

TABLAS DE FUNCIONES DE BESSEL MODIFICADAS DE PRIMERA ESPECIE

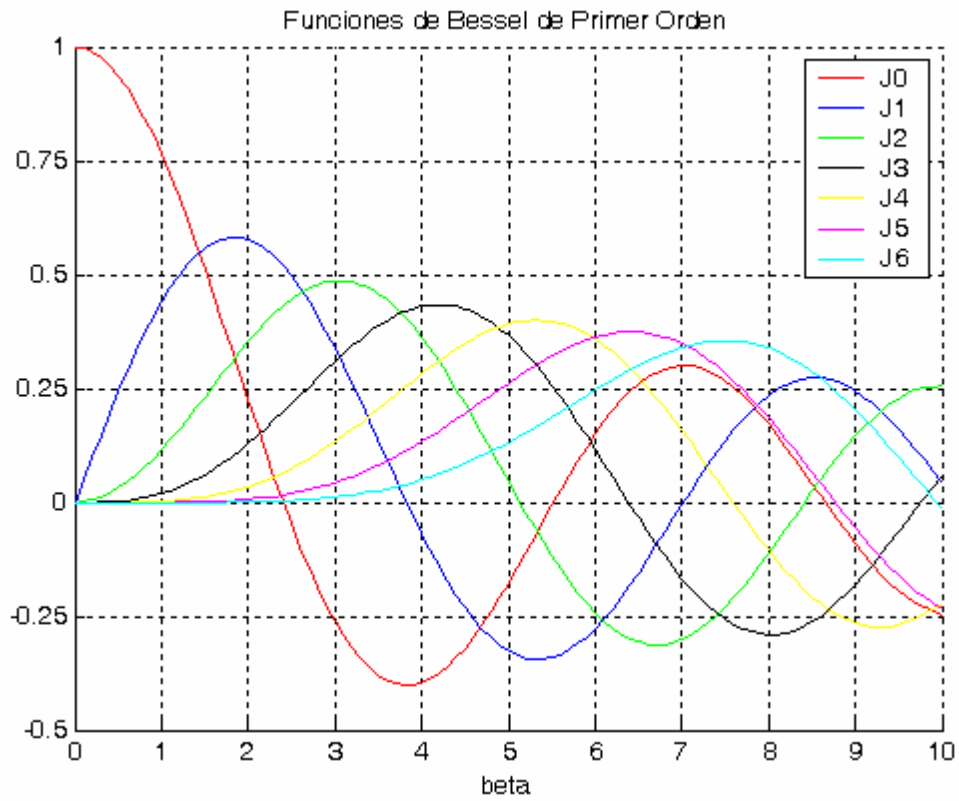


Tabla C.1:

Funciones de Bessel de primer tipo												
beta	J0	J1	J2	J3	J4	J5	J6	J7	J8	J9	J10	J0/J1
0.0	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	Inf
0.1	0.998	0.050	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	#####
0.2	0.990	0.100	0.005	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	9.950
0.3	0.978	0.148	0.011	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	6.591
0.4	0.960	0.196	0.020	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	4.899
0.5	0.938	0.242	0.031	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	3.874
0.6	0.912	0.287	0.044	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	3.181
0.7	0.881	0.329	0.059	0.007	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	2.678
0.8	0.846	0.369	0.076	0.010	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	2.294
0.9	0.808	0.406	0.095	0.014	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.989
1.0	0.765	0.440	0.115	0.020	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.739
1.1	0.720	0.471	0.137	0.026	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.528
1.2	0.671	0.498	0.159	0.033	0.005	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.347
1.3	0.620	0.522	0.183	0.041	0.007	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.188
1.4	0.567	0.542	0.207	0.050	0.009	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.046
1.5	0.512	0.558	0.232	0.061	0.012	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.917
1.6	0.455	0.570	0.257	0.073	0.015	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.799
1.7	0.398	0.578	0.282	0.085	0.019	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.689
1.8	0.340	0.582	0.306	0.099	0.023	0.004	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.585
1.9	0.282	0.581	0.330	0.113	0.028	0.006	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.485
2.0	0.224	0.577	0.353	0.129	0.034	0.007	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.388
2.1	0.167	0.568	0.375	0.145	0.040	0.009	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.293
2.2	0.110	0.556	0.395	0.162	0.048	0.011	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.199
2.3	0.056	0.540	0.414	0.180	0.056	0.013	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.103
2.4	0.003	0.520	0.431	0.198	0.064	0.016	0.003	0.001	0.000	0.000	0.000	0.005
2.5	-0.048	0.497	0.446	0.217	0.074	0.020	0.004	0.001	0.000	0.000	0.000	-0.097
2.6	-0.097	0.471	0.459	0.235	0.084	0.023	0.005	0.001	0.000	0.000	0.000	-0.206
2.7	-0.142	0.442	0.470	0.254	0.095	0.027	0.006	0.001	0.000	0.000	0.000	-0.323
2.8	-0.185	0.410	0.478	0.273	0.107	0.032	0.008	0.002	0.000	0.000	0.000	-0.452
2.9	-0.224	0.375	0.483	0.291	0.119	0.037	0.010	0.002	0.000	0.000	0.000	-0.597
3.0	-0.260	0.339	0.486	0.309	0.132	0.043	0.011	0.003	0.000	0.000	0.000	-0.767
3.1	-0.292	0.301	0.486	0.326	0.146	0.049	0.014	0.003	0.001	0.000	0.000	-0.971
3.2	-0.320	0.261	0.484	0.343	0.160	0.056	0.016	0.004	0.001	0.000	0.000	-1.223
3.3	-0.344	0.221	0.478	0.359	0.174	0.064	0.019	0.005	0.001	0.000	0.000	-1.560
3.4	-0.364	0.179	0.470	0.373	0.189	0.072	0.022	0.006	0.001	0.000	0.000	-2.033
3.5	-0.380	0.137	0.459	0.387	0.204	0.080	0.025	0.007	0.002	0.000	0.000	-2.767
3.6	-0.392	0.095	0.445	0.399	0.220	0.090	0.029	0.008	0.002	0.000	0.000	-4.104
3.7	-0.399	0.054	0.428	0.409	0.235	0.099	0.034	0.009	0.002	0.000	0.000	-7.416
3.8	-0.403	0.013	0.409	0.418	0.251	0.110	0.038	0.011	0.003	0.001	0.000	-31.40
3.9	-0.402	-0.027	0.388	0.425	0.266	0.121	0.043	0.013	0.003	0.001	0.000	14.75
4.0	-0.397	-0.066	0.364	0.430	0.281	0.132	0.049	0.015	0.004	0.001	0.000	6.013
4.1	-0.389	-0.103	0.338	0.433	0.296	0.144	0.055	0.018	0.005	0.001	0.000	3.764
4.2	-0.377	-0.139	0.311	0.434	0.310	0.156	0.062	0.020	0.006	0.001	0.000	2.716
4.3	-0.361	-0.172	0.281	0.433	0.324	0.169	0.069	0.023	0.007	0.002	0.000	2.100
4.4	-0.342	-0.203	0.250	0.430	0.336	0.182	0.076	0.026	0.008	0.002	0.000	1.688
4.5	-0.321	-0.231	0.218	0.425	0.348	0.195	0.084	0.030	0.009	0.002	0.001	1.387
4.6	-0.296	-0.257	0.185	0.417	0.359	0.208	0.093	0.034	0.011	0.003	0.001	1.154
4.7	-0.269	-0.279	0.151	0.407	0.369	0.221	0.102	0.038	0.012	0.003	0.001	0.963
4.8	-0.240	-0.298	0.116	0.395	0.378	0.235	0.111	0.043	0.014	0.004	0.001	0.805
4.9	-0.210	-0.315	0.081	0.381	0.385	0.248	0.121	0.048	0.016	0.005	0.001	0.666

