeto.tensiones_osciloscopio_redimensionada,[],simulacion.At,'OutputName',resultados.grafica.tension.leyenda);
282
283
284 apoyo.error.objeto_comparacion.tensiones_simuladas=...
285 iddata(resultados.tensiones.carga,[],simulacion.At,'OutputName',resultados.grafica.tension.leyenda);
286
287 % Graficacion:
288 compare(apoyo.error.objeto_comparacion.tensiones_osciloscopio,apoyo.error.objeto_comparacion.tensiones_simuladas);
289
```

```
1 % Graficos13. Analisis espectral y ajuste de vectores de ondas de carga en periodo.
2 % Script que obtiene informacion del analisis espectral y grafica:
3 % Analisis espectral de onda simulada.
4 % Analisis espectral de onda osciloscopio.
5 % Posibilidad de filtrar onda osciloscopio.
6
7
8 % ONDA SIMULADA:
9
10 for simulacion_variable_paso=1:1:simulacion.variable.n_pasos
11
12 % Recorto tension y tiempo onda simulada:
13
14 apoyo.armonicos.izquierda = 1:15;
15 apoyo.armonicos.derecha = 0:12;
16
17 apoyo.armonicos.simulacion.onda_recortada = resultados.tensiones.carga(simulacion_variable_paso,:);
18 apoyo.armonicos.simulacion.onda_recortada(:,apoyo.armonicos.izquierda) = [];
19 apoyo.armonicos.simulacion.onda_recortada(:,length(apoyo.armonicos.simulacion.onda_recortada)-apoyo.armonicos.derecha) = [];
20
21 apoyo.armonicos.tiempos = resultados.tiempos;
22 apoyo.armonicos.tiempos(:,apoyo.armonicos.izquierda) = [];
23 apoyo.armonicos.tiempos(:,length(apoyo.armonicos.tiempos)-apoyo.armonicos.derecha) = [];
24
25 % Calculo valor RMS:
26 resultados.RMS.simulacion(1,simulacion_variable_paso) = rms(resultados.tensiones.carga(simulacion_variable_paso,:));
27
28 figure('Name', ['Graficos13. Analisis espectral y ajuste de vectores de ondas de carga en periodo.' resultados.grafica.tension.leyenda
{simulacion_variable_paso}], 'NumberTitle', 'off') % Nombre de la ventana.
29
30
31 % Onda simulada original:
32
33 subplot(221)
34 plot(resultados.tiempos,resultados.tensiones.carga(simulacion_variable_paso,:),'-rs',...
35 'LineWidth',2)
36
37 title(['Onda simulada original. Valor RMS = ' num2str(resultados.RMS.simulacion(1,simulacion_variable_paso))]);
38 xlabel('Tiempo');
39 ylabel('Tensión');
40 legend(resultados.grafica.tension.leyenda{simulacion_variable_paso});
41 grid on;
42
43 % Onda simulada recortada:
44
45 % Calculo valor RMS:
46 resultados.RMS.simulacion(1,simulacion_variable_paso) = rms(apoyo.armonicos.simulacion.onda_recortada(1,:));
47
48 % Grafico onda simulada recortada:
49
50 subplot(222)
51 plot(apoyo.armonicos.tiempos,apoyo.armonicos.simulacion.onda_recortada(1,:),'-rs',...
52 'LineWidth',2)
53
54 title(['Onda simulada recortada. Valor RMS = ' num2str(resultados.RMS.simulacion(1,simulacion_variable_paso))]);
55 xlabel('Tiempo');
56 ylabel('Tensión');
57 legend(resultados.grafica.tension.leyenda{simulacion_variable_paso});
58 grid on;
59
60 % Analisis armonicos por transformada rapida de Fourier:
61
62 subplot(2,2,3)
63 apoyo.armonicos.fft = fft(apoyo.armonicos.simulacion.onda_recortada(1,:));
64 apoyo.armonicos.fft_amplitud_corregida= abs(apoyo.armonicos.fft)/(length(apoyo.armonicos.tiempos)/2);
```

```
65 bar(apoyo.armonicos.fft_amplitud_corregida);
66 title('Análisis armónicos transformada rápida de Fourier');
67 xlabel('N-1 Armónico');
68 ylabel('Amplitud corregida');
69 legend(resultados.grafica.tension.leyenda(simulacion_variable_paso));
70 grid on;
71
72
73 % Paso a graficar porcentaje de cada armónico:
74
75 % Quito la mitad derecha de los armónicos. (Están duplicados->FFT)
76 apoyo.armonicos.fft_amplitud_corregida_utiles=1:ceil(length(apoyo.armonicos.fft_amplitud_corregida)/2);
77 % Obtengo el total de la suma de los armónicos:
78 apoyo.armonicos.total = sum(apoyo.armonicos.fft_amplitud_corregida(apoyo.armonicos.fft_amplitud_corregida_utiles));
79 % Obtengo el porcentaje de cada armónico:
80 apoyo.armonicos.porcien = apoyo.armonicos.fft_amplitud_corregida(1,apoyo.armonicos.fft_amplitud_corregida_utiles)./apoyo.armonicos.
total*100;
81
82 subplot(2,2,4)
83 bar(apoyo.armonicos.porcien)
84 title('Porcentaje de cada armónico');
85 xlabel('N-1 Armónico');
86 ylabel('% del total');
87 legend(resultados.grafica.tension.leyenda(simulacion_variable_paso));
88 grid on;
89 saveas(gcf,[ruta.grafica 'graficos13_' apoyo.graficas.nombre_variable '_' punto_barra(simulacion.variable.inicio+(simulacion.variable.A*(
simulacion_variable_paso-1)))] 'fig')
90
91 end
92 clear simulacion_variable_paso
93
94 % OSCILOSCOPIO:
95
96 % Recorto tensión y tiempo onda osciloscopio:
97
98 apoyo.armonicos.izquierda = 1:1;
99 apoyo.armonicos.derecha = 0:0;
100
101 apoyo.armonicos.osciloscopio.tensiones = resultados.onda_osciloscopio.carga.periodo.data(:,2);
102 apoyo.armonicos.osciloscopio.tensiones(apoyo.armonicos.izquierda) = [];
103 apoyo.armonicos.osciloscopio.tensiones(length(apoyo.armonicos.osciloscopio.tensiones)-apoyo.armonicos.derecha) = [];
104
105 apoyo.armonicos.osciloscopio.tiempos = resultados.onda_osciloscopio.carga.periodo.data(:,1);
106 apoyo.armonicos.osciloscopio.tiempos(apoyo.armonicos.izquierda) = [];
107 apoyo.armonicos.osciloscopio.tiempos(length(apoyo.armonicos.osciloscopio.tiempos)-apoyo.armonicos.derecha) = [];
108
109 figure('Name','Graficos13_osc. Análisis armónicos onda osciloscopio carga en detalle.','NumberTitle','off') % Nombre de la ventana.
110
111
112
113
114 % Onda osciloscopio original:
115
116 % Calculo valor RMS:
117
118 resultados.RMS.osciloscopio = rms(resultados.onda_osciloscopio.carga.periodo.data(:,2));
119
120 % Grafico onda osciloscopio original:
121 subplot(2,6,1:2)
122 plot(resultados.onda_osciloscopio.carga.periodo.data(:,1),resultados.onda_osciloscopio.carga.periodo.data(:,2),'-r',...
123 'LineWidth',2)
124 title(['Onda osciloscopio original. Valor RMS = ' num2str(resultados.RMS.osciloscopio)]);
125 xlabel('Tiempo');
126 ylabel('Tensión');
127 legend('onda osciloscopio');
```

