



**MATERIA PRIMA**  
Acero

**ESPEORES (mm)**  
0.75 hasta 1.2

**ACABADO**  
Galvanizado

**ANCHO ÚTIL:** 820 mm

	ESPESOR (mm)			
	0.75	0.80	1.00	1.20
P (kg/M2)	8,97	9,57	11,97	14,36
I (cm4/m)	58,75	60,38	75,47	90,56
W(cm3/m) - fibra superior	17,79	18,56	23,14	27,68
Ap (mm2/m)	1.043,00	1.081,85	1.352,15	1.622,45

P=peso perfil por metro cuadrado I=Inercia perfil por metro lineal W=módulo resistente perfil por metro lineal  
Ap=sección útil de acero por lineal



## DESCRIPCION Y APLICACIÓN

El forjado colaborante representa la solución constructiva más idónea para todas aquellas obras donde se requieran tanto las máximas prestaciones técnicas y mecánicas, como rapidez de ejecución y garantías. Gracias a sus características superiores, se adapta a cualquier tipología edificatoria (industrial, comercial, deportiva, residencial). Presenta notables beneficios económicos, sobre todo si se tiene en cuenta al inicio del proyecto: comporta una disminución del canto medio del forjado, y por tanto una reducción de peso que se traduce en una reducción de la sección resistente de la estructura (pilares, vigas, cimentaciones).

El fundamento de los forjados compuestos radica en la tecnología usada para potenciar la adherencia entre la chapa de acero conformada y el hormigón. Esta tecnología se denomina también forjado colaborante por la colaboración entre los dos materiales que componen el forjado, para hacer frente a las tensiones generadas por las cargas. La adhesión mecánica de los dos componentes se realiza a través de las indentaciones en los flancos inclinados del perfil de acero galvanizado. La adhesión química de por sí sola, no sería suficiente para garantizar una unión eficiente que haga realmente trabajar el forjado compuesto como estructura mixta.

Las características del MT-60 han sido desarrolladas en colaboración con el Grupo de Estructuras del Departamento de Medios Continuos de la Escuela de Ingenieros Superiores de Sevilla, dentro de un marco de cooperación con AICIA - Asociación de Investigación y Cooperación Industrial de Andalucía.

Los ensayos experimentales llevados a cabo se ajustan a las prescripciones de las Normativas Eurocódigo 4 y Eurocódigo 3, únicas normativas de referencia y obligado cumplimiento a nivel europeo.

Los valores publicados en las tablas se refieren a la sobrecarga estática admisible y la sección de armadura al momento flector negativo en caso de apoyos intermedios. Los ensayos a rotura de losas de diferente tipología han facilitado los parámetros característicos "m" y "k" que definen la recta de referencia del forjado MT-60. Esta recta proporciona el dato de sobrecarga admisible en función del espesor de la chapa y del canto del forjado.

Tras obtener estos valores, siguiendo las modalidades de ensayo descritas en el EC4, se han comprobado por medio de los obligados ensayos de comprobación.

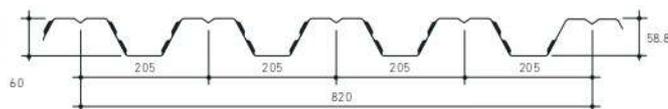
## CARACTERÍSTICAS DEL PERFIL

## NORMATIVA EMPLEADA

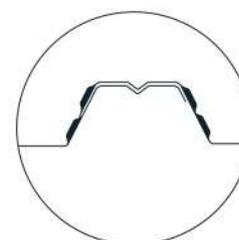
Características Geométricas			
Característica	Valor	Unidades	Tolerancia / Norma
Canto de perfil (h)	58.8	mm	±1,5 EN 1090
Paso de onda	205	mm	+4/-1 EN 1090
Ancho de la cresta y valle	84/58	mm	+4/-1 EN 1090
Ancho útil (w)	820	mm	(±0,1 · h) y ≤15 EN 1090
Profundidad relieve alma	3.5	mm	-0.5/+1 EN 1090
Longitud (l)	1.600 a 14.000	mm	+20/-5 EN 1090
Clase de ejecución	EXC2		EN 1090

Ref. Norma	Descripción
EN 508-1	Productos para cubiertas y revestimientos de chapa metálica: Especificación para los productos autoportantes de chapa de acero. Parte 1: acero.
EN 10143	Chapas y bandas de acero con revestimiento metálico en continuo por inmersión en caliente. Tolerancias dimensionales y de forma.
EN 10346	Productos planos de acero recubiertos en continuo por inmersión en caliente. Condiciones técnicas de suministro.
EN 1090-2	Ejecución de estructuras de acero y aluminio. Parte 2: Requisitos técnicos para las estructuras de acero.
EN 1090-4	Ejecución de estructuras de acero y aluminio. Parte 4: Requisitos técnicos para elementos estructurales y estructuras de acero conformados en frío para aplicaciones de cubierta, techo, forjado y muro.

Prestaciones del Perfil			
Característica	Valor	Unidades	Tolerancia / Norma
Desviación de la rectitud	≤ a la toleran.	mm	±2/ml (max.10) EN 1090
Desviación de la cuadratura	≤ a la toleran.	mm	≤ 0,005*w EN 1090
Desviación del solape lateral	≤ a la toleran.	mm	±2 s/500 mm EN 1090
Espesor chapa	0,75 a 1,2	mm	EN 10143
Tipo de acero	S220GD a S350GD		EN 10346
Emisión cadmio y compuestos	CUMPLE - Sin emisiones		EN 1090
Emisión radioactividad	CUMPLE - Sin emisiones		EN 1090
Comportamiento al fuego	Broof (t1)		RD 110/2008
Durabilidad	Galvanizado en caliente		EN 10346
Reacción al fuego	Clase A1		EN 13501-1
Capacidad portante	Ver tablas de carga		EN 1993 - EC3 y EC4



SECCIÓN PERFIL



DETALLE SOLAPE

		H (cm)															
		10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Luz [m]	2,00	774	889	1005	1120	1236	1351	1467	1582	1698	1468	1562	1656	1750	1844	1938	2032
	2,20	650	747	844	941	1038	877	952	1028	1103	1179	1254	1330	1405	1480	1556	1631
	2,40	555	638	527	589	650	711	773	834	895	956	1018	1079	1140	1201	1263	1324
	2,60	330	381	431	481	531	581	631	681	732	782	832	882	932	982	1032	1082
	2,80	271	312	354	394	436	477	518	559	601	642	683	724	766	807	848	889
	3,00	222	256	290	324	358	392	426	460	494	528	562	596	630	664	698	732
	3,20	182	210	238	266	294	322	350	378	406	434	462	490	518	546	574	602
	3,40	149	172	195	218	241	264	287	310	333	356	379	402	425	448	471	494
	3,60	120	139	158	177	195	214	233	252	271	289	308	327	346	364	383	402
	3,80	96	111	126	142	157	172	187	202	217	233	248	263	278	293	309	324
	4,00	75	87	99	111	124	136	148	160	172	184	196	208	220	232	244	256
	4,20	57	67	76	85	95	104	113	123	132	142	151	160	170	179	188	198
	4,40	41	48	55	62	70	77	84	91	98	105	112	119	126	133	140	147
	4,60	28	33	37	42	47	52	57	62	67	72	77	82	87	92	97	102
	4,80	15	18	22	25	28	31	34	37	40	43	46	50	53	56	59	62
5,00	4	6	7	9	10	12	13	15	16	18	19	21	22	24	25	27	

