

PARÁMETROS DE TRABAJO GENERALES (SHEET METAL PARAMETERS)

Para trabajar estas operaciones se definen varios parámetros básicos de trabajo en el menú **File-Properties-Parameter** en el workspace sheet metal.

La utilización correcta de estos parámetros permite una elaboración altamente confiable de las piezas de chapa.

Los valores abajo suministrados sirven de guía para diseño.

STOCK THICKNESS (Espesor suministrado)

El espesor de la lámina metálica (s) usada en la manufactura de la parte o pieza. Convencionalmente la lámina se denomina de acuerdo al U.S. Standard Gauge en base a espesores dados por las normas de fabricación AISI (Tabla1).

TABLA 1. Calibres U.S. Standard Gauge para láminas y planchas de acero sin revestimiento

No. del calibre	Espesor aprox. Pulgadas	Espesor aprox. milímetros
3	0,2391	6,0731
4	0,2242	5,6947
5	0,2092	5,3137
6	0,1943	4,9352
7	0,1793	4,5542
8	0,1644	4,1758
9	0,1495	3,7973
10	0,1345	3,4163
11	0,1196	3,0378
12	0,1046	2,6568
13	0,0897	2,2784
14	0,0747	1,8974
15	0,0673	1,7094
16	0,0598	1,5189
17	0,0538	1,3665
18	0,0478	1,2141
19	0,0418	1,0617
20	0,0359	0,9119

No. del calibre	Espesor aprox. Pulgadas	Espesor aprox. milímetros
21	0,0329	0,8357
22	0,0299	0,7595
23	0,0269	0,6833
24	0,0239	0,6071
25	0,0209	0,5309
26	0,0179	0,4547
27	0,0164	0,4166
28	0,0149	0,3785
29	0,0135	0,3429
30	0,0120	0,3048
31	0,0105	0,2667
32	0,0097	0,2464
33	0,0090	0,2286
34	0,0082	0,2083
35	0,0075	0,1905
36	0,0067	0,1702
37	0,0064	0,1626
38	0,0060	0,1524

RADIO MÍNIMO DE DOBLADO (Minimum Bend Radius)

Es el radio mínimo de doblado que es permitido en el modelo. Constituye un parámetro de control ya que evita que se exceda el alargamiento de rotura en las fibras externas por uso de radios muy reducidos. Si se intenta entrar un radio más pequeño, el automáticamente va a este mínimo.

Como valor aproximado para el radio de curvado mínimo admisible, $r_{\min}$, puede tomarse el que resulta de la relación: $r_{\min} = c * s$ donde C es un coeficiente que depende de material.

TABLA 2. Factor C para cálculo de radio mínimo

MATERIAL		Factor C
Cobre		0,25
Zinc		0,40
Aluminio	S=0,5mm	1,20
	S=1,0mm	0,60
	S=2,0mm	0,40
	S=3,0mm	0,40
	S=6,0mm	0,50

MATERIAL	Factor C
Aceros Inoxidable Ferrítico = AISI 405,430,446	0,80
Aceros Inoxidable Martensítico = AISI 301, 302, 304	0,50
Acero Rt=34 a 42 Kgs/mm ² YP=22Kgs/mm ²	1,50
Acero Rt=37 a 45 Kgs/mm ² YP=21Kgs/mm ²	1,80
Acero Rt=42 a 50 Kgs/mm ² YP=21Kgs/mm ²	2,00

Algunos valores de resistencia para aceros usados nominalmente en procesos de doblado son:

TABLA 3. Resistencia a tracción de aceros de lámina comunes

Material	Rt (Kgs/mm ²)	YP (Kgs/mm ²)
ASTM A36 (Estructural)	40,8	25,3
ASTM A572 (Alta resistencia)	42,2	29,5
ASTM A441 (Alta resistencia)	47,1	32,3
ASTM A242 (Alta resistencia)	49,2	35,2
ASTM A514 (Templado)	77,3	70,3
AISI 405 (Recocido)	42,2	22,5
AISI 430 (Recocido)	42,2	22,5
AISI 446 (Recocido)	52,7	22,5
AISI 301 (Recocido)	70,3	24,6
AISI 302 (Recocido)	56,2	21,1
AISI 304 (Recocido)	58,0	25,0

Con láminas de acero se recomiendan ciertos valores superiores a los dados para el radio mínimo de doblado, que ofrecen ya un coeficiente de seguridad.