```
128 grid on;
129
130 % Calculo valor RMS:
131
132 resultados.RMS.oscilloscopio = rms(apoyo.armonicos.oscilloscopio.tensiones);
133
134 % Onda oscilloscopio recortada:
135
136 subplot(2,6,3:4)
137
138 plot(apoyo.armonicos.oscilloscopio.tiempos,apoyo.armonicos.oscilloscopio.tensiones,'-r',...
139      'LineWidth',2)
140
141 title(['Onda oscilloscopio recortada. Valor RMS = ' num2str(resultados.RMS.oscilloscopio)]);
142 xlabel('Tiempo');
143 ylabel('Tensión');
144 legend('onda oscilloscopio');
145 grid on;
146
147 % Analisis armonicos onda original oscilloscopio:
148
149 subplot(2,6,7:8)
150 apoyo.armonicos.fft = fft(resultados.onda_oscilloscopio.carga.periodo.data(:,2));
151 apoyo.armonicos.fft_amplitud_corregida= abs(apoyo.armonicos.fft)/(length(apoyo.armonicos.oscilloscopio.tensiones)/2);
152 bar(apoyo.armonicos.fft_amplitud_corregida);
153 title('FFT onda oscilloscopio original');
154 xlabel('N-1 Armonico');
155 ylabel('Amplitud corregida');
156 legend('onda oscilloscopio');
157 grid on;
158
159 % Analisis armonicos por transformada rapida de Fourier de la onda oscilloscopio recortada:
160
161 subplot(2,6,9:10)
162
163 apoyo.armonicos.fft = fft(apoyo.armonicos.oscilloscopio.tensiones);
164 apoyo.armonicos.fft_amplitud_corregida= abs(apoyo.armonicos.fft)/(length(apoyo.armonicos.oscilloscopio.tensiones)/2);
165 bar(apoyo.armonicos.fft_amplitud_corregida);
166 title('FFT onda oscilloscopio recortada');
167 xlabel('N-1 Armonico');
168 ylabel('Amplitud corregida');
169 legend('onda oscilloscopio');
170 grid on;
171
172 % Filtro señal oscilloscopio cogiendo los 10 primeros armonicos y haciendo 0 los demas.
173
174 apoyo.armonicos.izquierda = 100:length(apoyo.armonicos.oscilloscopio.tensiones);
175
176 apoyo.armonicos.oscilloscopio.tensiones = apoyo.armonicos.fft;
177 apoyo.armonicos.oscilloscopio.tensiones(apoyo.armonicos.izquierda) = 0;
178 apoyo.armonicos.fft_amplitud_corregida= abs(apoyo.armonicos.oscilloscopio.tensiones)/(length(apoyo.armonicos.oscilloscopio. ↵
tensiones)/2);
179
180 % Grafico analisis armonicos onda oscilloscopio filtrada:
181
182 subplot(2,6,11)
183
184 bar(apoyo.armonicos.fft_amplitud_corregida);
185 title('FFT onda oscilloscopio recortada y filtrada');
186 xlabel('N-1 Armonico');
187 ylabel('Amplitud corregida');
188 legend('onda oscilloscopio');
189 grid on;
190
191 % Paso a graficar porcentaje de cada armonico de la onda oscilloscopio filtrada:
```

```
192
193 % Quito la mitad derecha de los armonicos. (Estan duplicados->FFT)
194 apoyo.armonicos.fft_amplitud_corregida_utiles=1:ceil(length(apoyo.armonicos.fft_amplitud_corregida)/2);
195 % Obtengo el total de la suma de los armonicos:
196 apoyo.armonicos.total = sum(apoyo.armonicos.fft_amplitud_corregida(apoyo.armonicos.fft_amplitud_corregida_utiles));
197 % Obtengo el porcentaje de cada armonico:
198 apoyo.armonicos.porcien = apoyo.armonicos.fft_amplitud_corregida(apoyo.armonicos.fft_amplitud_corregida_utiles)./apoyo.armonicos.
total*100;
199
200 subplot(2,6,12)
201 bar(apoyo.armonicos.porcien)
202 title('% armonico');
203 xlabel('N-1 Armonico');
204 ylabel('% del total');
205 legend('onda osciloscopio');
206 grid on;
207
208 % Calculo valor RMS:
209 apoyo.armonicos.fft_inversa=ifft(apoyo.armonicos.osciloscopio.tensiones);
210
211 resultados.RMS.osciloscopio = rms(real(apoyo.armonicos.fft_inversa));
212
213 % Grafico onda osciloscopio filtrada:
214
215 subplot(2,6,5:6)
216
217 plot(apoyo.armonicos.osciloscopio.tiempos,real(apoyo.armonicos.fft_inversa),'-r',...
218      'LineWidth',1)
219
220 title(['Onda osciloscopio recortada y filtrada. Valor RMS = ' num2str(resultados.RMS.osciloscopio)]);
221 xlabel('Tiempo');
222 ylabel('Tensión');
223 legend('onda osciloscopio');
224 grid on;
225
226 % Guardo la grafica:
227
228 saveas(gcf,[ruta.grafica 'graficos13_osc' '.fig']);
```



```

1 % Graficos14. Estudio de la reaccion de inducido de simulacion libre.
2 % Script que grafica:
3 % Grafico flujo en vacio, reaccion de inducido y total frente a tiempo.
4 % Grafico intensidad de reaccion de inducido frente a tiempo.
5 % Grafico tension resultante y de vacio.
6
7 for simulacion_variable_paso=1:simulacion.variable.n_pasos % Simulo para el total de pasos de la variable estudiada.
8 simulacion.variable.paso = simulacion_variable_paso;
9
10 figure('Name', ['Graficos14. Estudio de la reaccion de inducido de simulacion libre. ' resultados.grafica.tension.leyenda
{simulacion_variable_paso}], 'NumberTitle', 'off') % Nombre de la ventana.
11
12 resultados.grafica.colores=hsv(5); % Creo mapa de colores.
13
14
15 % Grafico flujos de la bobina frente a tiempo:
16
17 subplot(3,4,[1 2 5 6]);
18 hold on;
19
20 plot(resultados.tiempos,resultados.flujos.vacio.valor(simulacion_variable_paso,:), '-rs',...
21      'color',resultados.grafica.colores(1,:), ...
22      'LineWidth',2,...
23      'MarkerEdgeColor','k',...
24      'MarkerFaceColor',resultados.grafica.colores(1,:),...
25      'MarkerSize',5)
26 plot(resultados.tiempos,resultados.flujos.reaccion_inducido.valor(simulacion_variable_paso,:), '-rs',...
27      'color',resultados.grafica.colores(3,:), ...
28      'LineWidth',2,...
29      'MarkerEdgeColor','k',...
30      'MarkerFaceColor',resultados.grafica.colores(3,:),...
31      'MarkerSize',5)
32 plot(resultados.tiempos,resultados.flujos.total.valor(simulacion_variable_paso,)...
33      '-rs',...
34      'color',resultados.grafica.colores(4,:), ...
35      'LineWidth',2,...
36      'MarkerEdgeColor','k',...
37      'MarkerFaceColor',resultados.grafica.colores(4,:),...
38      'MarkerSize',5)
39 title('Flujos');
40 xlabel('Tiempo [s]');
41 ylabel('Flujo [Wb]');
42 grid on;
43 legend('Flujo en vacio','Flujo reaccion inducido','Flujo total');
44
45 % Grafico intensidad de reaccion de inducido frente a tiempo:
46
47
48 subplot(3,4,9:10);
49 hold on;
50
51 plot(resultados.tiempos,resultados.intensidad.valor(simulacion_variable_paso,:), '-rs',...
52      'color',resultados.grafica.colores(3,:), ...
53      'LineWidth',2,...
54      'MarkerEdgeColor','k',...
55      'MarkerFaceColor',resultados.grafica.colores(3,:),...
56      'MarkerSize',5)
57
58 title('Intensidad de reaccion de inducido');
59 xlabel('Tiempo [s]');
60 ylabel('Intensidad [A]');
61 grid on;
62 legend(['Intensidad de reaccion de inducido. Valor RMS = ' num2str( resultados.intensidad.RMS(simulacion.variable.paso ,1)) ' A']);
63
64 % Grafico ondas de tension resultante y de vacio frente a tiempo:

```