		H (cm)															
		10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Luz [m]	2,00	1032	1186	1296	1399	1501	1600	1698	1794	1888	1981	2072	2160	2247	2333	2416	2498
	2,20	867	996	1126	1252	1343	1431	1518	1604	1687	1769	1850	1929	2006	2081	2155	2228
	2,40	740	851	961	1072	1182	1290	1368	1445	1520	1593	1665	1736	1805	1745	1834	1923
	2,60	641	737	832	928	1024	1119	1215	1311	1378	1157	1231	1305	1379	1453	1527	1601
	2,80	562	645	729	813	897	980	784	846	909	971	1033	1095	1157	1219	1282	1344
	3,00	497	399	451	504	564	609	662	714	767	819	872	924	977	1029	1082	1134
	3,20	293	337	382	427	471	516	560	605	649	694	738	783	827	872	917	961
	3,40	248	286	324	362	400	438	476	513	551	589	627	665	703	741	779	816
	3,60	210	243	275	307	339	372	404	436	468	501	533	565	597	630	662	694
	3,80	178	206	233	261	288	315	343	370	398	425	453	480	507	535	562	590
	4,00	151	174	197	221	244	267	290	314	337	360	383	407	430	453	477	500
	4,20	126	146	166	186	205	225	245	264	284	304	323	343	363	383	402	422
	4,40	105	122	138	155	172	188	205	221	238	254	271	288	304	321	337	354
	4,60	87	101	114	128	142	156	170	183	197	211	225	239	252	266	280	294
	4,80	70	82	93	105	116	127	139	150	161	173	184	195	207	218	229	241
5,00	56	65	74	83	93	102	111	120	129	139	148	157	166	175	184	194	

		H (cm)															
		10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Luz [m]	2,00	967	1112	1256	1400	1545	1678	1780	1881	1981	2078	2173	2267	2358	2448	2536	2622
	2,20	813	934	1055	1177	1298	1419	1541	1662	1771	1858	1942	2025	2107	2186	2264	2340
	2,40	694	798	901	1005	1108	1212	1316	1419	1523	1626	1730	1824	1897	1609	1691	1773
	2,60	601	691	780	870	960	1049	1139	1229	1318	1063	1131	1199	1267	1336	1404	1472
	2,80	526	605	684	762	841	919	718	775	832	889	945	1002	1059	1116	1173	1230
	3,00	466	363	411	459	507	555	603	651	699	746	794	842	890	938	986	1034
	3,20	265	306	346	386	427	467	508	548	589	629	669	710	750	791	831	871
	3,40	223	257	292	326	360	394	428	462	497	531	565	599	633	667	702	736
	3,60	188	217	246	275	303	332	361	390	419	448	477	506	534	563	592	621
	3,80	158	182	206	231	255	280	304	328	353	377	401	426	450	475	499	523
	4,00	132	152	173	193	214	234	255	275	296	316	337	357	378	398	419	439
	4,20	109	126	143	160	178	195	212	229	246	263	280	297	315	332	349	366
	4,40	89	104	118	132	146	160	174	189	203	217	231	245	259	274	288	302
	4,60	72	84	95	107	118	130	142	153	165	176	188	199	211	223	234	246
	4,80	57	66	75	85	94	103	112	122	131	140	150	159	168	177	187	196
5,00	43	50	58	65	72	79	87	94	101	108	116	123	130	137	145	152	

HA-25 - fck=25N/mm<sup>2</sup> - Chapa - fy=220N/mm<sup>2</sup> - Flecha L/250 - 0% coef. redistribución negativos

Para otros valores, contactar con el Departamento Técnico para evaluar la solución más óptima en cada caso y recibir un asesoramiento personalizado.

GRUPO VALERO MORALES no se responsabiliza de las causas provocadas por el incumplimiento de las condiciones expresadas en todos los puntos de la presente ficha técnica.

		H (cm)															
		10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Luz (m)	2,00	807	928	1048	1168	1289	1409	1530	1650	1771	1546	1645	1744	1842	1941	2040	2139
	2,20	678	779	880	981	1082	924	1004	1083	1163	1242	1322	1402	1481	1561	1640	1720
	2,40	578	665	557	621	686	751	816	880	945	1010	1074	1139	1204	1269	1333	1398
	2,60	349	402	456	509	562	615	668	721	774	827	880	933	986	1039	1092	1146
	2,80	287	331	374	418	462	506	550	593	637	681	725	768	812	856	900	943
	3,00	236	272	309	345	381	417	453	490	526	562	598	634	671	707	743	779
	3,20	194	224	254	284	314	344	374	404	434	464	494	524	554	584	614	643
	3,40	159	184	209	233	258	283	308	332	357	382	406	431	456	481	505	530
	3,60	130	150	170	191	211	231	252	272	292	312	333	353	373	394	414	434
	3,80	104	121	138	154	171	187	204	220	237	253	270	286	303	320	336	353
	4,00	83	96	109	123	136	149	163	176	189	202	216	229	242	256	269	282
	4,20	64	74	85	95	106	116	127	137	148	158	169	179	190	200	211	221
	4,40	47	55	63	72	80	88	96	104	112	120	128	136	144	152	160	168
	4,60	33	39	45	51	56	62	68	74	80	86	92	98	104	109	115	121
	4,80	20	24	28	32	36	40	44	48	52	56	60	64	68	72	76	80
	5,00	9	11	13	16	18	20	22	25	27	29	31	34	36	38	41	43

		H (cm)															
		10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Luz (m)	2,00	1076	1237	1348	1451	1552	1651	1749	1844	1938	2031	2121	2209	2296	2381	2465	2546
	2,20	904	1038	1173	1299	1389	1477	1564	1649	1733	1814	1895	1973	2050	2126	2199	2271
	2,40	771	886	1001	1116	1231	1333	1410	1487	1561	1634	1706	1776	1845	1836	1929	2023
	2,60	667	767	866	966	1065	1165	1265	1349	1416	1218	1296	1374	1452	1530	1608	1686
	2,80	584	671	758	845	933	1020	826	892	958	1023	1089	1154	1220	1285	1351	1416
	3,00	516	421	476	532	587	643	698	754	809	865	920	975	1031	1086	1142	1197
	3,20	309	357	404	451	498	545	592	639	687	734	781	828	875	922	969	1016
	3,40	263	303	343	383	423	464	504	544	584	624	664	705	745	785	825	865
	3,60	223	258	292	326	360	395	429	463	498	532	566	600	635	669	703	738
	3,80	190	219	248	278	307	336	365	395	424	453	482	512	541	570	599	629
	4,00	161	186	211	236	261	285	310	335	360	385	410	435	460	485	510	535
	4,20	136	157	178	199	220	242	263	284	305	326	348	369	390	411	432	454
	4,40	114	132	150	167	185	203	221	239	257	275	293	311	329	347	365	383
	4,60	94	109	124	140	155	170	185	200	215	230	245	260	275	290	305	320
	4,80	77	90	102	115	127	140	152	165	177	190	202	215	227	240	252	265
	5,00	62	72	83	93	103	113	124	134	144	154	164	175	185	195	205	216