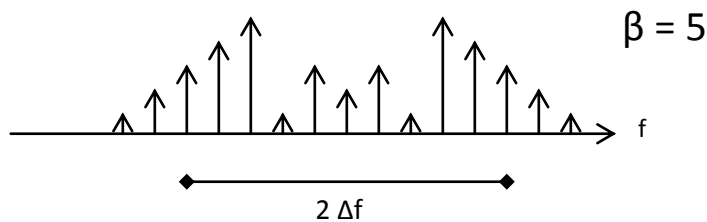
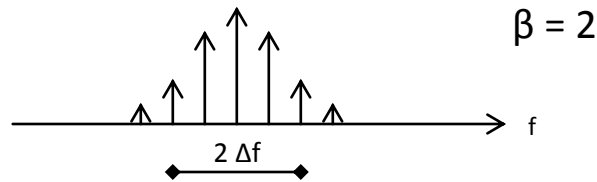
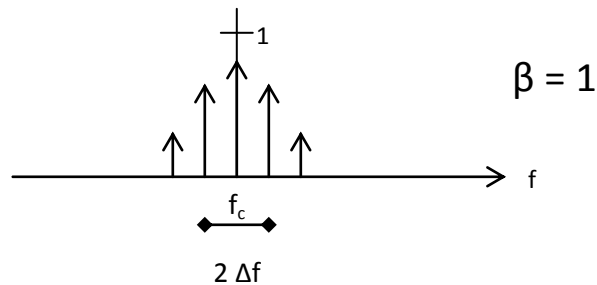
Funciones de Bessel de primer tipo