```
65
66 subplot(3,4,[3 4 7 8 11 12]);
67 hold on;
68
69 plot(resultados.tiempos,resultados.tensiones.vacio(simulacion_variable_paso:),'-rs',...
70      'color',resultados.grafica.colores(1,:), ...
71      'LineWidth',2,...
72      'MarkerEdgeColor','k',...
73      'MarkerFaceColor',resultados.grafica.colores(1,:),...
74      'MarkerSize',5);
75 plot(resultados.tiempos,resultados.tensiones.total(simulacion_variable_paso:),'-rs',...
76      'color',resultados.grafica.colores(4,:), ...
77      'LineWidth',2,...
78      'MarkerEdgeColor','k',...
79      'MarkerFaceColor',resultados.grafica.colores(4,:),...
80      'MarkerSize',5);
81 plot(resultados.tiempos,resultados.tensiones.carga(simulacion_variable_paso:),'-rs',...
82      'color',resultados.grafica.colores(5,:), ...
83      'LineWidth',2,...
84      'MarkerEdgeColor','k',...
85      'MarkerFaceColor',resultados.grafica.colores(5,:),...
86      'MarkerSize',5);
87
88 title('Forma de ondas de tension en carga');
89 xlabel('Tiempo [s]');
90 ylabel('Tensión [V]');
91 grid on;
92 legend(['Vacio. Valor RMS = ' num2str(resultados.tensiones.RMS.vacio(simulacion.variable.paso ,1)) ' V'],...
93        ['Total carga. Valor RMS = ' num2str(resultados.tensiones.RMS.total(simulacion.variable.paso ,1)) ' V'],...
94        ['Carga. Valor RMS = ' num2str(resultados.tensiones.RMS.carga(simulacion.variable.paso ,1)) ' V']);
95
96
97 % Guardo Grafica:
98 saveas(gcf,[ruta.grafica 'graficos14_' apoyo.graficas.nombre_variable '_' ...
99 punto_barra(simulacion.variable.inicio+(simulacion.variable.A*(simulacion_variable_paso-1))) '.fig'])% La guardo en .fig -> Formato figura ↙
Matlab.
100
101 end
102 clear simulacion_variable_paso;
103
104
105
106
```

```

1 % Graficos5. Estudio de la potencia generada de simulacion libre
2 % Script que grafica:
3 % Grafico potencia total, carga y resistencia interna bobina.
4 % Grafico intensidad de reaccion de inducido frente a tiempo.
5 % Grafico tension resultante, de vacio y osciloscopio frente a tiempo.
6
7
8
9
10 for simulacion_variable_paso=1:simulacion.variable.n_pasos % Simulo para el total de pasos de la variable estudiada.
11 simulacion.variable.paso = simulacion_variable_paso;
12
13 figure('Name',['Graficos15. Estudio de la potencia generada de simulacion libre. ' resultados.grafica.tension.leyenda
{simulacion_variable_paso}], 'NumberTitle','off') % Nombre de la ventana.
14
15 resultados.grafica.colores=hsv(5); % Creo mapa de colores.
16
17 % Grafico potencias:
18
19 subplot(3,4,[1 2 5 6]);
20 hold on;
21
22 plot(resultados.tiempos,resultados.potencias.total(simulacion_variable_paso,),'-rs',...
23      'color',resultados.grafica.colores(4,:), ...
24      'LineWidth',2,...
25      'MarkerEdgeColor','k',...
26      'MarkerFaceColor',resultados.grafica.colores(4,:),...
27      'MarkerSize',5)
28 plot(resultados.tiempos,resultados.potencias.bobina(simulacion_variable_paso,),'-rs',...
29      'color',resultados.grafica.colores(3,:), ...
30      'LineWidth',2,...
31      'MarkerEdgeColor','k',...
32      'MarkerFaceColor',resultados.grafica.colores(3,:),...
33      'MarkerSize',5)
34 plot(resultados.tiempos,resultados.potencias.carga(simulacion_variable_paso,),'-rs',...
35      'color',resultados.grafica.colores(5,:), ...
36      'LineWidth',2,...
37      'MarkerEdgeColor','k',...
38      'MarkerFaceColor',resultados.grafica.colores(5,:),...
39      'MarkerSize',5)
40 title('Potencias');
41 xlabel('Tiempo [s]');
42 ylabel('Potencia [W]');
43 grid on;
44 legend(['Potencia total. Valor RMS = ' num2str(resultados.potencias.RMS.total(simulacion.variable.paso ,1)) ' W'],...
45        ['Potencia R interna(bobina). Valor RMS = ' num2str(resultados.potencias.RMS.bobina(simulacion.variable.paso ,1)) ' W'],...
46        ['Potencia carga. Valor RMS = ' num2str(resultados.potencias.RMS.carga(simulacion.variable.paso ,1)) ' W']);
47
48
49 % Grafico intensidad de reaccion de inducido frente a tiempo:
50
51 subplot(3,4,9:10);
52 hold on;
53
54 plot(resultados.tiempos,resultados.intensidad.valor(simulacion_variable_paso,),'-rs',...
55      'color',resultados.grafica.colores(3,:), ...
56      'LineWidth',2,...
57      'MarkerEdgeColor','k',...
58      'MarkerFaceColor',resultados.grafica.colores(3,:),...
59      'MarkerSize',5)
60 title('Intensidad de reaccion de inducido');
61 xlabel('Tiempo [s]');
62 ylabel('Intensidad [A]');
63 grid on;
64 legend(['Intensidad de reaccion de inducido. Valor RMS = ' num2str( resultados.intensidad.RMS(simulacion.variable.paso ,1)) ' A']);

```