		H (cm)															
		10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Luz (m)	2,00	1009	1160	1310	1461	1611	1731	1833	1934	2033	2130	2225	2318	2409	2499	2586	2672
	2,20	847	973	1100	1226	1353	1479	1606	1731	1818	1904	1989	2072	2153	2232	2310	2386
	2,40	723	831	939	1047	1154	1262	1370	1478	1586	1694	1793	1867	1939	1694	1780	1866
	2,60	625	719	812	905	999	1092	1186	1279	1372	1120	1192	1264	1336	1407	1479	1551
	2,80	547	629	711	793	874	956	757	817	877	938	998	1058	1118	1178	1238	1298
	3,00	484	384	434	485	536	586	637	688	738	789	840	890	941	991	1042	1093
	3,20	281	324	366	409	452	495	538	581	623	666	709	752	795	838	880	923
	3,40	237	273	310	346	382	418	455	491	527	564	600	636	673	709	745	782
	3,60	200	231	262	292	323	354	385	415	446	477	508	539	569	600	631	662
	3,80	168	194	221	247	273	299	325	351	377	403	429	455	481	508	534	560
	4,00	141	163	185	207	229	251	273	295	318	340	362	384	406	428	450	472
	4,20	118	136	155	173	192	210	229	247	266	284	303	321	340	358	377	396
	4,40	97	113	128	143	159	174	190	205	221	236	252	267	283	298	313	329
	4,60	79	92	105	117	130	143	156	168	181	194	207	219	232	245	258	270
	4,80	63	73	84	94	104	115	125	136	146	156	167	177	187	198	208	219
	5,00	49	57	65	74	82	90	98	106	115	123	131	139	148	156	164	172

HA-25 - fck=25N/mm<sup>2</sup> - Chapa - fy=220N/mm<sup>2</sup> - Flecha L/250 - 0% coef. redistribución negativos

Para otros valores, contactar con el Departamento Técnico para evaluar la solución más óptima en cada caso y recibir un asesoramiento personalizado.

GRUPO VALERO MORALES no se responsabiliza de las causas provocadas por el incumplimiento de las condiciones expresadas en todos los puntos de la presente ficha técnica.

apuntalar centro del vano

**MT-60 DISPOSICIÓN 1 VANO/2 APOYOS**
**SOBRECARGAS ESTÁTICAS (daN/m<sup>2</sup>) ESPESOR 1.00 mm**

		H (cm)															
		10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Luz [m]	2,00	956	1098	1240	1382	1525	1667	1809	1951	2093	2235	2377	2520	2662	2804	2491	2612
	2,20	801	920	1039	1158	1277	1396	1515	1634	1753	1872	1623	1720	1818	1915	2013	2110
	2,40	682	783	884	986	1087	1189	1008	1088	1167	1247	1327	1407	1486	1566	1646	1726
	2,60	588	676	763	851	939	1027	831	897	963	1029	1095	1161	1227	1293	1359	1425
	2,80	508	586	664	742	820	898	702	758	814	870	926	982	1038	1094	1150	1206
	3,00	441	509	577	645	713	781	585	631	677	723	769	815	861	907	953	999
	3,20	387	445	503	561	619	677	481	527	573	619	665	711	757	803	849	895
	3,40	344	392	440	488	536	584	387	433	479	525	571	617	663	709	755	801
	3,60	311	359	407	455	503	551	354	400	446	492	538	584	630	676	722	768
	3,80	287	335	383	431	479	527	330	376	422	468	514	560	606	652	698	744
	4,00	270	318	366	414	462	510	313	359	405	451	497	543	589	635	681	727
	4,20	260	308	356	404	452	500	303	349	395	441	487	533	579	625	671	717
	4,40	256	304	352	400	448	496	299	345	391	437	483	529	575	621	667	713
	4,60	257	305	353	401	449	497	299	345	391	437	483	529	575	621	667	713
	4,80	263	311	359	407	455	503	305	351	397	443	489	535	581	627	673	719
5,00	274	322	370	418	466	514	316	362	408	454	500	546	592	638	684	730	

**MT-60 DISPOSICIÓN 2 VANOS/3 APOYOS**
**SOBRECARGAS ESTÁTICAS (daN/m<sup>2</sup>) ESPESOR 1.00 mm**

		H (cm)															
		10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Luz [m]	2,00	1231	1337	1441	1544	1644	1743	1840	1936	2029	2121	2211	2299	2385	2469	2552	2633
	2,20	1068	1200	1292	1384	1473	1561	1647	1732	1815	1896	1976	2054	2131	2205	2279	2350
	2,40	909	1044	1168	1250	1330	1409	1486	1562	1636	1709	1781	1850	1919	1985	2051	2115
	2,60	785	901	1018	1135	1210	1281	1350	1419	1486	1551	1615	1678	1739	1799	1858	1915
	2,80	685	787	889	991	1093	1171	1234	1296	1356	1415	1473	1530	1587	1644	1701	1758
	3,00	605	694	784	874	964	1032	1095	1157	1218	1278	1337	1395	1453	1511	1569	1627
	3,20	538	618	698	778	858	926	989	1051	1112	1173	1233	1292	1351	1409	1467	1525
	3,40	482	562	642	722	802	870	933	995	1056	1117	1177	1236	1294	1352	1410	1468
	3,60	437	517	597	677	757	825	888	950	1011	1071	1130	1188	1246	1303	1361	1419
	3,80	403	483	563	643	723	791	854	916	977	1037	1095	1153	1210	1267	1324	1381
	4,00	379	459	539	619	699	767	830	891	951	1010	1068	1125	1182	1239	1295	1352
	4,20	364	444	524	604	684	752	815	875	934	992	1049	1105	1161	1217	1272	1328
	4,40	357	437	517	597	677	745	808	867	925	982	1038	1093	1148	1203	1258	1313
	4,60	357	437	517	597	677	745	808	867	925	982	1038	1093	1148	1203	1258	1313
	4,80	363	443	523	603	683	751	814	873	931	988	1044	1100	1155	1210	1265	1320
5,00	374	454	534	614	694	762	825	884	941	998	1053	1108	1162	1216	1270	1324	

**MT-60 DISPOSICIÓN 3 VANOS/4 APOYOS**
**SOBRECARGAS ESTÁTICAS (daN/m<sup>2</sup>) ESPESOR 1.00 mm**

		H (cm)															
		10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Luz [m]	2,00	1195	1373	1510	1617	1723	1827	1929	2029	2127	2223	2318	2411	2501	2590	2677	2763
	2,20	1001	1150	1299	1447	1544	1637	1729	1817	1904	1990	2074	2156	2237	2315	2393	2468
	2,40	851	979	1106	1232	1359	1479	1560	1640	1718	1795	1870	1944	2016	2086	2155	2223
	2,60	736	845	954	1064	1173	1283	1392	1490	1561	1630	1698	1764	1829	1892	1954	2016
	2,80	642	738	834	929	1025	1120	1216	1311	1407	1489	1550	1615	1678	1740	1801	1862
	3,00	567	651	735	820	904	988	1072	1156	1239	1322	1395	1467	1538	1608	1678	1748
	3,20	504	579	654	729	804	879	954	1029	1104	1179	1254	1329	1404	1479	1554	1629
	3,40	452	527	602	677	752	827	902	977	1052	1127	1202	1277	1352	1427	1502	1577
	3,60	418	493	568	643	718	793	868	943	1018	1093	1168	1243	1318	1393	1468	1543
	3,80	393	468	543	618	693	768	843	918	993	1068	1143	1218	1293	1368	1443	1518
	4,00	376	451	526	601	676	751	826	901	976	1051	1126	1201	1276	1351	1426	1501
	4,20	366	441	516	591	666	741	816	891	966	1041	1116	1191	1266	1341	1416	1491
	4,40	362	437	512	587	662	737	812	887	962	1037	1112	1187	1262	1337	1412	1487
	4,60	363	438	513	588	663	738	813	888	963	1038	1113	1188	1263	1338	1413	1488
	4,80	369	444	519	594	669	744	819	894	969	1044	1119	1194	1269	1344	1419	1494
5,00	380	455	530	605	680	755	830	905	980	1055	1130	1205	1280	1355	1430	1505	

