

# ÍNDICE DE PROGRAMAS DE ORDENADOR

## PRIMERA PARTE. DINÁMICA DEL TREN Y LA VÍA

Nº	Prog.		Pág.
1	1.1	Matlab. Dibujo de vibraciones amortiguadas. ....	38
2	1.2	Matlab. Fenómeno del beating para la frecuencia de excitación próxima a la frecuencia natural del sistema. ....	42
3	1.3	Matlab. Respuesta de un sistema a la función impulso. ....	45
4	1.4	Matlab. Lectura y dibujo del fichero del perfil longitudinal ejemplo ....	49
5	1.5	Visual C++. Movimiento de una masa sobre un perfil. Amortiguamiento nulo. ....	52
6	1.6	Matlab. Lectura y dibujo del movimiento de una masa sobre un perfil por diferencias finitas en Visual C++. ....	54
7	1.7	Matlab. Movimiento de una masa sobre un perfil por las ode45. Amortiguamiento nulo. ....	57
8	1.8	Simulink. Movimiento de una masa sobre un perfil. Amortiguamiento nulo. ....	60
9	1.9	Matlab. Lectura y dibujo de la salida de simulink. ....	61
10	1.10	Matlab. Respuesta de un sistema a las funciones impulso y salto. ....	64
11	1.11	Matlab. Movimiento de una masa sobre un perfil por la transformada de Laplace y el comando lsim de simulación de sistemas lineales. ....	66
12	1.12	Matlab. Movimiento de una masa sobre un perfil por la ecuación de Estado, directa con Matlab. ....	73
13	1.13	Matlab. Movimiento de una masa sobre un perfil por la ecuación de estado y el comando lsim de simulación de sistemas lineales. ....	76
14	1.14	Matlab. Esfuerzos sobre el carril, estáticos y dinámicos. Estas líneas se incluyen al final del programa 1.13. ....	80
15	1.15	Matlab. Ejemplo de diferenciación e integración con Matlab de un perfil sinusoidal .....	80
16	1.16	Matlab. Creación de un perfil exponencial para el ejemplo anterior. ....	82
17	1.17	Matlab. Movimiento de una masa con resorte y amortiguador sobre un perfil por las rutinas ode45 . ....	85
18	1.18	Simulink. Movimiento de una masa con resorte y amortiguador sobre un perfil con Simulink . ....	88
19	1.19	Matlab. Movimiento de una masa con resorte y amortiguador sobre un perfil con la transformada de Laplace y el comando lsim. ....	89
20	1.20	Matlab. Creación del input de Simulink para la función de transferencia. ....	90
21	1.21	Simulink. Integración de una masa con resorte y amortiguador sobre un perfil por la función de transferencia de Laplace. ....	91
22	1.22	Matlab. Lectura y dibujo de la salida de simulink. ....	91
23	1.23	Visual C++. Movimiento de una masa con resorte y amortiguador sobre un perfil por la ecuación de estado. ....	93
24	1.24	Matlab. Lectura y dibujo de los datos del programa anterior en Visual C++. ....	97
25	1.25	Matlab. Movimiento de una masa con amortiguamiento sobre un perfil por la ecuación de estado directa. ....	98