```
65
66 % Grafico ondas de tension resultante y de vacio frente a tiempo:
67
68 subplot(3,4,[3 4 7 8 11 12]);
69 hold on;
70
71
72
73 plot(resultados.tiempos,resultados.tensiones.vacio(simulacion_variable_paso,:),'-rs',...
74       'color',resultados.grafica.colores(1,:), ...
75       'LineWidth',2,...
76       'MarkerEdgeColor','k',...
77       'MarkerFaceColor',resultados.grafica.colores(1,:),...
78       'MarkerSize',5);
79 plot(resultados.tiempos,resultados.tensiones.total(simulacion_variable_paso,:),'-rs',...
80       'color',resultados.grafica.colores(4,:), ...
81       'LineWidth',2,...
82       'MarkerEdgeColor','k',...
83       'MarkerFaceColor',resultados.grafica.colores(4,:),...
84       'MarkerSize',5)
85 plot(resultados.tiempos,resultados.tensiones.carga(simulacion_variable_paso,:),'-rs',...
86       'color',resultados.grafica.colores(5,:), ...
87       'LineWidth',2,...
88       'MarkerEdgeColor','k',...
89       'MarkerFaceColor',resultados.grafica.colores(5,:),...
90       'MarkerSize',5)
91
92 title('Forma de ondas de tension en carga');
93 xlabel('Tiempo [s]');
94 ylabel('Tensión [V]');
95 grid on;
96 legend(['Tension vacio. Valor RMS = ' num2str(resultados.tensiones.RMS.vacio(simulacion.variable.paso ,1)) ' V'],...
97        ['Tension total carga. Valor RMS = ' num2str(resultados.tensiones.RMS.total(simulacion.variable.paso ,1)) ' V'],...
98        ['Tension carga. Valor RMS = ' num2str(resultados.tensiones.RMS.carga(simulacion.variable.paso ,1)) ' V']);
99
100
101 % Guardo Grafica:
102 saveas(gcf,[ruta.grafica 'graficos15_' apoyo.graficas.nombre_variable '_' ...
103 punto_barra(simulacion.variable.inicio+(simulacion.variable.A*(simulacion_variable_paso-1))) '.fig'])% La guardo en .fig -> Formato figura
Matlab.
104
105 end
```

```
1 % Graficos9. Analisis espectral y ajuste de vectores de ondas de carga de simulacion libre.
2 % Script que obtiene informacion del analisis espectral y grafica:
3 % Analisis espectral de onda simulada.
4
5
6
7 % ONDA SIMULADA:
8
9 for simulacion_variable_paso=1:1:simulacion.variable.n_pasos
10
11 % Recorto tension y tiempo onda simulada:
12
13 apoyo.armonicos.izquierda = []; % Si se quiere recortar introducir vector con las posiciones a recortar -> 1:1;
14 apoyo.armonicos.derecha = []; % Si se quiere recortar introducir vector con las posiciones a recortar -> 0:0;
15
16 apoyo.armonicos.simulacion.onda_recortada = resultados.tensiones.carga(simulacion_variable_paso,:);
17 apoyo.armonicos.simulacion.onda_recortada(:,apoyo.armonicos.izquierda) = [];
18 apoyo.armonicos.simulacion.onda_recortada(:,length(apoyo.armonicos.simulacion.onda_recortada)-apoyo.armonicos.derecha) = [];
19
20 apoyo.armonicos.tiempos = resultados.tiempos;
21 apoyo.armonicos.tiempos(:,apoyo.armonicos.izquierda) = [];
22 apoyo.armonicos.tiempos(:,length(apoyo.armonicos.tiempos)-apoyo.armonicos.derecha) = [];
23
24 % Calculo valor RMS:
25 resultados.RMS.simulacion(1,simulacion_variable_paso) = rms(resultados.tensiones.carga(simulacion_variable_paso,:));
26
27 figure('Name','[Graficos16. Analisis espectral y ajuste de vectores de ondas de carga de simulacion libre. ' resultados.grafica.tension.
leyenda{simulacion_variable_paso}], 'NumberTitle','off') % Nombre de la ventana.
28
29 % Onda simulada original:
30
31 subplot(221)
32 plot(resultados.tiempos,resultados.tensiones.carga(simulacion_variable_paso,:),'-rs',...
33      'LineWidth',2)
34
35 title(['Onda simulada original. Valor RMS = ' num2str(resultados.RMS.simulacion(1,simulacion_variable_paso))]);
36 xlabel('Tiempo');
37 ylabel('Tensión');
38 legend(resultados.grafica.tension.leyenda{simulacion_variable_paso});
39 grid on;
40
41 % Onda simulada recortada:
42
43 % Calculo valor RMS:
44 resultados.RMS.simulacion(1,simulacion_variable_paso) = rms(apoyo.armonicos.simulacion.onda_recortada(1,:));
45
46 % Grafico onda simulada recortada:
47
48 subplot(222)
49 plot(apoyo.armonicos.tiempos,apoyo.armonicos.simulacion.onda_recortada(1,:),'-rs',...
50      'LineWidth',2)
51
52 title(['Onda simulada recortada. Valor RMS = ' num2str(resultados.RMS.simulacion(1,simulacion_variable_paso))]);
53 xlabel('Tiempo');
54 ylabel('Tensión');
55 legend(resultados.grafica.tension.leyenda{simulacion_variable_paso});
56 grid on;
57
58 % Analisis armonicos por transformada rapida de Fourier:
59
60 subplot(2,2,3)
61 apoyo.armonicos.fft = fft(apoyo.armonicos.simulacion.onda_recortada(1,:));
62 apoyo.armonicos.fft_amplitud_corregida= abs(apoyo.armonicos.fft)/(length(apoyo.armonicos.tiempos)/2);
63 bar(apoyo.armonicos.fft_amplitud_corregida);
64 title('Análisis armonicos transformada rapida de Fourier');
```

```
65 xlabel('N-1 Armonico');
66 ylabel('Amplitud corregida');
67 legend(resultados.grafica.tension.leyenda{simulacion_variable_paso});
68 grid on;
69
70
71 % Paso a graficar porcentaje de cada armonico:
72
73 % Quito la mitad derecha de los armonicos. (Estan duplicados-> FFT)
74 apoyo.armonicos.fft_amplitud_corregida_utiles=1:ceil(length(apoyo.armonicos.fft_amplitud_corregida)/2);
75 % Obtengo el total de la suma de los armonicos:
76 apoyo.armonicos.total = sum(apoyo.armonicos.fft_amplitud_corregida(apoyo.armonicos.fft_amplitud_corregida_utiles));
77 % Obtengo el porcentaje de cada armonico:
78 apoyo.armonicos.porcien = apoyo.armonicos.fft_amplitud_corregida(1,apoyo.armonicos.fft_amplitud_corregida_utiles)./apoyo.armonicos.
total*100;
79
80 subplot(2,2,4)
81 bar(apoyo.armonicos.porcien)
82 title('Porcentaje de cada armonico');
83 xlabel('N-1 Armonico');
84 ylabel('% del total');
85 legend(resultados.grafica.tension.leyenda{simulacion_variable_paso});
86 grid on;
87 saveas(gcf,[ruta.grafica 'graficos16_' apoyo.graficas.nombre_variable '_' punto_barra(simulacion.variable.inicio+(simulacion.variable.A*
(simulacion_variable_paso-1))) '.fig'])
88
89 end
90 clear simulacion_variable_paso
91
92
```