TABLA 4. $r_{\min}$ recomendado para aceros de acuerdo a Rt y s

Tipos de acero con Rt	Para espesor s (mm) hasta														
	1	1.5	2.5	3	4	5	6	7	8	10	12	14	16	18	20
hasta 40 Kg/mm ²	Radio de doblado $r_{\min}$ recomendado														
	1	1,6	2,5	3	5	6	8	10	12	16	20	25	28	36	40
	1,2	2	3	4	5	8	10	12	16	20	25	28	36	40	45
de 40 a 50 Kg/mm ²	1,2	2	3	4	5	8	10	12	16	20	25	28	36	40	45
de 50 a 65 kg/mm ²	1,6	2,5	4	5	5	8	10	12	16	20	25	32	36	40	50

GLOBAL BEND RADIUS (Radio general de doblado)

Es el radio por defecto utilizado en todas las operaciones, a menos que se especifique otro dentro de las condiciones de la operación específica. Este valor depende de los datos existentes en la dobladora (Ejemplo valores de radios R1 en la Tabla 7). Existen algunas recomendaciones:

Cuando no se requieren cantos vivos se recomienda que $r \geq s$.

Cuando no hay restricciones podría usarse $r \geq 5s$

GLOBAL BEND RELIEF (DESAHOGO O ALIVIO DE DOBLADO)

Es un pequeño corte hecho en el material para prevenir que el radio de doblado cause una distorsión en el metal.

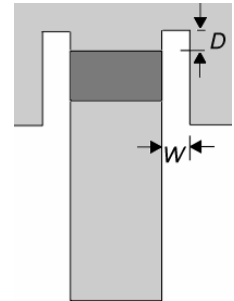
Tipo:

None- Ninguno

Rectangular – Corte en forma rectangular

Round – Hace un corte rectangular con un redondeo sobre la esquina corta

Parámetros a definir: Width – Ancho
Depth – Profundidad



La relación de separación (d/s) debe tener un valor entre 0,05 y 2,0.

CALCULO DE LAS HOLGURAS DE PLIEGUE

Las holguras de pliegue pueden calcularse usando dos métodos: Una longitud de desdoblado (unfold length) o un factor K

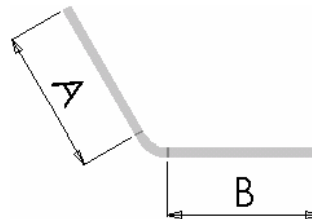
UNFOLD LENGTH

La siguiente ecuación es usada para determinar la longitud total desdoblada de la lámina tomando las medidas interiores:

$$L_t = A + B + BA$$

Donde:

- L_t es la longitud total desdoblada
- A y B son las longitudes en la figura
- BA es la holgura de pliegue

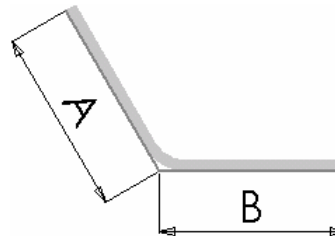


Para calcular a partir de una contracción de pliegue tendríamos tomando las medidas exteriores:

$$L_t = A + B - BD$$

Donde:

- L_t es la longitud total desdoblada
- A y B son las longitudes en la figura
- BD es la contracción de pliegue



Puede demostrarse que para doblados con un ángulo de 90°: $BA = 2(R+s) - BD$

Alibre trabaja el valor con base en holgura de pliegue (Bend Allowance) que se colocan en la casilla Unfold Leght. Existen tablas específicas que dan los valores de BA de acuerdo al tipo de material, su espesor y los ángulos de doblado.

K FACTOR

El factor K esta relacionado con la contracción de pliegue (Bend deduction) y la holgura de pliegue (Bend Allowance). Es una proporción que representa la ubicación de la fibra neutra (fibra exenta de tensiones) con respecto al espesor de la chapa metálica.