 HA-25 - fck=25N/mm<sup>2</sup> - Chapa - fy=220N/mm<sup>2</sup> - Flecha L/250 - 0% coef. redistribución negativos

Para otros valores, contactar con el Departamento Técnico para evaluar la solución más óptima en cada caso y recibir un asesoramiento personalizado.

GRUPO VALERO MORALES no se responsabiliza de las causas provocadas por el incumplimiento de las condiciones expresadas en todos los puntos de la presente ficha técnica.

 apuntalar centro del vano

MT-60 DISPOSICIÓN 1 VANO/2 APOYOS

SOBRECARGAS ESTÁTICAS (daN/m<sup>2</sup>) **ESPELOR 1.20mm**

		H (cm)															
		10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
1	2,00	1119	1286	1453	1619	1786	1953	2120	2286	2453	2620	2786	2953	3120	3286	3409	3515
	2,20	936	1075	1214	1354	1493	1632	1772	1911	2050	2190	2329	2469	2608	2747	2430	2547
	2,40	795	913	1032	1150	1269	1387	1506	1624	1743	1512	1609	1706	1803	1899	1996	2093
	2,60	685	787	889	991	1093	1195	1013	1094	1174	1255	1335	1415	1496	1576	1657	1737
	2,80	597	686	775	865	954	1043	847	914	982	1049	1116	1184	1251	1318	1386	1453
	3,00	526	628	729	829	928	1027	769	825	882	939	996	1052	1109	1166	1223	
	3,20	471	561	650	739	828	917	697	745	793	841	889	937	985	1033		
	3,40	424	505	585	665	745	825	649	697	745	793	841	889	937	985	1033	
	3,60	387	460	533	606	679	752	590	630	671	712	753	793	834	875		
	3,80	357	424	491	558	625	692	549	590	630	671	712	753	793	834	875	
	4,00	333	394	455	516	577	638	527	568	609	650	691	732	773	814	855	
	4,20	314	370	426	482	538	594	508	549	590	630	671	712	753	793	834	875
	4,40	300	352	408	464	520	576	490	531	572	613	654	695	736	777	818	859
	4,60	291	339	395	451	507	563	477	518	559	600	641	682	723	764	805	846
	4,80	287	331	387	443	499	555	469	510	551	592	633	674	715	756	797	838
5,00	287	327	383	439	495	551	465	506	547	588	629	670	711	752	793	834	

MT-60 DISPOSICIÓN 2 VANOS/3 APOYOS

SOBRECARGAS ESTÁTICAS (daN/m<sup>2</sup>) **ESPELOR 1.20mm**

		H (cm)															
		10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
2	2,00	1321	1427	1531	1633	1733	1831	1928	2023	2116	2207	2296	2384	2470	2554	2636	2716
	2,20	1187	1281	1373	1464	1553	1641	1727	1811	1893	1974	2054	2131	2208	2282	2355	2426
	2,40	1060	1160	1242	1324	1404	1482	1559	1634	1708	1781	1852	1921	1989	2055	2120	2184
	2,60	913	1050	1132	1205	1277	1348	1417	1485	1552	1617	1681	1743	1804	1864	1922	1979
	2,80	796	915	1034	1103	1169	1233	1296	1357	1418	1476	1534	1591	1646	1700	1752	1803
	3,00	701	806	910	1015	1075	1133	1190	1246	1210	1293	1376	1458	1508	1557	1605	1651
	3,20	623	716	809	901	992	1046	896	967	1038	1110	1181	1252	1323	1394	1466	1518
	3,40	558	641	724	807	889	971	834	895	957	1018	1080	1141	1203	1264	1326	
	3,60	503	578	655	732	809	886	752	813	875	936	997	1058	1119	1180	1241	1302
	3,80	457	524	591	658	725	792	668	729	790	851	912	973	1034	1095	1156	1217
	4,00	424	482	540	598	656	714	590	651	712	773	834	895	956	1017	1078	1139
	4,20	394	442	490	548	606	664	540	601	662	723	784	845	906	967	1028	1089
	4,40	370	418	466	524	582	640	516	577	638	699	760	821	882	943	1004	1065
	4,60	351	399	447	505	563	621	497	558	619	680	741	802	863	924	985	1046
	4,80	337	385	433	491	549	607	483	544	605	666	727	788	849	910	971	1032
5,00	327	375	423	481	539	597	473	534	595	656	717	778	839	900	961	1022	