```
1 % Graficos17. Estudio tensiones para diferentes simulaciones de misma variable.
2 % Script que grafica:
3 % Grafico ondas de tension de vacio, total y carga frente a tiempo para varias simulaciones del bucle.
4
5
6
7 figure('Name','Graficos17. Estudio tensiones para diferentes simulaciones de variable.','NumberTitle','off') % Nombre de la ventana.
8
9 for simulacion_variable_paso=1:simulacion.variable.n_pasos % Simulo para el total de pasos de la variable estudiada.
10
11 resultados.grafica.colores=hsv(simulacion.variable.n_pasos); % Creo mapa de colores.
12
13 hold on;
14
15
16 plot(resultados.tiempos,resultados.tensiones.vacio(simulacion_variable_paso,:),'o-',...
17       'color',resultados.grafica.colores(simulacion_variable_paso,:), ...
18       'LineWidth',2,...
19       'MarkerEdgeColor','k',...
20       'MarkerFaceColor',resultados.grafica.colores(simulacion_variable_paso,:),...
21       'MarkerSize',5);
22 plot(resultados.tiempos,resultados.tensiones.total(simulacion_variable_paso,:),'-+',...
23       'color',resultados.grafica.colores(simulacion_variable_paso,:), ...
24       'LineWidth',2,...
25       'MarkerEdgeColor','k',...
26       'MarkerFaceColor',resultados.grafica.colores(simulacion_variable_paso,:),...
27       'MarkerSize',5);
28 plot(resultados.tiempos,resultados.tensiones.carga(simulacion_variable_paso,:),'-v',...
29       'color',resultados.grafica.colores(simulacion_variable_paso,:), ...
30       'LineWidth',2,...
31       'MarkerEdgeColor','k',...
32       'MarkerFaceColor',resultados.grafica.colores(simulacion_variable_paso,:),...
33       'MarkerSize',5);
34
35
36 end
37 clear simulacion_variable_paso;
38 title('Tensiones simulacion');
39 xlabel('Tiempo [s]');
40 ylabel('Tensión [V]');
41 grid on;
42
43
44 % Construyo leyenda: (concateno paso variable con tensiones de simulacion)
45
46 leyenda_graficos14 = cell(simulacion.variable.n_pasos*3,1); % Reservo memoria para la leyenda.
47 contador=0; % Contador que se utilizara para colocar las celdas en posiciones correlativas.
48 for simulacion_variable_paso=1:simulacion.variable.n_pasos % Simulo para el total de pasos de la variable estudiada.
49
50
51     for n_leyenda2=1:3 % Tengo 3 tensiones-> Vacio,total y carga.
52         contador=contador+1;
53         leyenda_graficos14{contador} = [char(resultados.grafica.tension.leyenda{simulacion_variable_paso,1})...
54                                         char(resultados.grafica.tension2.leyenda{simulacion_variable_paso,1}{n_leyenda2,1})];
55
56     end
57
58 end
59 clear simulacion_variable_paso contador n_leyenda2;
60
61 legend(leyenda_graficos14);
62
63 clear leyenda_graficos14;
64
65 % Guardo Grafica:
```



```
66 saveas(gcf,[ruta.grafica 'graficos17.fig'])% La guardo en .fig -> Formato figura Matlab.  
67  
68  
69  
70
```

```
1
2
3 function dibuja_imanes(n_imanes,r_iman,r_llanta)
4
5 % Dibujo imanes 1.0
6 % Calculo angulos entre imanes segun el n° de imanes y como se
7 % ajustan a los radios para la disposicion mas equilibrada. Se muestra graficamente.
8
9 % Variables locales:
10 ang_radios=20; % en grados
11 ang_imanes_ideal = 360/n_imanes; % en grados
12
13 % Defino vectores de angulos y distancia entre imanes:
14 ang_imanes = zeros(1,n_imanes);
15
16
17 % Obtengo los angulos de los imanes, ajustando al radio que mas cerca
18 % quedan.
19 for n=2:n_imanes
20     ang_imanes(n) = ang_radios*round((n-1)*ang_imanes_ideal/ang_radios);
21 end
22
23
24 % Grafico radios, llanta e imanes:
25 % figure % Creo ventana nueva para grafica
26 % Marcadores radios:
27 [x_radio,y_radio]=pol2cart(linspace(0,360,19)*2*pi/360,linspace(r_llanta,r_llanta,19));
28 plot(x_radio,y_radio,'s','LineWidth',2,...
29      'MarkerEdgeColor','k',...
30      'MarkerFaceColor','b',...
31      'MarkerSize',10)
32 hold on; % Mantengo la grafica para dibujar lo demas encima.
33
34 % Circunferencia llanta:
35 variable=0:pi/30:2*pi;
36 x=r_llanta*cos(variable);y=r_llanta*sin(variable);
37 plot(x,y);axis 'square'
38
39 % Dibujo radios:
40 for m=1:18
41     plot([0,x_radio(m)],[0,y_radio(m)])
42     hold on
43 end
44
45 % Dibujo imanes:
46 [x_iman,y_iman]=pol2cart(ang_imanes*2*pi/360,linspace(r_iman,r_iman,n_imanes));
47 plot(x_iman,y_iman,'rs','LineWidth',2,...
48      'MarkerEdgeColor','k',...
49      'MarkerFaceColor','g',...
50      'MarkerSize',10)
51
52 % Etiquetas de la grafica:
53 title('Disposición de los imanes en los radios');
54 grid on;
55 hold off;
56 end
```

```
1
2
3 function d_iman.es = distancia_iman.es(n_iman.es,r_iman)
4
5 % Calculo distancia iman.es 1.0
6 % Calculo DISTANCIA ENTRE IMANES segun el n° de iman.es y como se
7 % ajustan a los radios para la disposicion mas equilibrada:
8
9 % Variables locales:
10 ang_radios=20; % en grados
11 ang_iman.es_ideal = 360/n_iman.es; % en grados
12
13 % Defino vectores de angulos y distancia entre iman.es:
14 ang_iman.es = zeros(1,n_iman.es);
15
16
17 % Obtengo los angulos de los iman.es, ajustando al radio que mas cerca
18 % quedan.
19 for n=2:n_iman.es
20     ang_iman.es(n) = ang_radios*round((n-1)*ang_iman.es_ideal/ang_radios);
21 end
22
23 % Obtengo D_iman.es: (en mm)
24
25 d_iman.es = ang_iman.es*2*pi/360*r_iman;
26
27
28
```

```
1
2 function tiempo_archivo = punto_barra(t)
3
4 % punto_barra Cambio punto por barra.
5 % Cambia el punto del instante de tiempo por una barra baja en el nombre
6 % del archivo . -> _
7 % Introducir t como valor numerico
8
9 % Extraigo cadena de texto de la parte entera del tiempo:
10 parte_entera = int2str(fix(t));
11
12 % Extraigo cadena de texto de la parte decimal del tiempo:
13 parte_decimal = num2str(t - floor(t)); % Saco la parte decimal (aun contiene el 0. )
14 parte_decimal = parte_decimal(3:length(parte_decimal)); % Saco fuera de la cadena el 0. )
15
16 % Obtengo tiempo_archivo concatenando "parte entera" "_" "parte decimal":
17 tiempo_archivo = [parte_entera '_' parte_decimal];
18
19
20
21
22
```