Nº	Prog.		Pág.
26	1.26	Matlab. Esfuerzos sobre el carril, estáticos y dinámicos. Estas líneas se incluyen al final del programa 1.19. ....	100
27	1.27	Matlab. Oscilaciones de la masa en función de su frecuencia propia y de la frecuencia de excitación. ....	103
28	2.1	Visual C++. Movimiento de dos masas con resortes y amortiguadores sobre un perfil por diferencias finitas. ....	114
29	2.2	Matlab. Lectura y dibujo de los resultados de Visual C++. ....	116
30	2.3	Matlab. Integración del movimiento de 2 masas por diferencias finitas, relación de recurrencia. ....	118
31	2.4	Visual C++. Movimiento de dos masas con resortes y amortiguadores sobre un perfil por la ecuación de estado. ....	122
32	2.5	Matlab. Dibujo del movimiento de dos masas con resortes y amortiguadores sobre un perfil por la ecuación de estado Visual C++. ....	124
33	2.6	Matlab. Dos masas con resortes y amortiguadores sobre un perfil por la ecuación de estado directa con Matlab. ....	126
34	2.7	Matlab. Obtención de la función de transferencia a partir de la ecuación de estado del sistema. ....	128
35	2.8	Matlab. Integración del sistema de dos masas por las rutinas ode45. ....	130
36	2.9	Matlab. Lectura del fichero de salida del modelo de simulink para dos masas. ....	132
37	2.10	Simulink. Movimiento de dos masas. ....	133
38	2.11	Matlab. Movimiento de dos masas por la ecuación de estado y el comando lsim. ....	135
39	2.12	Matlab. Movimiento de dos masas por la función de transferencia de Laplace y el comando lsim. ....	139
40	2.13	Matlab. Movimiento de dos masas por la función de transferencia en serie de Laplace y el comando lsim. ....	142
41	2.14	Matlab. Frecuencias propias aproximadas de un sistema de dos masas vibrando, sin amortiguamiento. ....	144
42	2.15	Matlab. Esfuerzos sobre el carril con el modelo de dos masas. ....	145
43	3.1	Matlab. Movimiento de tres masas vibrantes por la rutina ode45 de Matlab. ....	151
44	3.2	Matlab. Movimiento de tres masas por la ecuación de estado. Algoritmo directo en Matlab. ....	154
45	3.3	Simulink. Movimiento de tres masas vibrantes. ....	156
46	3.4	Matlab. Lectura y dibujo del fichero simout de Simulink para tres masas vibrantes. ....	156
47	3.5a	Simulink. Bloque de la masa vibrante inferior. ....	157
	3.5b	Simulink. Bloque de la masa vibrante intermedia. ....	158
	3.5c	Simulink. Bloque de la masa vibrante superior. ....	158
48	3.6	Simulink. Sistema completo de las tres masas por bloques. ....	159
49	3.7	Matlab. Movimiento de tres masas por la función de transferencia en serie de Laplace y el comando lsim. ....	163
50	3.8	Matlab. Aceleraciones de las 3 masas y esfuerzo dinámico y estático sobre el carril. ....	165
51	3.9	Matlab. Movimiento de cuatro masas por las rutinas ode45. ....	168
52	3.10	Matlab. Movimiento de cuatro masas por la función de transferencia de Laplace. ....	170
53	3.11	Matlab. Frecuencias propias aproximadas de un sistema vibrante de tres masas, sin amortiguamiento. ....	172
54	4.1	Visual C++. Movimiento del medio bogie por diferencias finitas, solución explícita iterativa. ....	184

Nº	Prog.		Pág.
55	4.2	Matlab. Lectura y dibujo del movimiento del medio bogie en Visual C++ por diferencias finitas, solución matricial explícita. ....	187
56	4.3	Matlab. Movimiento de medio bogie por diferencias finitas, solución matricial explícita. ....	188
57	4.4	Matlab. Movimiento de medio bogie por la ecuación de estado, solución directa. ....	192
58	4.5	Matlab. Movimiento de medio bogie por la ecuación de estado, solución con lsim y ss. ....	195
59	4.6	Matlab. Dibujo del balanceo. ....	197
60	4.7	Matlab. Dibujo de todos los grados de libertad. ....	197
61	4.8	Matlab. Dibujo de todas las variables del sistema directamente con el comando lsim. ....	198
62	4.9	Matlab. Obtención de las funciones de transferencia del sistema con el comando tf. ....	199
63	4.10	Visual C++. Modelo de medio bogie con eje rígido. Solución matricial por diferencias finitas. ....	205
64	4.11	Matlab. Modelo de medio bogie con eje rígido. Solución por la ecuación de estado con los comandos lsim y ss. ....	211
65	5.1	Matlab. Movimiento del bogie entero por diferencias finitas, solución explícita matricial. ....	226
66	5.2	Matlab. Movimiento del bogie entero por la ecuación de estado, solución directa. ....	233
67	5.3	Matlab. Movimiento del bogie entero por la ecuación de estado, solución con ss y lsim. ....	235
68	5.4	Matlab. Creación de los ficheros de perfiles para las ruedas delantera y trasera. ....	237
69	5.5	Matlab. Obtención de la variables de estado devueltas por el comando lsim. ....	238
70	6.1	Matlab. Movimiento del bogie entero con ejes rígidos por la ecuación de estado, solución con ss y lsim. ....	251
71	7.1	Matlab. Asientos de la vía bajo los dos ejes de un bogie. Método de Zimmermann-Timoshenko. ....	274
72	7.2	Matlab. Momentos flectores de la vía bajo los dos ejes de un bogie. Método de Zimmermann-Timoshenko. ....	275
73	7.3	Matlab. Asientos de la vía bajo los tres ejes de un bogie. Método de Zimmermann-Timoshenko. ....	277
74	8.1	Matlab. Cargas sobre traviesas y asientos bajo una carga situada sobre una traviesa. Método de Lorente-Unold. ....	302
75	8.2	Matlab. Asientos bajo una carga de 12.63 t situada sobre una traviesa. Métodos de Lorente y de Zimmermann. ....	304
76	9.1	Matlab. Calculo de la rigidez global de la vía conocido el descenso de una traviesa al pasar el eje. Cálculo del salto de la masa no suspendida al pasar de traviesaa traviesa. ....	310
77	9.2	Matlab. Esfuerzos dinámicos debidos a la flexión del carril. ....	312
78	9.3	Matlab. Frecuencias propias de las masas no suspendida y suspendida. Adaptación del programa 2.14. ....	314
79	9.4	Matlab. Calculo de las aceleraciones verticales de la masa no suspendida en función de la rigidez vertical de la vía. ....	320
80	9.5	Matlab. Calculo del salto en las aceleraciones verticales de la masa no suspendida por una variación súbita de la rigidez vertical de la vía. ....	324
81	9.6	Matlab. Calculo de la longitud de transición necesaria para evitar el salto en las aceleraciones verticales de la masa no suspendida por una variación súbita de la rigidez vertical de la vía. ....	327