MT-60 DISPOSICIÓN 2 VANOS/3 APOYOS

SOBRECARGAS ESTÁTICAS (daN/m<sup>2</sup>) **ESPELOR 1.20mm**

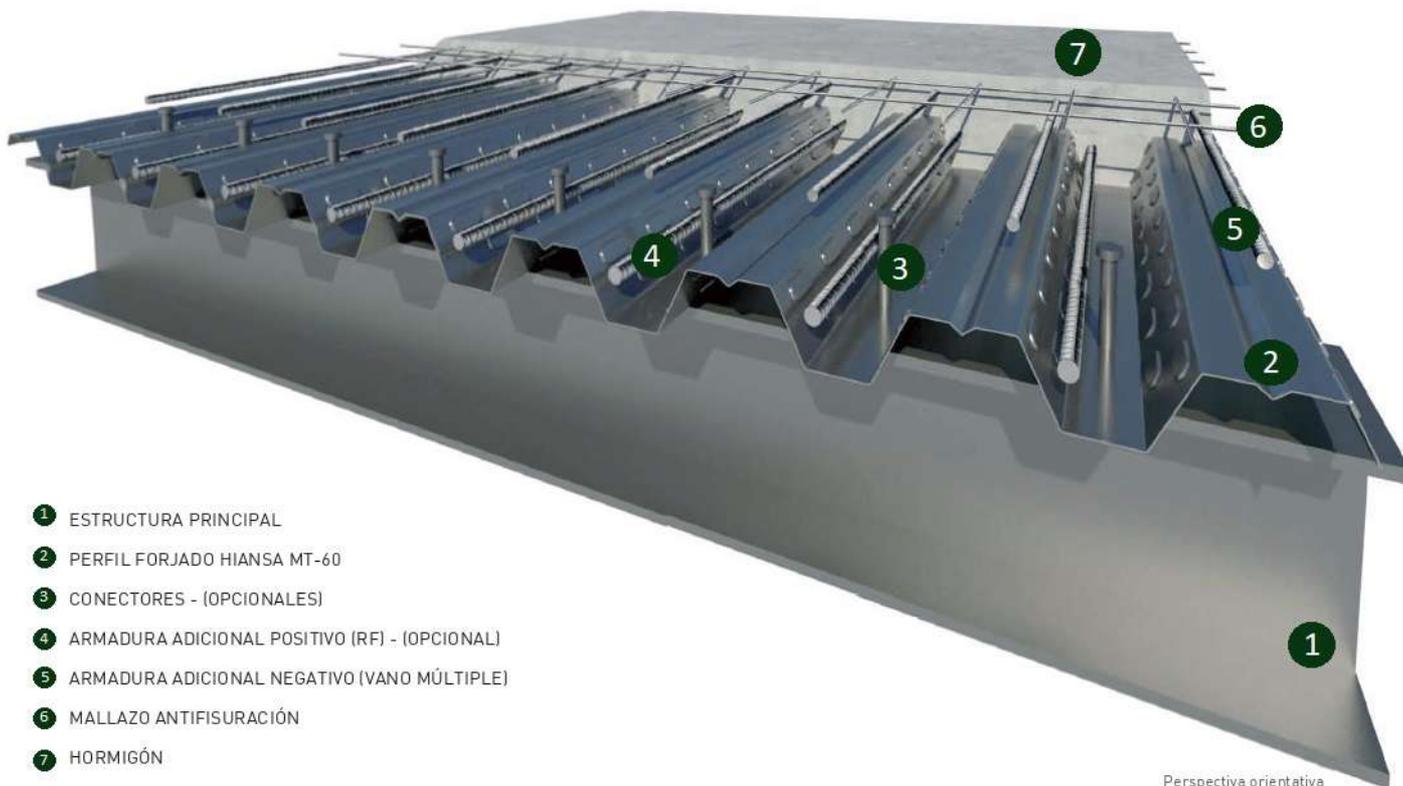
		H (cm)															
		10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
3	2,00	1383	1494	1603	1710	1815	1918	2020	2120	2217	2313	2407	2500	2590	2678	2765	2850
	2,20	1170	1342	1439	1534	1628	1720	1810	1899	1986	2071	2155	2237	2317	2395	2472	2547
	2,40	994	1142	1290	1388	1472	1555	1636	1715	1793	1870	1944	2018	2089	2159	2228	2295
	2,60	856	984	1111	1239	1340	1415	1488	1560	1630	1699	1766	1832	1897	1960	2021	2081
	2,80	747	858	969	1080	1191	1295	1362	1427	1490	1553	1614	1673	1732	1789	1844	1899
	3,00	657	755	853	951	1049	1147	1245	1311	1374	1437	1499	1561	1623	1685	1747	1809
	3,20	584	671	758	845	932	1019	822	888	953	1018	1084	1149	1215	1280	1345	1411
	3,40	523	601	679	757	835	913	706	763	819	875	932	988	1044	1101	1157	1213
	3,60	471	542	614	686	758	830	609	657	706	755	803	852	901	949	998	1046
	3,80	427	492	557	622	687	752	544	588	632	676	720	764	808	852	896	940
	4,00	394	452	510	568	626	684	497	541	585	629	673	717	761	805	849	893
	4,20	367	418	469	520	571	622	454	498	542	586	630	674	718	762	806	850
	4,40	344	395	446	497	548	599	427	471	515	559	603	647	691	735	779	823
	4,60	325	376	427	478	529	580	403	447	491	535	579	623	667	711	755	799
	4,80	311	362	413	464	515	566	389	433	477	521	565	609	653	697	741	785
5,00	300	351	402	453	504	555	375	419	463	507	551	595	639	683	727	771	

HA-25 - fck=25N/mm<sup>2</sup> - Chapa - fy=220N/mm<sup>2</sup> - Flecha L/250 - 0% coef. redistribución negativos

Para otros valores, contactar con el Departamento Técnico para evaluar la solución más óptima en cada caso y recibir un asesoramiento personalizado.

GRUPO VALERO MORALES no se responsabiliza de las causas provocadas por el incumplimiento de las condiciones expresadas en todos los puntos de la presente ficha técnica.

**DETALLES TIPO**



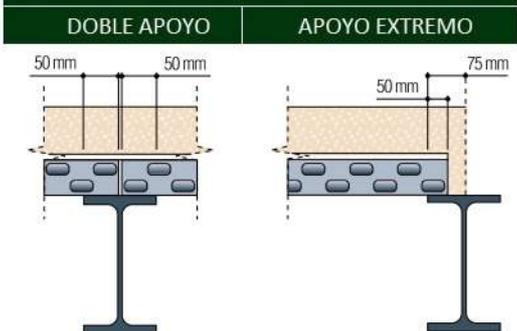
- ① ESTRUCTURA PRINCIPAL
- ② PERFIL FORJADO HIANSA MT-60
- ③ CONECTORES - (OPCIONALES)
- ④ ARMADURA ADICIONAL POSITIVO (RF) - (OPCIONAL)
- ⑤ ARMADURA ADICIONAL NEGATIVO (VANO MÚLTIPLE)
- ⑥ MALLAZO ANTIFISURACIÓN
- ⑦ HORMIGÓN

Perspectiva orientativa

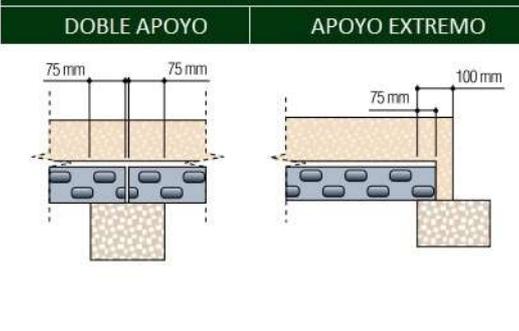
Sección tipo de forjado colaborante MT-60, en el que aparecen indicadas todas las armaduras que se pueden llegar a colocar en función de los requisitos de cálculo marcados por el Proyectista. Incluso los conectores que soldados o atornillados serán necesarios cuando se requiera que el forjado trabaje solidariamente con la viga metálica de soporte.

**CONDICIONES DE APOYO DE LAS CHAPAS EN VIGAS**

**APOYO SOBRE ACERO Y HORMIGÓN**

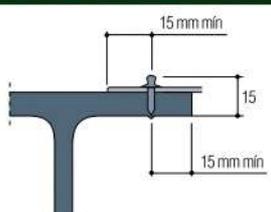


**APOYO SOBRE OTROS MATERIALES (LADRILLO O BLOQUE)**

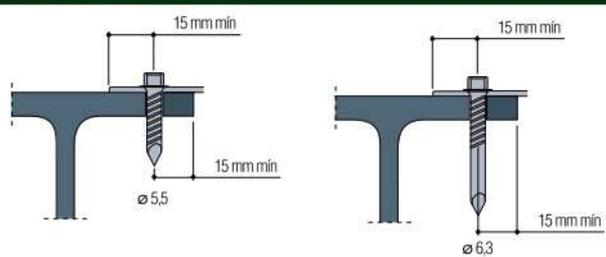


La unión del forjado a la estructura será por tornillo, clavo o soldadura, en función de la decisión del Proyectista y siempre respetando las medidas mínimas indicadas para cada caso en las figuras adjuntas. Se recomienda la fijación de cada chapa a medida que se van montando y comprobar al final que todas están fijadas.