```
1 % Scrip caracterizacion iman.
2 % Se utiliza para comparar valores medidos experimentalmente con los
3 % simulados en Femm.
4
5 clear; % Limpio variables
6 clc; % Borro pantalla comandos
7
8
9 !mkdir C:\PROYECTO
10 !mkdir C:\PROYECTO\femm
11
12
13 % Añado rutas busqueda de Matlab:
14
15 addpath('c:/femm42/mfiles');
16 ruta.femm='c:/PROYECTO/femm/';
17
18 % DATOS DE ENTRADA:
19 iman.a = 10; % Anchura [mm].
20 iman.h = 20; % Altura [mm].
21 simulacion.mallado.iman = 1;
22 simulacion.mallado.air1 = 1;
23 simulacion.profundidad = 20;
24 longitud_linea = 40;
25 constante_V_G_T = 500*10^(-4);
26 experimental.longitud = [5,10,15,20,25];
27 experimental.campo = [5,2.6,1.5,0.85,0.53]*constante_V_G_T;
28
29 contorno = 8;
30
31 openfemm; % Abro Femm
32 main_maximize; % Maximizo ventana Femm
33
34 % Creo documento Femm. ---> 0 para documento de electromagnetismo.
35 create(0);
36
37 % Defino parámetros del problema:
38 % mi_probdef(freq,units,type,precision,depth,minangle,acsolver)
39 mi_probdef(0, 'millimeters', 'planar', 1.e-8, simulacion.profundidad, 30);
40
41 % Creacion de materiales: CUIDAR MAYUSCULAS Y MINUSCULAS EN NOMBRE MATERIAL
42 mi_getmaterial('Air'); % Carga material libreria
43 % mi_addmaterial('Gap', 1, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 1, 0, 0, 0); % Creacion material desde 0
44 mi_getmaterial('NdFeB 52 MGOe');
45 mi_modifymaterial('NdFeB 52 MGOe',3,907500);
46
47 % Creacion contornos:
48 mi_addboundprop('contorno',0,0,0,0,0,0,0,0);
49
50 % DIBUJO:
51
52 % Etiquetas:
53 %mi_setblockprop('blockname', automesh, meshsize, 'incircuit', magdir, group, turns)
54
55 % Iman:
56 mi_drawrectangle([-iman.a,-iman.h/2;iman.h/2]); % Iman
57 mi_addblocklabel(-iman.a+0.1,-iman.h/2+0.1); % Iman
58 mi_selectlabel(-iman.a+0.1,-iman.h/2+0.1);
59 mi_setblockprop('NdFeB 52 MGOe',0,simulacion.mallado.iman,0,180,0,0);
60 mi_clearselected;
61
62 % Arcos:
63
64 mi_drawarc(-iman.a*contorno-iman.a/2,0,iman.a*contorno-iman.a/2,0,180,1); % Arco 1 inferior
65 mi_drawarc(iman.a*contorno-iman.a/2,0,-iman.a*contorno-iman.a/2,0,180,1); % Arco 1 superior
```

```
66 mi_addblocklabel(-iman.a*contorno+0.1,0); % Air1
67 mi_selectlabel(-iman.a*contorno+0.1,0);
68 mi_setblockprop('Air',0,simulacion.mallado.air1,0,0,0,0);
69 mi_clearselected;
70
71 % Contorno:
72 %mi_setarcsegmentprop(maxsegdeg, 'propname', hide, group)
73
74 mi_selectarcsegment(-iman.a*contorno-iman.a/2,0+1);
75 mi_selectarcsegment(-iman.a*contorno-iman.a/2,0-1);
76 mi_setarcsegmentprop(1,'contorno',0,0);
77 mi_clearselected;
78
79 mi_zoomnatural; % Hago Zoom en el circulo 1 para verlo mejor
80
81
82 % ANALISIS Y GUARDADO:
83
84 mi_saveas([ruta.femm 'caracterizacion_iman.fem']) % Guardo archivo
85
86
87 mi_analyze(1) %Anализo programa. 0->muestra,1=segundo plano
88 %Genera archivos *.ans (Resultados Femm)
89 %mi_close; % Cierro ventana (poner comentario si quiero dejar abiertas las ventanas)
90
91 opendocument([ruta.femm 'caracterizacion_iman.ans']) % Cargo archivo simulacion
92 % punto_barra es una funcion creada para cambiar el . por _
93 % en el nombre del archivo
94
95 mo_seteditmode('contour');
96 mo_addcontour(0,0);mo_addcontour(longitud_linea,0);
97 mo_makeplot(1,1000,[ruta.femm 'caracterizacion_iman.txt'],0);
98 A=importdata([ruta.femm 'caracterizacion_iman.txt']);
99
100 hold on;
101 plot(A.data(:,1),A.data(:,2),'color',[0,0,0],...
102      'LineWidth',2,...
103      'MarkerEdgeColor','k',...
104      'MarkerFaceColor',[0,0,0],...
105      'MarkerSize',5)
106 plot(experimental.longitud,experimental.campo,'-s','color',[1,0,0],...
107      'LineWidth',2,...
108      'MarkerEdgeColor','k',...
109      'MarkerFaceColor',[1,0,0],...
110      'MarkerSize',5)
111
112 title('Caracterización iman');
113 xlabel('Longitud [mm]');
114 ylabel('Campo [T]');
115 grid on;
116
117 legend('Simulada','Medida');
118
119
120
121
122
123
124
125
126
127
```

```
1 % Script de apoyo escalon_RL.m
2 % Se utilizara para comprobar si el circuito simulador_RLC.slx realiza
3 % correctamente el escalon de tension.
4
5 % Datos de entrada:
6
7 V = 5;
8 R= 4;
9 L= 1;
10 TAU=L/R;
11
12 i0=0; % Intensidad inicial.
13
14 t=0:0.05:1; % Longitud de la simulacion [s]
15
16 % Calculo intensidad en funcion de t:
17 % Respuesta al escalon de un circuito RL. Libro fundamentos de circuitos electricos Mc. Graw Hill. Pag 280.
18 i = V/R + (i0-V/R)*exp(-t/TAU);
19
20
21 figure('Name','Escalon de tension','NumberTitle','off')
22 resultados.grafica.colores=hsv(3); % Creo mapa de colores.
23
24
25 hold on;
26
27
28
29 plot(t,i,'-rs',...
30      'color',resultados.grafica.colores(1,:), ...
31      'LineWidth',2,...
32      'MarkerEdgeColor','k',...
33      'MarkerFaceColor',resultados.grafica.colores(1,:),...
34      'MarkerSize',5)
35
36
37 title('Escalon RL');
38 xlabel('Tiempo');
39 ylabel('Intensidad [A]');
40 grid on;
41 legend('Intensidad');
42
43
```