Nº	Prog.		Pág.
82	9.7	Matlab. Modelo de 3 masas a 350 km/h. ....	330
83	9.8	Matlab. Calculo de la energía disipada en la vía por vibración de la masa no suspendida. ....	337
84	9.9	Matlab. Perfil para simulación de un plano de rueda. ....	340
85	9.10	Matlab. Simulación de un plano de rueda. Aceleraciones del eje. ....	341
86	10.1	Matlab. Calculo de la rigidez de los apoyos del tramo de prueba de Benicassim por en método de Unold-Lorente. ....	382
87	13.1	Matlab. Obtención y dibujo de la función de transferencia del modelo de cuarto de coche del IRI. ....	440
88	13.2	Matlab. Cálculo de los esfuerzos dinámicos de la masa no suspendida sobre el carril para distintas longitudes de onda de un defecto vertical de 1 mm. ....	442
89	13.3	Matlab. División en tramos con el comando reshape. ....	445
90	13.4	Matlab. Cálculo del índice de calidad vertical de la vía. ....	446
91	13.5	Matlab. Función de transferencia de un posible modelo dinámico de dos masas. ....	448

## SEGUNDA PARTE. SEÑALES DIGITALES

101	2.1	Matlab. Ajuste de una función rectangular por una serie de senos. ....	556
102	2.2	Matlab. Comprobación del Fenomeno de Gibbs. ....	558
103	2.3	Visual C++. Rutina de cálculo de la TDF. ....	565
104	2.4	Matlab. Creación de un perfil longitudinal formado por 4 senos. ....	567
105	2.5	Matlab. Dibujo del perfil longitudinal formado por 4 senos. ....	567
106	2.6	Matlab. Rutina de cálculo de la TDF del perfil. ....	568
107	2.7	Matlab. Dibujo del periodograma. ....	568
108	2.8	Matlab. Comprobación de la suma y la media de las cotas del perfil. ....	569
109	2.9	Matlab. Comprobación de la suma y la media anternadas de las cotas del perfil. ....	570
110	2.10	Rutina de la TDF en Visual Basic para Excel. ....	570
111	2.11	Matlab. Comprobación del Teorema de Parseval, varianza de las cotas del perfil. ....	573
112	2.12	Matlab. Pendiente longitudinal en el perfil ejemplo. ....	579
113	3.1	Rutina de la TDF en Visual C++ del Prof. Puy. ....	586
114	3.2	Rutina de la FFT en Visual C++ del Prof. Puy. ....	592
115	3.3	Matlab. Calculo del periodograma con la función fft de Matlab. ....	594
116	3.4	Matlab. Suma y varianza de las cotas del perfil. Teorema de Parseval con la FFT. ....	594
117	3.5	Matlab. FFT. Dibujo del periodograma. ....	595
118	4.1	Matlab. Lectura del perfil, cálculo y dibujo de su periodograma. ....	608
119	4.2	Matlab. Análisis de parte de un fichero. ....	612
120	5.1	Matlab. Solución de una ecuación de respuesta en frecuencias. ....	632
121	5.2	Matlab. Solución de la respuesta en frecuencias de la media móvil de 2 puntos. ....	633
122	5.3	Matlab. Dibujo de la respuesta en frecuencias de medias móviles. ....	634
123	5.4	Matlab. Ceros de la respuesta en frecuencias de la regla de 3 m. ....	636
124	5.5	Matlab. Función de transferencia de la regla de 3 metros. ....	636
125	5.6	Matlab. Ceros de la respuesta en frecuencias del viógrafo. ....	639
126	5.7	Matlab. Función de transferencia del viógrafo. ....	639