**FIJACIONES POR DISPARO**

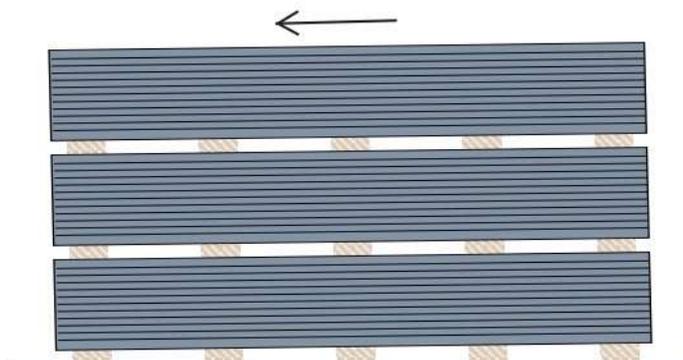
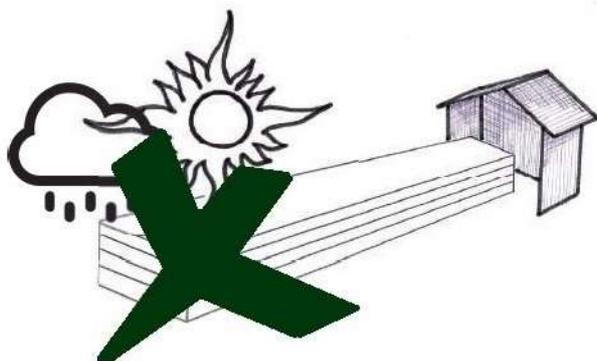


**FIJACIONES CON TORNILLO**



### ESTOCAJE DEL MATERIAL

Con el fin de evitar la acción del viento, la humedad, la condensación y la lluvia, se recomienda estocar el material de acero galvanizado en zonas cubiertas, ventiladas y en una atmósfera lo más seca posible. En caso de estocaje a la intemperie, los paquetes se deberán aislar del suelo mediante tacos de altura diferente con el fin de obtener una pendiente que favorezca la evacuación del agua. Además se cubrirán con lonas o plásticos **garantizando una correcta ventilación** para evitar la concentración de agua o humedad excesiva que puede hacer aparecer óxido blanco que solo afecta estéticamente al material sin mermar sus propiedades resistentes.



Vista en alzado

### APUNTALAMIENTO DEL FORJADO

Se entiende por apuntalamiento la colocación de apoyos intermedios para reducir temporalmente la distancia entre apoyos durante las fases de vertido y fraguado del hormigón. Una vez fijadas las chapas, en los casos donde sea necesario, se colocará un puntal en el medio del tramo. En caso de necesitar dos puntales (tramo de luz libre importante) los puntales se colocarán a  $1/3$  y  $2/3$  de la luz libre del tramo. El croquis ilustra la manera correcta de colocar un puntal.

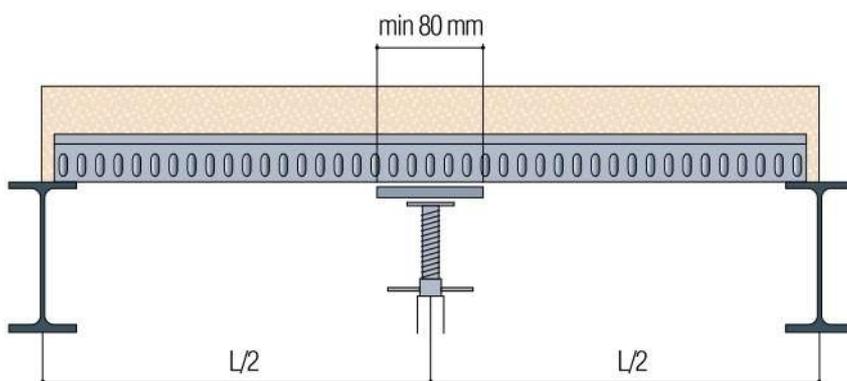
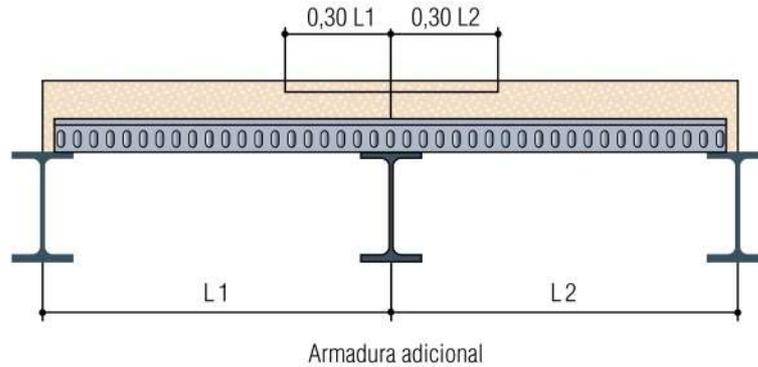


Imagen apuntalamiento provisional.

## ARMADURA NEGATIVO

Cuando la losa diseñada es continua, es decir presenta apoyos intermedios, sobre éstos se producen momentos flectores negativos. Se hace entonces necesario colocar este tipo de armadura, a una profundidad de 25 mm respecto a la cara superior del forjado. Las barras corrugadas deben tener una longitud suficiente para cubrir un tercio de la luz de cada uno de los vanos adyacentes, como se muestra en la croquis adjunto. La sección mínima de armadura requerida para hacer frente a estos momentos flectores negativos, se detalla en los correspondientes cálculos.



## MALLAZO ANTIFISURACIÓN

Su misión principal es la de hacer frente a los esfuerzos de retracción generados por el secado del hormigón, evitando su fisuración. Contribuye además a la distribución de pequeñas cargas puntuales actuantes sobre el forjado. Se debe colocar a una profundidad de 20 mm respecto a la cara superior del forjado, cubriendo enteramente su superficie.

MALLAZO ANTIFISURACIÓN EN CAPA DE COMPRESIÓN FORJADO (mm)

		H (CM)																
		10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
Mallazo	MT-60	200x200x4	✓	✓	✓	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		200x200x5	-	-	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	-	-	-	-	-	-	
		200x200x6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

## PESO PROPIO Y VOLUMEN DE HORMIGÓN

VALORES DE PESO PROPIO DEL FORJADO COLABORANTE [kN/m<sup>2</sup>]

		H (CM)																
		10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
Perfil	MT-60 e=0.75mm	1,67	1,91	2,15	2,39	2,63	2,87	3,11	3,35	3,59	3,83	4,07	4,31	4,55	4,79	5,03	5,27	
	MT-60 e=0.8mm	1,68	1,92	2,16	2,4	2,64	2,88	3,12	3,36	3,6	3,84	4,08	4,32	4,56	4,8	5,04	5,28	
	MT-60 e=1.0mm	1,69	1,93	2,17	2,41	2,65	2,9	3,14	3,38	3,62	3,86	4,1	4,34	4,58	4,82	5,06	5,3	
	MT-60 e=1.2mm	1,72	1,96	2,2	2,44	2,68	2,92	3,16	3,4	3,64	3,88	4,12	4,36	4,6	4,84	5,08	5,32	

VOLUMEN DE HORMIGÓN POR UNIDAD DE SUPERFICIE [m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>]

		H (CM)																
		10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
Perfil	MT-60 e=0.75mm	0,066	0,076	0,086	0,096	0,106	0,116	0,126	0,136	0,146	0,156	0,166	0,176	0,186	0,196	0,206	0,216	
	MT-60 e=0.8mm	0,066	0,076	0,086	0,096	0,106	0,116	0,126	0,136	0,146	0,156	0,166	0,176	0,186	0,196	0,206	0,216	
	MT-60 e=1.0mm	0,066	0,076	0,086	0,096	0,106	0,116	0,126	0,136	0,146	0,156	0,166	0,176	0,186	0,196	0,206	0,216	
	MT-60 e=1.2mm	0,066	0,076	0,086	0,096	0,106	0,116	0,126	0,136	0,146	0,156	0,166	0,176	0,186	0,196	0,206	0,216	

## COMPORTAMIENTO AL FUEGO

El factor R es la capacidad portante de un forjado colaborante en situación de incendio. Según el Eurocódigo 4 Parte 1.2, para este tipo de soluciones será de 30 minutos (R-30). Este dato no necesita ninguna comprobación, mientras el cálculo del forjado colaborante se haya hecho de acuerdo con las especificaciones del Eurocódigo 4 Parte 1.1.