```
1 % Comparador_graficas_tension. Estudio para varias simulaciones de diferente variable.
2 % Script que grafica:
3 % Agrupaciones de diferentes archivos .fig de graficos17.
4 clear
5 % Instrucciones:
6 % (1) Nombrar las graficas obtenidas en graficos17 correlativamente empezando desde 1.
7 % (2) Introducir el numero de graficas a procesar en numero_graficas.
8 % (3) Ejecutar el programa.
9
10 ruta.grafica='c:/PROYECTO/matlab/Graficas/';
11
12 % Introducir el numero de graficas a procesar:
13 numero_graficas = 3;
14
15
16
17 % Bucle para capturar datos de un numero de graficas definido.
18 for n=1:numero_graficas
19
20 open([ruta.grafica int2str(n) '.fig']) % Abro grafica.
21
22 if n==1 % Para la primera repeticion.
23
24 % Extraigo datos.
25 cData = get(gca, 'Children');
26 a = get(cData, 'XData');
27 b = get(cData, 'YData');
28
29 % Los paso de cell a matriz para concatenarlos verticalmente y los almaceno.
30 eje_x_tiempo=cell2mat(a);
31 eje_y_tension=cell2mat(b);
32 datos_grafica = get(cData);
33 close
34
35 end
36
37 % Extraigo datos.
38 cData = get(gca, 'Children');
39 a = get(cData, 'XData');
40 b = get(cData, 'YData');
41
42 % Los paso de cell a matriz para concatenarlos verticalmente.
43 eje_x_tiempo1=cell2mat(a);
44 eje_y_tension1=cell2mat(b);
45 datos_grafica1 = get(cData);
46 close
47
48 % Concateno los resultados que voy acumulando.
49 eje_y_tension=[eje_y_tension;eje_y_tension1]; % No conozco a priori la cantidad de elementos a dimensionar.
50 eje_x_tiempo=[eje_x_tiempo;eje_x_tiempo1]; % Como se trata de un numero reducido no los dimensiono.
51 datos_grafica=[datos_grafica;datos_grafica1];
52
53 end
54 clear n a b eje_x_tiempo1 eje_y_tension1 datos_grafica1 cData numero_graficas
55
56 % Creo mapa de colores para el total de graficas:
57
58 resultados.grafica.colores=hsv(length(datos_grafica)/3); % Cada grafica tiene 3 trazados -> Tension vacio, total y carga.
59
60 figure('Name','Graficos15. Estudio para varias simulaciones de diferente variable.','NumberTitle','off') % Nombre de la ventana.
61
62 % Construccion de la grafica:
63 for n=1:length(datos_grafica) % Para todos los trazados
64
65
```

```
66 hold on
67 plot(eje_x_tiempo(n:),eje_y_tension(n,:), 'Marker',datos_grafica(n,1).Marker,...
68       'color',resultados.grafica.colores(int16(floor((n-1)/3))+1,:),...
69       'LineWidth',datos_grafica(n,1).LineWidth,...
70       'MarkerEdgeColor','k',...
71       'MarkerFaceColor',resultados.grafica.colores(int16(floor((n-1)/3))+1,:),...
72       'MarkerSize',datos_grafica(n,1).MarkerSize);
73
74 end
75 clear n;
76 title('Tensiones simulacion');
77 xlabel('Tiempo [s]');
78 ylabel('Tensión [V]');
79 grid on;
80
81
82 legend(datos_grafica(:,1).DisplayName)
83
84 clear datos_grafica eje_x_tiempo eje_y_tension;
85 % Guardo Grafica:
86 saveas(gcf,[ruta.grafica 'graficos18.fig'])% La guardo en .fig -> Formato figura Matlab.
```

```
1 % Comparador_graficas_tension. Estudio para varias simulaciones de diferente variable.
2 % Script que grafica:
3 % Agrupaciones de diferentes archivos .fig para graficas de caracter general.
4 clear
5 % Instrucciones:
6 % (1) Nombrar las graficas obtenidas en graficos17 correlativamente empezando desde 1.
7 % (2) Introducir el numero de graficas a procesar en numero_graficas.
8 % (3) Ejecutar el programa.
9
10 ruta.grafica='c:/PROYECTO/matlab/Graficas/';
11
12 % Introducir el numero de graficas a procesar:
13 numero_graficas = 2;
14 numero_elementos = 1;
15
16
17
18 % Bucle para capturar datos de un numero de graficas definido.
19 for n=1:numero_graficas
20
21 open([ruta.grafica int2str(n) '.fig']) % Abro grafica.
22 subplot(3,4,9:10) % Focalizo la subgrafica de la que quiero extraer resultados.
23
24 if n==1 % Para la primera repeticion.
25
26 % Extraigo datos.
27 cData = get(gca, 'Children');
28 a = get(cData, 'XData');
29 b = get(cData, 'YData');
30
31 % Los paso de cell a matriz para concatenarlos verticalmente y los almaceno.
32 eje_x_tiempo=a;
33 eje_y_tension=b;
34 datos_grafica = get(cData);
35 close
36
37 end
38
39 % Extraigo datos.
40 cData = get(gca, 'Children');
41 a = get(cData, 'XData');
42 b = get(cData, 'YData');
43
44 % Los paso de cell a matriz para concatenarlos verticalmente.
45 eje_x_tiempo1=a;
46 eje_y_tension1=b;
47 datos_grafica1 = get(cData);
48 close
49
50 % Concateno los resultados que voy acumulando.
51 eje_y_tension=[eje_y_tension;eje_y_tension1]; % No conozco a priori la cantidad de elementos a dimensionar.
52 eje_x_tiempo=[eje_x_tiempo;eje_x_tiempo1]; % Como se trata de un numero reducido no los dimensiono.
53 datos_grafica=[datos_grafica;datos_grafica1];
54
55 end
56 clear n a b eje_x_tiempo1 eje_y_tension1 datos_grafica1 cData numero_graficas
57
58 % Creo mapa de colores para el total de graficas:
59
60 resultados.grafica.colores=hsv(length(datos_grafica)/1); % Cada grafica tiene numero_elementos trazados -> Tension vacio, total y carga.
61
62 figure('Name','Graficos15. Estudio para varias simulaciones de diferente variable.','NumberTitle','off') % Nombre de la ventana.
63
64 % Construccion de la grafica:
65 for n=1:length(datos_grafica) % Para todos los trazados
```

```
66
67
68 hold on
69 plot(eje_x_tiempo(n,:), eje_y_tension(n,:), 'Marker', datos_grafica(n,1).Marker, ...
70      'color', resultados.grafica.colores(int16(floor((n-1)/numero_elementos))+1,:), ...
71      'LineWidth', datos_grafica(n,1).LineWidth, ...
72      'MarkerEdgeColor', 'k', ...
73      'MarkerFaceColor', resultados.grafica.colores(int16(floor((n-1)/numero_elementos))+1,:), ...
74      'MarkerSize', datos_grafica(n,1).MarkerSize);
75
76 end
77 clear n;
78 title('Tensiones simulacion');
79 xlabel('Tiempo [s]');
80 ylabel('Tensión [V]');
81 grid on;
82
83
84 legend(datos_grafica(:,1).DisplayName)
85
86 clear datos_grafica eje_x_tiempo eje_y_tension;
87 % Guardo Grafica:
88 saveas(gcf, [ruta.grafica 'graficos18.fig']) % La guardo en .fig -> Formato figura Matlab.
```