El método que utiliza Alibre para calcular las holguras de pliegue es de tipo lineal, utilizando como formula:

$$BA = p * (R + K * s) * A / 180$$

Donde:

BA es la holgura de pliegue

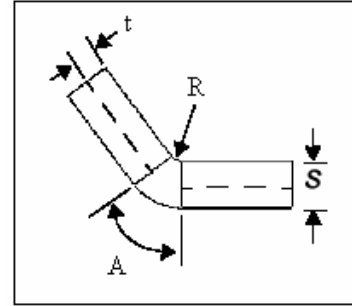
R es el radio de doblado interno

K es el factor K (t/s)

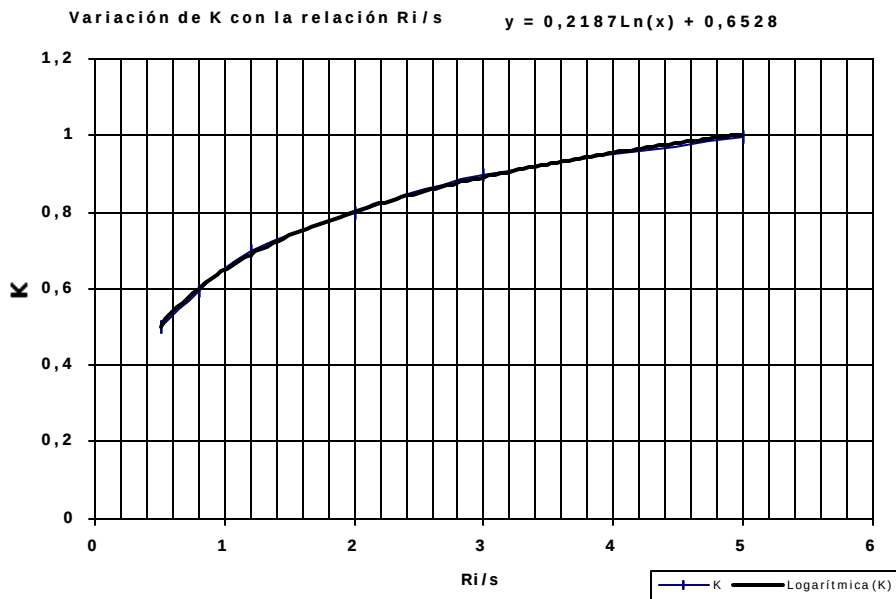
T es la distancia de la cara interior a la fibra neutra

A en el ángulo de doblado (Bend Angle) en grados

S el espesor de la lámina



Un método para calcular el factor K parte de la dependencia de este factor con el tipo de curvatura, que se relaciona con la variación de la relación R/s, teniendo entonces:



R/s	K
>=5	1
3	0,9
2	0,8
1,2	0,7
0,8	0,6
<=0,5	0,5

El inconveniente que presenta esta clase de procedimiento para determinar el valor de K es que no tiene en cuenta el tipo de material; por tal motivo solo da valores aproximados.

Otros valores son definidos directamente de tablas que dan el valor de BA o el valor del factor K de acuerdo al tipo de material y los espesores y radios de doblado seleccionados.

Tabla 5. Valores de BA para doblado de acero con bajo contenido de carbono (Aplicable a doblados a 90°)