beta	J0	J1	J2	J3	J4	J5	J6	J7	J8	J9	J10	J0/J1
5.0	-0.178	-0.328	0.047	0.365	0.391	0.261	0.131	0.053	0.018	0.006	0.001	0.542
5.1	-0.144	-0.337	0.012	0.347	0.396	0.274	0.142	0.059	0.021	0.006	0.002	0.428
5.2	-0.110	-0.343	-0.022	0.327	0.398	0.287	0.153	0.065	0.024	0.007	0.002	0.321
5.3	-0.076	-0.346	-0.055	0.305	0.400	0.299	0.164	0.072	0.027	0.009	0.002	0.219
5.4	-0.041	-0.345	-0.087	0.281	0.399	0.310	0.175	0.079	0.030	0.010	0.003	0.119
5.5	-0.007	-0.341	-0.117	0.256	0.397	0.321	0.187	0.087	0.034	0.011	0.003	0.020
5.6	0.027	-0.334	-0.146	0.230	0.393	0.331	0.199	0.094	0.038	0.013	0.004	-0.081
5.7	0.060	-0.324	-0.174	0.202	0.387	0.340	0.210	0.103	0.042	0.015	0.005	-0.185
5.8	0.092	-0.311	-0.199	0.174	0.379	0.349	0.222	0.111	0.046	0.017	0.005	-0.295
5.9	0.122	-0.295	-0.222	0.145	0.369	0.356	0.234	0.120	0.051	0.019	0.006	-0.413
6.0	0.151	-0.277	-0.243	0.115	0.358	0.362	0.246	0.130	0.057	0.021	0.007	-0.544
6.1	0.177	-0.256	-0.261	0.085	0.344	0.367	0.257	0.139	0.062	0.024	0.008	-0.693
6.2	0.202	-0.233	-0.277	0.054	0.329	0.371	0.269	0.149	0.068	0.027	0.009	-0.866
6.3	0.224	-0.208	-0.290	0.024	0.313	0.373	0.279	0.159	0.074	0.030	0.010	-1.076
6.4	0.243	-0.182	-0.300	-0.006	0.295	0.374	0.290	0.170	0.081	0.033	0.012	-1.340
6.5	0.260	-0.154	-0.307	-0.035	0.275	0.374	0.300	0.180	0.088	0.037	0.013	-1.691
6.6	0.274	-0.125	-0.312	-0.064	0.254	0.372	0.309	0.191	0.095	0.040	0.015	-2.193
6.7	0.285	-0.095	-0.314	-0.092	0.231	0.368	0.318	0.201	0.103	0.045	0.017	-2.990
6.8	0.293	-0.065	-0.312	-0.118	0.208	0.363	0.326	0.212	0.111	0.049	0.019	-4.494
6.9	0.298	-0.035	-0.308	-0.144	0.183	0.356	0.333	0.223	0.119	0.054	0.021	-8.541
7.0	0.300	-0.005	-0.301	-0.168	0.158	0.348	0.339	0.234	0.128	0.059	0.024	-64.08
7.1	0.299	0.025	-0.292	-0.190	0.132	0.338	0.344	0.244	0.137	0.064	0.026	#####
7.2	0.295	0.054	-0.280	-0.210	0.105	0.327	0.349	0.254	0.146	0.070	0.029	5.431
7.3	0.288	0.083	-0.266	-0.228	0.078	0.314	0.352	0.264	0.155	0.076	0.032	3.491
7.4	0.279	0.110	-0.249	-0.244	0.051	0.299	0.353	0.274	0.165	0.082	0.035	2.541
7.5	0.266	0.135	-0.230	-0.258	0.024	0.283	0.354	0.283	0.174	0.089	0.039	1.969
7.6	0.252	0.159	-0.210	-0.270	-0.003	0.266	0.354	0.292	0.184	0.096	0.043	1.580
7.7	0.235	0.181	-0.187	-0.279	-0.030	0.248	0.352	0.300	0.194	0.103	0.047	1.294
7.8	0.215	0.201	-0.164	-0.285	-0.056	0.228	0.348	0.308	0.204	0.111	0.051	1.070
7.9	0.194	0.219	-0.139	-0.289	-0.081	0.207	0.344	0.314	0.214	0.118	0.056	0.887
8.0	0.172	0.235	-0.113	-0.291	-0.105	0.186	0.338	0.321	0.223	0.126	0.061	0.732
8.1	0.148	0.248	-0.086	-0.290	-0.129	0.163	0.330	0.326	0.233	0.135	0.066	0.596
8.2	0.122	0.258	-0.059	-0.287	-0.151	0.140	0.321	0.330	0.243	0.143	0.071	0.474
8.3	0.096	0.266	-0.032	-0.281	-0.171	0.116	0.311	0.334	0.252	0.152	0.077	0.361
8.4	0.069	0.271	-0.005	-0.273	-0.190	0.092	0.300	0.336	0.261	0.160	0.083	0.255
8.5	0.042	0.273	0.022	-0.263	-0.208	0.067	0.287	0.338	0.269	0.169	0.089	0.154
8.6	0.015	0.273	0.049	-0.250	-0.223	0.042	0.273	0.338	0.278	0.178	0.096	0.054
8.7	-0.013	0.270	0.075	-0.235	-0.237	0.018	0.257	0.337	0.285	0.188	0.103	-0.046
8.8	-0.039	0.264	0.099	-0.219	-0.249	-0.007	0.241	0.335	0.292	0.197	0.110	-0.149
8.9	-0.065	0.256	0.123	-0.201	-0.258	-0.031	0.223	0.332	0.299	0.206	0.117	-0.255
9.0	-0.090	0.245	0.145	-0.181	-0.265	-0.055	0.204	0.327	0.305	0.215	0.125	-0.368
9.1	-0.114	0.232	0.165	-0.160	-0.271	-0.078	0.185	0.322	0.310	0.224	0.132	-0.491
9.2	-0.137	0.217	0.184	-0.137	-0.274	-0.101	0.164	0.315	0.315	0.233	0.140	-0.629
9.3	-0.158	0.200	0.201	-0.114	-0.274	-0.122	0.143	0.307	0.319	0.241	0.148	-0.787
9.4	-0.177	0.182	0.215	-0.090	-0.273	-0.142	0.122	0.297	0.321	0.250	0.157	-0.973
9.5	-0.194	0.161	0.228	-0.065	-0.269	-0.161	0.099	0.287	0.323	0.258	0.165	-1.203
9.6	-0.209	0.140	0.238	-0.040	-0.263	-0.179	0.077	0.275	0.324	0.265	0.173	-1.498
9.7	-0.222	0.117	0.246	-0.015	-0.255	-0.195	0.054	0.262	0.324	0.273	0.182	-1.902
9.8	-0.232	0.093	0.251	0.010	-0.245	-0.210	0.031	0.248	0.323	0.280	0.190	-2.502
9.9	-0.240	0.068	0.254	0.034	-0.233	-0.223	0.008	0.233	0.321	0.286	0.199	-3.515
10.0	-0.246	0.043	0.255	0.058	-0.220	-0.234	-0.014	0.217	0.318	0.292	0.207	-5.657