Si el proyecto requiere una resistencia al fuego superior a los 30 minutos (R-30), el proyectista puede optar por distintas soluciones:

- Incorporar a la cara inferior del forjado algún sistema de protección contra el fuego. Una opción consiste en crear un revestimiento continuo y de espesor homogéneo con morteros o pinturas o incorporar falsos techos de placas de yeso u otros materiales (cuidando de especial manera la estanqueidad de las juntas entre elementos).
- Incorporar al forjado armaduras de tracción. De esta manera se incrementa la capacidad portante del forjado en situación de incendio (criterio R) pero no la capacidad de aislamiento térmico (I). La capacidad de aislamiento térmico sigue dependiendo del espesor efectivo del forjado y de la protección adicional que se disponga por la cara inferior del perfil de acero (\*).

**(\*)** Contactar con nuestro Departamento Técnico para los casos en los que se requiera un factor R mayor a 30 minutos para evaluar la solución más óptima en cada caso y recibir un asesoramiento personalizado.

## CONECTORES- SOLUCIÓN VIGA MIXTA JUNTO A ESTRUCTURA

Importante indicar que los conectores no influyen en la resistencia propiamente dicha del forjado colaborante. Es decir, el hecho de disponer de conectores, no hace que el forjado sea más resistente que cuando no se colocan.

En esta solución constructiva, el perfil para forjado colaborante se une a la estructura metálica por medio de los conectores. El forjado pasa a ser parte de la misma estructura portante del edificio, dejando de ser un elemento monolítico cuyo peso es soportado por las vigas y pilares sobre los que apoya. Funciona como capa de compresión de la sección resistente, que de esta manera ve su resistencia notablemente incrementada. Esto permite considerar en los cálculos, la suma de las secciones resistentes de la viga metálica y el forjado. La decisión sobre el tipo de estructura a adoptar y el correspondiente cálculo son responsabilidad del Proyectista.

Estos conectores pueden ser soldados a través de la chapa de forjado a la estructura de soporte o bien fijados mecánicamente por disparo y fulminante o similar.



Conectores soldados



Conectores fijados mecánicamente

## RECOMENDACIONES DE MONTAJE

### Vertido del hormigón:

El hormigonado sobre las chapas grecadas se realizará mediante los métodos tradicionales: bombas y tuberías o cubilote. Todo aceite, suciedad, untuosidad remanente del proceso de fabricación o sustancia perjudicial, presente en la cara superior del perfil, deberá ser eliminado antes de comenzar la fase de vertido del hormigón. Para conseguir las propiedades finales del forjado especificadas en el proyecto, hay que aplicar el máximo cuidado en esta fase, evitando una excesiva deformación del forjado, la segregación del árido o las pérdidas de lechada. El hormigón se verterá en la medida de lo posible sobre las vigas de apoyo del forjado, desde la mínima altura posible. Es necesario usar una tubería de salida del hormigón dotada de un asa que permita un manejo fácil y práctico, ya que en ningún caso se verterá el hormigón desde un altura mayor de 30 cm. Hay que evitar cualquier acumulación de material, e ir distribuyéndolo longitudinalmente a los nervios del perfil de acero, desde las vigas hacia los vanos. La circulación de carretilla se realizará sobre tablonos de 30 mm de grueso colocados sobre la malla, asegurándose que no coincidan en la misma zona del forjado más de tres operarios al mismo tiempo. Para garantizar el buen funcionamiento del forjado hay que realizar una compactación satisfactoria alrededor de los conectores, de las armaduras y sobre el relieve de la chapa. No es necesario vibrar el hormigón. En caso de pérdidas de lechada con la consecuente aparición de manchas en la parte inferior del perfil, se aconseja limpiar antes del secado con un simple chorro de agua.

### Apertura de huecos en los forjados:

Generalmente en las obras es necesario prever huecos para el alojamiento y paso de instalaciones y bajantes a través del forjado. En este caso los huecos se deben plantear previamente al hormigonado, utilizando bloques de poliestireno expandido o cualquier otro medio de encofrado. Cuando el lado del hueco es mayor de una onda, será necesario reforzar longitudinalmente y transversalmente el perímetro del hueco a nivel estructural. En general se puede afirmar que:

- Los huecos de hasta 300 mm de lado no precisan refuerzo.
- Los huecos con lado comprendido entre 300 y 700 mm de longitud precisan armaduras de refuerzo.
- Los huecos con lado mayor de 700 mm de longitud precisan colocación de estructuras auxiliares de soporte. Para abrir estos huecos, el perfil metálico se cortará siempre y cuando el hormigón esté curado. Es importante no perforar la losa con equipos de percusión una vez esté fraguada, ya que las vibraciones pueden afectar la colaboración entre la chapa de acero y el hormigón, generando pérdida de adherencia y por tanto de capacidad portante.

### Tipos de remate:

Para agilizar la construcción de un forjado colaborante y optimizar el tiempo de ejecución, Hiansa S.A. ha creado unos exclusivos remates de acero galvanizado. Se trata de piezas que aún sin ser imprescindibles son muy útiles, ya que sustituyen a determinadas operaciones de encofrado que de otra forma se harían de manera más artesanal y aproximativa en la obra:

- Remates de borde de forjado (R1).
- Remates de atirantado (R2).
- Remates de cambio de dirección del forjado (R3)



Remate de borde de forjado (R1) - LINEAL



Remate de atirantado (R2) - PUNTUAL



Remate de cambio de dirección de forjado (R3) - LINEAL

## CONSIDERACIONES DE CÁLCULO

### Hipótesis de cálculo:

Los resultados que figuran en las tablas de sobrecarga estática, obtenidos según el procedimiento establecido por la Normativa EC4 y EC3, parten de las siguientes hipótesis de cálculo:

- Las cargas que actúan sobre el forjado son distribuidas y predominantemente estáticas.
- Las luces del forjado se sitúan en la dirección de los nervios de la chapa.
- Para el estudio de las losas en fase de servicio se usa el análisis elástico, para la comprobación tensional a flexión se considera la teoría plástica.
- Los resultados de las tablas se refieren a un forjado colaborante sin conectores, es decir, no describen el comportamiento de la solución de viga mixta.
- El hormigón considerado en el cálculo es un HA-25 (\*).
- El límite elástico considerado en el cálculo del acero del perfil MT-60 es 220 MPa (\*), y el coeficiente parcial de seguridad para Estados Límites Últimos del acero del perfil es 1,10.
- El modelo de cálculo empleado considera los siguientes estados límites: en fase de ejecución la flexión representa el estado límite último, y la deformación el estado límite de servicio. En fase de servicio los estados límites últimos son representados por la flexión, los esfuerzos rasantes, los cortantes verticales, mientras que el estado límite último es la deformación.
- Criterio de flecha cuando la chapa de acero nervada actúa como encofrado:  $f < l/250$  ó  $f < 20$  mm(\*), con  $L$ = luz libre entre apoyos. En el cálculo de estas deformaciones se considera el peso de la chapa y del hormigón fresco, pero no se consideran las cargas de ejecución, puesto que son temporales.
- Criterio de flecha en fase de servicio:  $f < l/250$  (\*) en cualquier caso contemplado en las tablas.
- Coeficientes de mayoración de las cargas empleados en los cálculos:
  - Coeficiente de mayoración de pesos propios: 1.35.
  - Coeficiente de mayoración de cargas permanentes: 1.35.
  - Coeficiente de mayoración de cargas de uso: 1.50.
- Los valores de las "Tablas de carga de Servicio para el Perfil MT-60" han sido calculados de acuerdo con las especificaciones del EC4 parte 1.1 en fase de construcción del forjado, y como losa mixta en fase de servicio del mismo. Las tablas hacen referencia a una tipología genérica de forjado definida en los puntos anteriores. El calculista autor del proyecto es el responsable de realizar el cálculo del forjado de acuerdo con las particularidades relativas a las cargas actuantes, los materiales empleados y otras propias de cada proyecto. Los valores de sobrecarga estática que figuran en las tablas son los valores de sobrecarga máxima admisible en servicio, donde las cargas representan la suma de las cargas permanentes y de las sobrecargas de uso actuantes sobre el forjado. El peso propio del forjado compuesto ya ha sido tenido en cuenta en los cálculos.

*(\*) Para otros valores, contactar con el Departamento Técnico para evaluar la solución más óptima en cada caso y recibir un asesoramiento personalizado.*

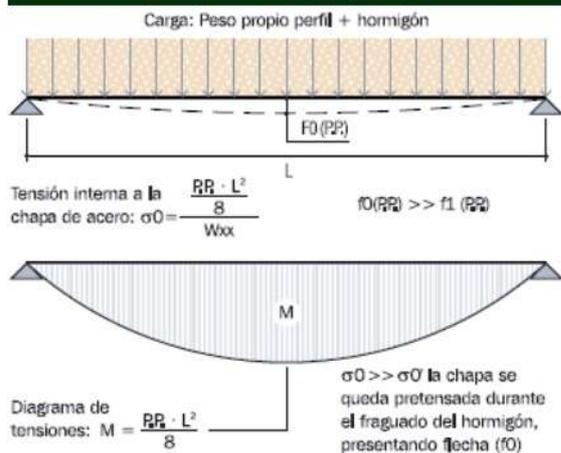
**CONSIDERACIONES DE CÁLCULO**

Interpretación de los diferentes sombreados en las tablas de sobrecarga admisible: diversidad de enfoque teórico por introducción de puntal (durante la ejecución del forjado).

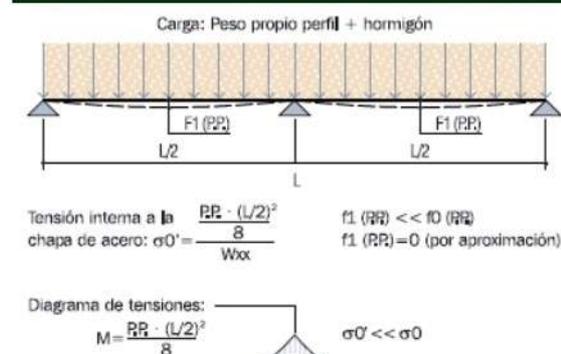
El usuario de las tablas de sobrecarga del forjado compuesto con perfil MT-60, puede extrañarse al comprobar como, en un determinado momento, al aumentar en 1 cm el canto de la losa de hormigón, la sobrecarga admisible baja de manera significativa. Este salto en los valores corresponde a la entrada en la zona de apuntalamiento, sombreada en rosado de las tablas. Esto se debe al diferente enfoque teórico que sostiene el estudio y comprobación de una estructura no apeada y apeada (según recoge la Normativa Eurocódigo 4 y Eurocódigo 3). Una chapa de acero no apuntalada, en fase de ejecución del forjado, se deforma proporcionalmente al peso propio del hormigón vertido. Una vez fraguado, el forjado presenta flecha (f0) y la chapa tiene una tensión interna correspondiente a su deformación. Cuando este forjado se carga (carga Q uniformemente distribuida), en el centro del vano se registrará el máximo valor de momento flector (correspondiente a la carga Q). Es el momento de comprobar el forjado a las diversas solicitaciones presentes (momento flector, cortante, rasante): en la casi totalidad de los casos el forjado se romperá por alcanzar el máximo momento rasante. Es lícito afirmar que la carga que ha determinado el deslizamiento entre el hormigón y la chapa de acero, es igual a la suma del peso propio de la losa y de la carga Q aplicada. En las estructuras apeadas, el puntal intermedio parte en dos la luz libre entre apoyos, y la flecha (f0') que se registra es sensiblemente inferior a la flecha f0 (registrada por el mismo forjado no apuntalado). Por aproximación se puede afirmar que la flecha f0' es igual a 0. Durante el fraguado, del hormigón la chapa no presenta tensión, siendo el puntal que aguanta el peso propio del hormigón vertido. Una vez fraguado el hormigón, quitando el puntal y aplicando a la estructura una carga Q, se comprueba el forjado a todas las solicitaciones presentes. Una vez más el colapso se produce por alcanzar el Estado Límite Último a momento rasante: en este caso, la carga Q determina la rotura de la losa. En las tablas de sobrecarga admisible no es lícito añadir el peso propio de la losa al valor registrado durante el ensayo a rotura de la losa.

Resumiendo, en una estructura no apeada, es lícito añadir el peso propio del forjado al valor de sobrecarga de uso registrado, debido a que la estructura ya había asumido esta carga (el peso propio) antes de fraguar: la flecha f0 representa la deformación correspondiente a la tensión interna de la chapa generada por el vertido del hormigón.

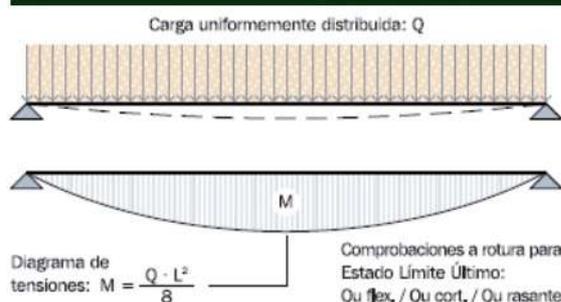
**CONSTRUCCIÓN NO APEADA, ESTADO FRESCO**



**CONSTRUCCIÓN APEADA, ESTADO FRESCO**



**CONSTRUCCIÓN NO APEADA, ESTADO ENDURECIDO**



**CONSTRUCCIÓN APEADA, ESTADO ENDURECIDO**