				R (Radio interno de doblado)													
				in	1/32 in		1/16 in		3/32 in		1/8 in		1/4 in			1/2 in	
				mm	0.79	1	1.3	1.59	2	2.38	2.6	3.18	3.3	6.35	6.5	8	10
Calibre	Espesor			BA (mm) para doblez a 90°													
	No	in	in														
	1/32	0.032	0.813	1.715	2.085	2.613	3.125	3.777	4.382	4.720	5.613	5.802	10.618	10.853	13.205	16.341	20.574
21		0.033	0.836	1.725	2.092	2.618	3.126	3.778	4.383	4.721	5.613	5.803	10.635	10.871	13.223	16.359	20.592
20		0.036	0.912	1.759	2.119	2.633	3.130	3.781	4.385	4.723	5.613	5.806	10.695	10.930	13.282	16.418	20.651
		0.039	1.000	1.798	2.149	2.650	3.135	3.785	4.388	4.725	5.613	5.808	10.763	10.998	13.350	16.486	20.720
19		0.042	1.062	1.825	2.170	2.662	3.138	3.788	4.390	4.726	5.614	5.810	10.811	11.046	13.398	16.534	20.768
18		0.048	1.214	1.893	2.222	2.692	3.147	3.794	4.395	4.730	5.614	5.815	10.929	11.165	13.517	16.653	20.886
	3/64	0.050	1.270	1.918	2.241	2.703	3.150	3.797	4.397	4.731	5.614	5.817	10.973	11.208	13.560	16.696	20.930
17		0.054	1.367	1.966	2.291	2.757	3.206	3.851	4.448	4.787	5.678	5.881	11.045	11.281	13.635	16.773	21.010
		0.059	1.500	2.033	2.361	2.830	3.284	3.925	4.520	4.863	5.767	5.971	11.146	11.381	13.738	16.880	21.122
16		0.060	1.519	2.042	2.371	2.841	3.295	3.936	4.530	4.874	5.780	5.983	11.160	11.396	13.752	16.895	21.137
	1/16	0.062	1.575	2.070	2.400	2.872	3.328	3.967	4.560	4.905	5.817	6.021	11.202	11.438	13.796	16.940	21.184
15		0.067	1.709	2.146	2.474	2.942	3.395	4.039	4.635	4.979	5.884	6.089	11.311	11.547	13.903	17.044	21.285
14		0.075	1.897	2.252	2.576	3.040	3.488	4.138	4.741	5.081	5.978	6.185	11.463	11.699	14.052	17.189	21.425
	5/64	0.078	1.981	2.299	2.622	3.084	3.530	4.183	4.788	5.126	6.019	6.228	11.531	11.766	14.118	17.254	21.488
		0.079	2.000	2.308	2.631	3.093	3.540	4.192	4.797	5.136	6.029	6.238	11.545	11.781	14.133	17.269	21.504
13		0.090	2.278	2.447	2.771	3.233	3.679	4.332	4.936	5.275	6.168	6.380	11.754	11.990	14.348	17.492	21.736
	3/32	0.090	2.286	2.451	2.774	3.236	3.683	4.336	4.940	5.279	6.172	6.384	11.760	11.996	14.354	17.498	21.742
		0.098	2.500	2.561	2.886	3.350	3.799	4.452	5.056	5.387	6.258	6.472	11.925	12.161	14.518	17.661	21.903
12		0.105	2.657	2.642	2.968	3.434	3.884	4.537	5.142	5.466	6.321	6.537	12.046	12.282	14.638	17.780	22.021
		0.118	3.000	2.818	3.147	3.617	4.071	4.723	5.328	5.639	6.458	6.679	12.311	12.546	14.901	18.041	22.279