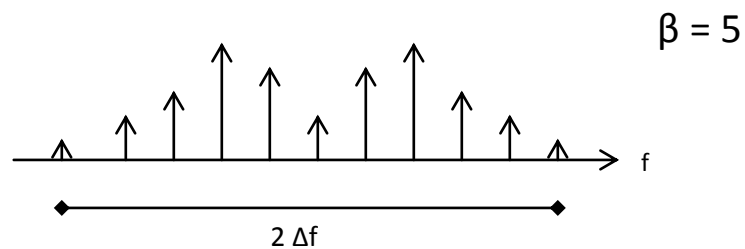
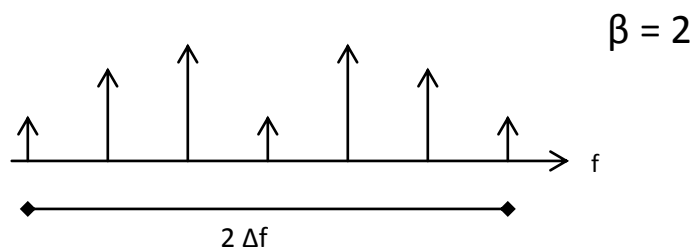
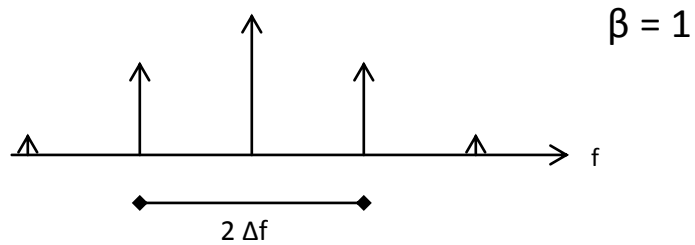
Tabla C.2: Ceros de las funciones de Bessel: valores de β cuando $J_n(\beta)=0$

	Orden de la función de Bessel, n						
	0	1	2	3	4	5	6
β para el primer cero	2.40	3.83	5.14	6.38	7.59	8.77	9.93
β para el segundo cero	5.52	7.02	8.42	9.76	11.06	12.34	13.59
β para el tercer cero	8.65	10.17	11.62	13.02	14.37	15.70	17.00
β para el cuarto cero	11.79	13.32	14.80	16.22	17.62	18.98	20.32
β para el quinto cero	14.93	16.47	17.96	19.41	20.83	22.21	23.59
β para el sexto cero	18.07	19.61	21.12	22.58	24.02	25.43	26.82
β para el séptimo cero	21.21	22.76	24.27	25.75	27.20	28.63	30.03
β para el octavo cero	24.35	25.90	27.42	28.91	30.37	31.81	33.23

1. Si la frecuencia f_m es fija y variamos la amplitud de $vm(t) = V_m \cos w_m t$, (recordando que $\beta = \frac{\Delta f_{max}}{f_m} = \frac{Kf \cdot V_m}{f_m}$)



2. Supongamos ahora V_m fijo y que variamos f_m



Estimación del ancho de banda

En teoría, una señal de *FM* contiene un número infinito de frecuencias laterales, por lo tanto, su ancho de banda de transmisión resultaría infinito. En la práctica, sin embargo se encuentra que la señal de *FM* está limitada a un número finito de frecuencias laterales significativas, compatible con una cantidad especificada de distorsión.

Se define una relación conocida como **regla de Carson**, que permite una estimación aproximada del ancho de banda de transmisión.

$$Bw = 2(\Delta f + fm) = 2\Delta f\left(1 + \frac{1}{\beta}\right)$$

$$Bw = 2fm(\beta + 1)$$

Para una valoración más exacta del Bw puede emplearse un criterio basado en la retención del máximo número de frecuencias laterales significativas, cuyas amplitudes sean todas mayores que un valor especificado. Una elección conveniente es tomar un valor del 1% de la amplitud de la portadora no modulada.

Por lo tanto, $Bw = 2n \cdot \max. fm$ (para tono único) donde $n \cdot \max$ es el valor máximo del entero n que satisface:

$$|J_n(\beta)| > 0,01$$

El valor de $n \cdot \max$ se determina rápidamente con los valores tabulados de la función de Bessel $J_n(\beta)$

Si la señal modulada es una señal cualquiera $m(t)$ con un ancho de banda w , el ancho de banda se estima por un análisis de peor caso, esto es para $m(t)_{\max}$ y $fm = w$.

Se define la relación de desviación D como $D = \Delta f / w$ (para $m(t)_{\max}$), y luego se sustituye $\beta = D$ y $fm = w$ y se calcula Bw como si fuera modulación por tono único.