Nº	Prog.		Pág.
127	5.8	Matlab. Función de transferencia estimada para una bateadora. $\Delta x = 3.31$ m.	642
128	5.9	Matlab. Función de transferencia estimada para una bateadora. $\Delta x = 1.0$ m. ....	644
129	5.10	Matlab. Función de transferencia de la primera diferencia de una serie. ....	645
130	5.11	Matlab. Función de transferencia de la segunda diferencia de una serie. ....	646
131	5.12	Matlab. Funciones de transferencia de distintos filtros paso bajo. ....	653
132	5.13	Matlab. funciones de transferencia de filtros paso alto. ....	654
133	5.14	Matlab. dibujo de las curvas del filtro seno de Butterworth. ....	657
134	6.1	Matlab. Densidad espectral. ....	676
135	7.1	Matlab. Creación de un perfil sintético y filtrado por Butterworth. ....	684
136	7.2	Matlab. Dibujo de los periodogramas original y filtrado. ....	685
137	7.3	Matlab. Filtro de Chebyshev. ....	687
138	7.4	Matlab. Filtro Elíptico. ....	687
139	7.5	Matlab. Filtros paso alto. ....	688
140	7.6	Matlab. Filtros pasabanda. ....	688
141	7.7	Matlab. Filtrado en frecuencias, Butterworth. ....	690
142	7.8	Matlab. Ejemplo de filtrado por convolución en frecuencias. ....	695
143	7.9	Matlab. Comparación de filtrado por convolución y con un filtro de Butterworth. ....	696
144	7.10	Matlab. Filtrado por borrado del periodograma. ....	699
145	7.11	Matlab. Filtrado de aceleraciones del AVE de Barcelona. ....	703
146	8.1	Matlab. Movimiento del eje montado. Modelo de una masa. ....	710
147	8.2	Matlab. Movimiento del eje montado. Frecuencias propias del eje montado a su paso por las traviesas. ....	711
148	8.3	Matlab. Movimiento del eje montado y el bogie. Frecuencias propias del eje montado y del bogie a su paso por las traviesas. ....	713
149	8.4	Matlab. Calculo aproximado de las frecuencias propias del sistema de dos masas. Ver capítulo 2.13. ....	715
150	8.5	Matlab. Movimiento del eje montado y el bogie. Frecuencias propias del eje montado, del bogie y de la caja su paso por las traviesas. ....	716
151	8.6	Matlab. Calculo aproximado de las frecuencias propias del sistema de tres masas. Ver capítulo 3.6. ....	718
152	9.1	Matlab. Waterfall de los periodogramas de aceleraciones laterales de los 500 km del AVE de Madrid a Tarragona, por tramos de 5 km. ....	723
153	9.2	Matlab. Waterfall de los periodogramas de aceleraciones laterales de los 100 km del AVE de la zona de terraplenes de Guadalajara a Calatayud, por tramos de 1 km. ....	725
154	9.3	Matlab. Dibujo de los periodogramas de aceleraciones laterales del AVE de la zona de terraplenes, pk 101 y 179 comparados. ....	727
155	10.1	Matlab. Obtención del plano inercial. Integración de las aceleraciones verticales de la lámpara láser. ....	738
156	11.1	Creación de las funciones de transferencia de la norma UNE-ENV 12299. ....	752
157	11.2	Ponderación de las aceleraciones medidas, según la norma UNE-ENV 12299. ....	753
158	11.3	Obtención del índice de confort según la norma UNE-ENV 12299. ....	753
159	11.4	Dominio del tiempo. Obtención del índice de confort según la norma UNE-ENV 12299. ....	756
160	12.1	Modelo de 2 masas para manta elástica bajo el balasto. ....	768