

ANEXO 1. Coeficientes de dilatación térmica lineal¹⁸

Material	Coeficiente de dilatación térmica a diferentes temperaturas, 100 in/ft														
	°F		200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400
	70	21	93	149	205	260	316	371	427	482	538	593	649	705	760
Acero de carbon: acero carbon-mnly y cromo-bajo (hasta 3% Cr)	0	0.99	1.82	2.7	3.62	4.6	5.63	6.7	7.81	8.89	10.04	11.1	12.22	13.34	
Aceros de aleación de Intermetale 5 Cr Mo-9 Cr Mo	0	0.94	1.71	3.5	3.35	4.24	5.14	6.1	7.07	8.06	9.05	10	11.06	12.05	
Acero inoxidable austenitic	0	1.46	2.61	3.8	5.01	6.24	7.5	8.8	10.12	11.48	12.84	14.2	15.56	16.92	
Aceros inoxidables de cromo 12 Cr, 17 Cr, y 27 Cr	0	0.86	1.56	2.3	3.08	3.9	4.73	5.6	6.49	7.4	8.3	9.2	10.11	11.01	
25 Cr-20 Ni	0	1.21	2.18	3.2	4.24	5.33	6.44	7.6	8.78	9.95	11.12	12.31	13.46	14.65	
Monel 67: Ni-30 Cu	0	1.22	2.21	3.25	4.33	5.46	6.64	7.85	9.12	10.42	11.77	13.15	14.58	16.02	
Monel 66: Ni-29 CuAl	0	1.17	2.12	3.13	4.17	5.28	6.43	7.62	8.86	10.16	11.5	13	14.32	15.78	
Aluminio	0	2	3.65	5.39	7.17	9.03	-	-	-	-	-	-	-	-	
Hierro fundido gris	0	0.9	1.64	2.42	3.24	4.11	5.03	5.98	6.97	8.02	-	-	-	-	
Bronce	0	1.56	2.79	4.05	5.33	6.64	7.95	9.3	10.68	12.05	13.47	14.92	-	-	
Latón	0	1.52	2.76	4.05	5.4	6.8	8.26	9.78	11.35	12.98	14.65	16.39	-	-	
Hierro forjado	0	1.14	2.06	3.01	3.99	5.01	6.06	7.12	8.26	9.36	-	-	-	-	
Cobre-Niquel	0	1.33	2.4	3.52	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

¹⁸ <http://www.hosemaster.com/es/products/technical/thermalexpansion.php>

ANEXO 2. Factores de intensificación¹⁹

Description	Flexibility Factor, k	Stress Intensification Factor [Notes (2), (3)]		Flexibility Characteristic, h	Sketch
		Out-of-Plane, i_o	In-Plane, i_i		
Welding elbow or pipe bend [Notes (2), (4)-(7)]	$\frac{1.65}{h}$	$\frac{0.75}{h^{2/3}}$	$\frac{0.9}{h^{2/3}}$	$\frac{\bar{T} R_1}{r_2^2}$	
Closely spaced miter bend $s < r_2 (1 + \tan \theta)$ [Notes (2), (4), (5), (7)]	$\frac{1.52}{h^{5/6}}$	$\frac{0.9}{h^{2/3}}$	$\frac{0.9}{h^{2/3}}$	$\frac{\cot \theta}{2} \left(\frac{\bar{T}}{r_2^2} \right)$	
Single miter bend or widely spaced miter bend $s \geq r_2 (1 + \tan \theta)$ [Notes (2), (4), (7)]	$\frac{1.52}{h^{5/6}}$	$\frac{0.9}{h^{2/3}}$	$\frac{0.9}{h^{2/3}}$	$\frac{1 + \cot \theta}{2} \left(\frac{\bar{T}}{r_2} \right)$	
Welding tee per ASME B16.9 [Notes (2), (4), (6), (11), (13)]	1	$\frac{0.9}{h^{2/3}}$	$\frac{3}{4} i_o + \frac{1}{4}$	$3.1 \frac{\bar{T}}{r_2}$	
Reinforced fabricated tee with pad or saddle [Notes (2), (4), (8), (12), (13)]	1	$\frac{0.9}{h^{2/3}}$	$\frac{3}{4} i_o + \frac{1}{4}$	$\frac{(\bar{T} + \frac{1}{2} \bar{T}_r)^{2.5}}{\bar{T}^{1.5} r_2}$	