11		0.120	3.038	2.838	3.167	3.637	4.091	4.744	5.348	5.658	6.473	6.695	12.340	12.576	14.930	18.069	22.307
	1/8	0.125	3.175	2.908	3.238	3.710	4.166	4.818	5.423	5.727	6.528	6.752	12.446	12.681	15.035	18.174	22.410
10		0.135	3.416	3.042	3.372	3.844	4.300	4.950	5.553	5.863	6.681	6.900	12.457	12.697	15.094	18.290	22.605
9		0.150	3.797	3.254	3.584	4.055	4.511	5.159	5.759	6.079	6.923	7.133	12.475	12.722	15.187	18.474	22.911
		0.157	4.000	3.367	3.697	4.168	4.624	5.269	5.868	6.193	7.051	7.257	12.485	12.735	15.237	18.572	23.074
8		0.164	4.176	3.464	3.794	4.266	4.721	5.366	5.963	6.293	7.163	7.365	12.493	12.747	15.279	18.657	23.216
7		0.179	4.554	3.675	4.004	4.476	4.931	5.573	6.167	6.507	7.403	7.597	12.511	12.771	15.372	18.839	23.520
	3/16	0.188	4.775	3.797	4.127	4.599	5.054	5.694	6.286	6.632	7.543	7.732	12.522	12.786	15.426	18.946	23.698
6		0.194	4.935	3.877	4.207	4.679	5.134	5.774	6.366	6.710	7.618	7.807	12.602	12.865	15.496	19.005	23.742
		0.197	5.000	3.910	4.240	4.711	5.167	5.806	6.399	6.742	7.649	7.837	12.634	12.897	15.525	19.029	23.759
5		0.209	5.314	4.067	4.397	4.868	5.324	5.963	6.555	6.896	7.795	7.985	12.791	13.052	15.664	19.145	23.846
4		0.224	5.695	4.257	4.587	5.058	5.514	6.154	6.746	7.084	7.974	8.163	12.982	13.241	15.832	19.286	23.950
		0.236	6.000	4.410	4.740	5.211	5.667	6.306	6.899	7.234	8.117	8.307	13.135	13.392	15.967	19.400	24.034
3		0.239	6.073	4.446	4.776	5.248	5.703	6.343	6.935	7.270	8.151	8.341	13.171	13.428	15.999	19.427	24.054
	1/4	0.250	6.350	4.585	4.915	5.386	5.842	6.481	7.074	7.406	8.280	8.471	13.310	13.565	16.121	19.529	24.130
		0.276	7.000	4.935	5.263	5.730	6.182	6.827	7.425	7.759	8.641	8.831	13.650	13.905	16.456	19.858	24.450
	5/16	0.313	7.950	5.448	5.772	6.233	6.680	7.332	7.937	8.276	9.169	9.357	14.147	14.402	16.946	20.338	24.917
		0.354	9.000	5.990	6.313	6.775	7.222	7.874	8.479	8.818	9.711	9.900	14.689	14.931	17.352	20.578	24.934
	3/8	0.375	9.525	6.261	6.584	7.046	7.493	8.146	8.750	9.089	9.982	10.171	14.961	15.196	17.554	20.698	24.943
		0.394	10.000	6.506	6.830	7.292	7.738	8.391	8.996	9.334	10.227	10.416	15.214	15.449	17.805	20.947	25.188
	7/16	0.437	11.100	7.074	7.397	7.859	8.306	8.959	9.564	9.902	10.795	10.985	15.799	16.034	18.386	21.522	25.756
		0.472	12.000	7.560	7.883	8.345	8.792	9.444	10.049	10.388	11.281	11.470	16.271	16.506	18.861	22.002	26.242
	1/2	0.500	12.700	7.938	8.261	8.723	9.169	9.822	10.427	10.765	11.659	11.847	16.637	16.873	19.231	22.375	26.619