```
1 % Script saturacion_nucleo.
2 % Se utiliza para:
3 % Hallar el campo máximo en el núcleo.
4 % Hallar curvas B-H de diferentes materiales habiendo extraido su txt de Femm.
5
6 clear; % Limpio variables
7 clc; % Borro pantalla comandos
8 close all;
9
10 mkdir C:\PROYECTO
11 mkdir C:\PROYECTO\femm
12
13 addpath('c:/femm42/mfiles');% Para poder hacer llamadas a femm.
14 addpath(genpath('c:/PROYECTO')); % genpath --> Incluyo subcarpetas.
15 savepath;
16
17 % Añado rutas busqueda de Matlab:
18
19 addpath('c:/femm42/mfiles') ;
20 ruta.femm='c:/PROYECTO/femm/' ;
21
22 openfemm; % Abro Femm
23 main_maximize; % Maximizo ventana Femm
24
25 % Analisis archivo con maximo campo en el nucleo:
26 % Esta condicion se da cuando el iman esta totalmente encarado con la
27 % bobina cuando no hay mucha reaccion de inducido.
28
29 opendocument([ruta.femm '0_0225vacio.ans']) % Cargo archivo simulacion
30 % punto_barra es una funcion creada para cambiar el . por _
31 % en el nombre del archivo
32
33 % Grafica con los tres materiales del nucleo sobrepuestos:
34
35 figure;
36 hold on;
37 hierro=importdata([ruta.femm 'Pure iron.txt']);
38
39 plot(hierro.data(:,1),hierro.data(:,2),'-s','color',[0,0,1],...
40      'LineWidth',2,...
41      'MarkerEdgeColor','k',...
42      'MarkerFaceColor',[0,0,1],...
43      'MarkerSize',5)
44
45 steel=importdata([ruta.femm 'Steel.txt']);
46
47 plot(steel.data(:,1),steel.data(:,2),'-s','color',[1,0,0],...
48      'LineWidth',2,...
49      'MarkerEdgeColor','k',...
50      'MarkerFaceColor',[1,0,0],...
51      'MarkerSize',5)
52
53 M50=importdata([ruta.femm 'M50.txt']);
54
55 plot(M50.data(:,1),M50.data(:,2),'-s','color',[0,1,0],...
56      'LineWidth',2,...
57      'MarkerEdgeColor','k',...
58      'MarkerFaceColor',[0,1,0],...
59      'MarkerSize',5)
60 title('B en el núcleo');
61 xlabel('H [A/m]');
62 ylabel('B [T]');
63 grid on;
64
65 legend('hierro','steel','M50');
```

```
66
67 mo_seteditmode('contour');
68 mo_addcontour(-20,10.4);mo_addcontour(0,10.4);
69 mo_makeplot(1,1000,[ruta.femm 'saturacion_nucleo.txt'],0); % Extraigo a .txt B-l.
70 mo_makeplot(4,1000,[ruta.femm 'saturacion_nucleo_H.txt'],0); % Extraigo a .txt B-l.
71
72 % Integral de valores B
73
74 mo_seteditmode(3)
75 mo_selectblock(-10,10)
76 Bx_hierro = mo_blockintegral(8);
77 By_hierro = mo_blockintegral(9);
78 V = mo_blockintegral(10);
79
80 Bx_hierro = Bx_hierro/V;
81 By_hierro = By_hierro/V;
82
83 B_hierro = (Bx_hierro^2+By_hierro^2)^(1/2);
84
85 closefemm
86
87
88 openfemm; % Abro Femm
89 main_maximize; % Maximizo ventana Femm
90 opendocument([ruta.femm '0_0225vacio_steel.ans']) % Cargo archivo simulacion
91     % punto_barra es una funcion creada para cambiar el . por _
92     % en el nombre del archivo
93
94 mo_seteditmode('contour');
95 mo_addcontour(-20,10.4);mo_addcontour(0,10.4);
96 mo_makeplot(1,1000,[ruta.femm 'saturacion_nucleo_steel.txt'],0); % Extraigo a .txt B-l.
97 mo_makeplot(4,1000,[ruta.femm 'saturacion_nucleo_H_steel.txt'],0); % Extraigo a .txt B-l.
98
99 % Integral de valores B
100
101 mo_seteditmode(3)
102 mo_selectblock(-10,10)
103 Bx_steel = mo_blockintegral(8)
104 By_steel = mo_blockintegral(9)
105 V = mo_blockintegral(10)
106
107 Bx_steel = Bx_steel/V
108 By_steel = By_steel/V
109
110 B_steel = (Bx_steel^2+By_steel^2)^(1/2)
111
112 closefemm
113
114 openfemm; % Abro Femm
115 main_maximize; % Maximizo ventana Femm
116 opendocument([ruta.femm '0_0225vacio_M50.ans']) % Cargo archivo simulacion
117     % punto_barra es una funcion creada para cambiar el . por _
118     % en el nombre del archivo
119
120 mo_seteditmode('contour');
121 mo_addcontour(-20,10.4);mo_addcontour(0,10.4);
122 mo_makeplot(1,1000,[ruta.femm 'saturacion_nucleo_M50.txt'],0); % Extraigo a .txt B-l.
123 mo_makeplot(4,1000,[ruta.femm 'saturacion_nucleo_H_M50.txt'],0); % Extraigo a .txt B-l.
124
125 % Integral de valores B
126
127 mo_seteditmode(3)
128 mo_selectblock(-10,10)
129 Bx_M50 = mo_blockintegral(8)
130 By_M50 = mo_blockintegral(9)
```

```
131 V = mo_blockintegral(10)
132
133 Bx_M50 = Bx_M50/V
134 By_M50 = By_M50/V
135
136 B_M50 = (Bx_M50^2+By_M50^2)^(1/2)
137
138 closefemm
139
140
141
142 % Grafico resultados:
143
144 % Grafica B maximo en nucleo:
145
146 A=importdata([ruta.femm 'saturacion_nucleo.txt']); % Importo resultado Femm.
147 figure;
148
149 hold on;
150 plot(A.data(:,1),A.data(:,2),'color',[0,0,1],...
151      'LineWidth',2,...
152      'MarkerEdgeColor','k',...
153      'MarkerFaceColor',[0,0,1],...
154      'MarkerSize',5)
155
156 A=importdata([ruta.femm 'saturacion_nucleo_steel.txt']); % Importo resultado Femm.
157 plot(A.data(:,1),A.data(:,2),'color',[1,0,0],...
158      'LineWidth',2,...
159      'MarkerEdgeColor','k',...
160      'MarkerFaceColor',[1,0,0],...
161      'MarkerSize',5)
162
163 A=importdata([ruta.femm 'saturacion_nucleo_M50.txt']); % Importo resultado Femm.
164 plot(A.data(:,1),A.data(:,2),'color',[0,1,0],...
165      'LineWidth',2,...
166      'MarkerEdgeColor','k',...
167      'MarkerFaceColor',[0,1,0],...
168      'MarkerSize',5)
169
170 title('B en el núcleo');
171 xlabel('Longitud [mm]');
172 ylabel('B [T]');
173 grid on;
174
175 legend('hierro','steel','M50');
176
177
178 % Grafica H maximo en nucleo:
179
180 A=importdata([ruta.femm 'saturacion_nucleo_H.txt']); % Importo resultado Femm.
181 figure;
182 hold on;
183 plot(A.data(:,1),A.data(:,2),'color',[0,0,1],...
184      'LineWidth',2,...
185      'MarkerEdgeColor','k',...
186      'MarkerFaceColor',[0,0,1],...
187      'MarkerSize',5)
188
189 A=importdata([ruta.femm 'saturacion_nucleo_H_steel.txt']); % Importo resultado Femm.
190 plot(A.data(:,1),A.data(:,2),'color',[1,0,0],...
191      'LineWidth',2,...
192      'MarkerEdgeColor','k',...
193      'MarkerFaceColor',[1,0,0],...
194      'MarkerSize',5)
195
```



```
196 A=importdata([ruta.femm 'saturacion_nucleo_H_M50.txt']); % Importo resultado Femm.
197 plot(A.data(:,1),A.data(:,2),'color',[0,1,0],...
198       'LineWidth',2,...
199       'MarkerEdgeColor','k',...
200       'MarkerFaceColor',[0,1,0],...
201       'MarkerSize',5)
202
203 title('H en el núcleo');
204 xlabel('Longitud [mm]');
205 ylabel('H [A/m]');
206 grid on;
207
208 legend('hierro','steel','M50');
209
210
211
212
213
214
215
216
```