¹⁹ ASME B31.3. Power Piping, 2002

TABLE D-300¹ (CONT'D)
FLEXIBILITY FACTOR, k AND STRESS INTENSIFICATION FACTOR, I

Description	Flexibility Factor, k	Stress Intensification Factor [Notes (2), (3)]		Flexibility Characteristic, h	Sketch
		Out-of-Plane, i_o	In-Plane, i_i		
Unreinforced fabricated tee [Notes (2), (4), (12), (13)]	1	$\frac{0.9}{h^{2/5}}$	$\frac{3}{4}i_o + \frac{1}{4}$	$\frac{\bar{T}}{r_2}$	
Extruded welding tee with $r_x \geq 0.05 D_b$ $T_c < 1.5 \bar{T}$ [Notes (2), (4), (13)]	1	$\frac{0.9}{h^{2/5}}$	$\frac{3}{4}i_o + \frac{1}{4}$	$\left(1 + \frac{r_x}{r_2}\right) \frac{\bar{T}}{r_2}$	
Welded-in contour insert [Notes (2), (4), (11), (13)]	1	$\frac{0.9}{h^{2/5}}$	$\frac{3}{4}i_o + \frac{1}{4}$	$3.1 \frac{\bar{T}}{r_2}$	
Branch welded-on fitting (integrally reinforced) [Notes (2), (4), (9), (12)]	1	$\frac{0.9}{h^{2/5}}$	$\frac{0.9}{h^{2/5}}$	$3.3 \frac{\bar{T}}{r_2}$	



ANEXO 3. Tablas de selección de soportes flexibles de carga constante²⁰

Tamaño soporte	DESPLAZAMIENTO TOTAL (IN); CARGA (LBS)															
	1 1/2	2	2 1/2	3	3 1/2	4	4 1/2	5	5 1/2	6	6 1/2	7	7 1/2	8	8 1/2	
1	144	108	86	72	62	54	48	43	39	36	33	31	29	27	-	
2	173	130	104	87	74	65	58	52	47	43	40	37	35	33	-	
3	204	153	122	102	87	77	68	61	56	51	47	44	41	38	-	
4	233	175	140	117	100	88	78	70	64	58	54	50	47	44	-	
5	280	210	168	140	120	105	93	84	76	70	65	60	56	53	-	
6	327	245	196	163	140	123	109	98	89	82	75	70	65	61	-	
7	373	280	224	187	160	140	124	112	102	93	86	80	75	70	-	
8	451	338	270	225	193	169	150	135	123	113	104	97	90	85	-	
9	527	395	316	263	226	198	176	158	144	132	122	113	105	99	-	
10	600	450	360	300	257	225	200	180	164	150	138	129	120	113	-	
11	727	545	436	363	311	273	242	218	198	182	168	156	145	136	-	
12	851	638	510	425	365	319	284	255	232	213	196	182	170	160	-	
13	977	733	586	489	419	367	326	293	267	244	226	209	195	183	-	
14	1,177	883	706	589	505	442	392	353	321	294	272	252	235	221	-	
15	1,373	1,030	824	687	589	515	458	412	375	343	317	294	275	258	-	
16	1,573	1,180	944	787	674	590	524	472	429	393	363	337	315	295	-	
17	1,893	1,420	1,136	947	811	710	631	568	516	473	437	406	379	355	-	
18	2,217	1,663	1,330	1,109	950	832	739	665	605	554	512	475	443	416	-	
19	2,540	1,905	1,524	1,270	1,089	953	847	762	693	635	586	544	508	476	-	
20	-	2,025	1,620	1,350	1,157	1,013	900	810	736	675	623	579	540	506	448	
21	-	2,145	1,716	1,430	1,226	1,073	953	858	780	715	660	613	572	536	476	
22	-	2,335	1,868	1,557	1,334	1,168	1,038	934	849	778	718	667	623	584	505	
23	-	2,525	2,020	1,683	1,443	1,263	1,122	1,010	918	842	777	721	673	631	549	
24	-	2,710	2,168	1,807	1,549	1,355	1,204	1,080	985	903	834	775	723	678	594	
25	-	2,910	2,328	1,940	1,663	1,455	1,293	1,164	1,058	970	895	831	776	728	638	
26	-	3,110	2,488	2,073	1,777	1,555	1,382	1,244	1,131	1,037	957	889	829	778	685	
27	-	3,310	2,648	2,207	1,891	1,655	1,471	1,324	1,204	1,103	1,018	946	883	828	732	
28	-	3,630	2,904	2,420	2,074	1,815	1,613	1,452	1,320	1,210	1,117	1,037	968	908	779	
29	-	3,950	3,160	2,633	2,257	1,975	1,756	1,580	1,436	1,317	1,215	1,129	1,053	988	854	
30	-	4,270	3,416	2,847	2,440	2,135	1,898	1,708	1,553	1,423	1,314	1,220	1,139	1,068	929	
	-	4,535	3,628	3,023	2,591	2,268	2,016	1,814	1,649	1,512	1,395	1,296	1,209	1,134	1,005	
	-														1,067	