Unidad: Milímetros

Tipo: Bend Allowance based on shop practice

Material: Acero de bajo contenido de carbono (AISI SAE 1008 - 1010)

Comentario: Valores especificados son para pliegues de 90 grados

Fuente: ASM Handbook - Forming- Pagina 543

Tabla 6. Valores de K para doblado de acero con bajo contenido de carbono (Aplicable a doblados a cualquier ángulo)

				R (Radio interno de doblado)													
				in	1/32 in			1/16 in		3/32 in		1/8 in		1/4 in			1/2 in
				mm	0.79	1	1.3	1.59	2	2.38	2.6	3.18	3.3	6.35	6.5	8	10
Calibre No	Espesor			K (Para doblez a cualquier ángulo)													
	in	in	mm														
	1/32	0.032	0.813	0.37	0.40	0.45	0.49	0.50	0.50	0.50	0.48	0.48	0.50	0.50	0.50	0.50	0.49
21		0.033	0.836	0.37	0.40	0.44	0.48	0.48	0.49	0.49	0.47	0.47	0.50	0.50	0.50	0.50	0.49
20		0.036	0.912	0.36	0.38	0.41	0.44	0.45	0.45	0.45	0.43	0.43	0.50	0.50	0.50	0.50	0.49
		0.039	1.000	0.35	0.37	0.39	0.41	0.41	0.41	0.41	0.39	0.40	0.50	0.50	0.50	0.50	0.49
19		0.042	1.062	0.35	0.36	0.37	0.38	0.39	0.39	0.39	0.37	0.38	0.50	0.50	0.50	0.50	0.49
18		0.048	1.214	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.32	0.33	0.50	0.50	0.50	0.50	0.49
	3/64	0.050	1.270	0.34	0.34	0.33	0.33	0.33	0.33	0.32	0.31	0.32	0.50	0.50	0.50	0.50	0.49
17		0.054	1.367	0.34	0.34	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.32	0.33	0.50	0.50	0.50	0.50	0.49
		0.059	1.500	0.34	0.34	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
16		0.060	1.519	0.34	0.34	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.34	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
	1/16	0.062	1.575	0.34	0.34	0.34	0.34	0.33	0.33	0.33	0.33	0.34	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
15		0.067	1.709	0.34	0.34	0.34	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.34	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
14		0.075	1.897	0.34	0.34	0.33	0.33	0.33	0.34	0.33	0.33	0.34	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
	5/64	0.078	1.981	0.34	0.34	0.33	0.33	0.33	0.34	0.33	0.33	0.34	0.50	0.50	0.50	0.50	0.49
		0.079	2.000	0.34	0.34	0.33	0.33	0.33	0.34	0.33	0.33	0.34	0.50	0.50	0.50	0.50	0.49
13		0.090	2.278	0.34	0.34	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
	3/32	0.090	2.286	0.34	0.34	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
		0.098	2.500	0.34	0.33	0.33	0.33	0.33	0.34	0.33	0.32	0.33	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
12		0.105	2.657	0.34	0.33	0.33	0.33	0.33	0.34	0.33	0.32	0.32	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
		0.118	3.000	0.33	0.33	0.33	0.33	0.34	0.34	0.33	0.31	0.32	0.50	0.50	0.50	0.49	0.49
11		0.120	3.038	0.33	0.33	0.33	0.33	0.34	0.34	0.33	0.31	0.32	0.50	0.50	0.50	0.49	0.49
	1/8	0.125	3.175	0.33	0.33	0.33	0.33	0.34	0.34	0.33	0.31	0.31	0.50	0.50	0.50	0.49	0.49
10		0.135	3.416	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.33	0.31	0.32	0.46	0.46	0.47	0.48	0.49
9		0.150	3.797	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.33	0.32	0.33	0.42	0.42	0.44	0.46	0.50
		0.157	4.000	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.33	0.33	0.40	0.40	0.42	0.46	0.50
8		0.164	4.176	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.33	0.33	0.38	0.39	0.41	0.45	0.50
7		0.179	4.554	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.35	0.36	0.39	0.44	0.50
	3/16	0.188	4.775	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.38	0.43	0.50
6		0.194	4.935	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.38	0.43	0.49
		0.197	5.000	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.38	0.42	0.49
5		0.209	5.314	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.37	0.41	0.47
4		0.224	5.695	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.33	0.33	0.34	0.34	0.37	0.40	0.45
		0.236	6.000	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.33	0.33	0.33	0.34	0.34	0.36	0.39	0.43
3		0.239	6.073	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.33	0.33	0.33	0.34	0.34	0.36	0.39	0.43
	1/4	0.250	6.350	0.34	0.34	0.34	0.34	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.34	0.36	0.38	0.42
		0.276	7.000	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.33	0.33	0.33	0.33	0.34	0.35	0.38	0.41
	5/16	0.313	7.950	0.34	0.34	0.34	0.33	0.34	0.34	0.34	0.33	0.33	0.33	0.34	0.35	0.37	0.40
		0.354	9.000	0.34	0.34	0.33	0.33	0.33	0.34	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.34	0.34	0.35
	3/8	0.375	9.525	0.34	0.34	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33
		0.394	10.000	0.34	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33
	7/16	0.437	11.100	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33
		0.472	12.000	0.34	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33
	1/2	0.500	12.700	0.34	0.34	0.33	0.33	0.33	0.34	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33

Unidad: Milímetros

Tipo: K factor based on bend allowance

Material: Acero de bajo contenido de carbono (AISI SAE 1008 - 1010)

Comentario: Valores especificados deducidos a partir de los valores de BA

Fuente: ASM Handbook - Forming- Pagina 543

TABLA 7. DIAGRAMA EJEMPLO DE UNA DOBLADORA

	6	8	10	12	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125	160	200	250	320	V
S	4	5,5	7	8,5	11	14	18	22	28	35	45	55	71	89	113	140	175	226	B
mm	1	1,3	1,6	2	2,6	3,3	4	5	6,5	8	10	13	16	20	26	33	41	53	R1
0,6	4	4																	
0,8	7	5	4																
1	11	8	7	6															
1,2	6	12	10	8	6														
1,5		17	15	13	9	8													
2			27	22	17	13	11												
2,5				35	26	21	17	13											
3					38	30	24	19	15										
4						54	42	34	27	21									
5							67	52	42	33	26								
6								75	60	48	38	30							
8									107	85	68	53	43						
10										134	105	85	67	53					
12												120	96	78	60				
15													150	120	95	75			F
20														215	170	135	108	85	t/m
25															265	210	170	130	

S<3mm

v= 6 - 8 mm

3<S<10mm

v=8 -10 S

S>10mm

v=12 S

Material 45 Kg/mm²