²⁰ Catálogo de productos CORACI S.A.

Tamaño soporte	DESPLAZAMIENTO TOTAL (IN); CARGA (LBS)															
	1 1/2	2	2 1/2	3	3 1/2	4	4 1/2	5	5 1/2	6	6 1/2	7	7 1/2	8	8 1/2	
31	-	4,795	3,836	3,197	2,740	2,398	2,131	1,918	1,744	1,598	1,475	1,370	1,279	1,199	1,128	
32	-	5,060	4,048	3,373	2,891	2,530	2,249	2,024	1,840	1,687	1,557	1,446	1,349	1,265	1,191	
33	-	5,295	4,236	3,530	3,026	2,648	2,353	2,118	1,925	1,765	1,629	1,513	1,412	1,324	1,246	
34	-	5,525	4,420	3,683	3,157	2,763	2,456	2,210	2,009	1,842	1,700	1,579	1,473	1,381	1,300	
35	-	-	4,696	3,913	3,354	2,935	2,609	2,348	2,135	1,957	1,806	1,677	1,565	1,468	1,381	
36	-	-	4,968	4,140	3,549	3,105	2,760	2,484	2,258	2,070	1,911	1,774	1,656	1,553	1,461	
37	-	-	5,240	4,367	3,743	3,275	2,911	2,620	2,382	2,183	2,015	1,871	1,747	1,638	1,541	
38	-	-	5,616	4,680	4,011	3,510	3,120	2,808	2,553	2,340	2,160	2,006	1,872	1,755	1,652	
39	-	-	5,988	4,990	4,277	3,743	3,327	2,994	2,722	2,495	2,303	2,139	1,996	1,871	1,761	
40	-	-	6,360	5,300	4,543	3,975	3,533	3,180	2,891	2,650	2,446	2,271	2,120	1,988	1,871	
41	-	-	6,976	5,813	4,983	4,360	3,876	3,488	3,171	2,907	2,683	2,491	2,325	2,180	2,052	
42	-	-	7,588	6,323	5,420	4,743	4,216	3,794	3,449	3,162	2,919	2,710	2,529	2,371	2,232	
43	-	-	8,200	6,833	5,857	5,125	4,556	4,100	3,727	3,417	3,154	2,929	2,733	2,563	2,412	
44	-	-	8,724	7,270	6,231	5,453	4,847	4,362	3,965	3,635	3,355	3,116	2,908	2,726	2,566	
45	-	-	9,284	7,737	6,631	5,803	5,158	4,642	4,220	3,868	3,571	3,316	3,095	2,901	2,731	
46	-	-	9,760	8,133	6,971	6,100	5,422	4,880	4,436	4,067	3,754	3,486	3,253	3,050	2,871	
47	-	-	10,376	8,647	7,411	6,485	5,764	5,188	4,716	4,323	3,991	3,706	3,459	3,243	3,052	
48	-	-	10,988	9,157	7,848	6,868	6,104	5,494	4,995	4,578	4,226	3,924	3,663	3,434	3,232	
49	-	-	11,600	9,667	8,286	7,250	6,444	5,800	5,273	4,833	4,462	4,143	3,867	3,625	3,412	
50	-	-	-	10,367	8,886	7,775	6,911	6,220	5,655	5,183	4,785	4,443	4,147	3,888	3,659	
51	-	-	-	11,067	9,486	8,300	7,378	6,640	6,036	5,533	5,108	4,743	4,427	4,150	3,906	
52	-	-	-	11,847	10,154	8,885	7,898	7,108	6,462	5,923	5,468	5,077	4,739	4,443	4,181	
53	-	-	-	12,623	10,820	9,468	8,415	7,574	6,886	6,311	5,826	5,410	5,049	4,734	4,455	
54	-	-	-	13,400	11,486	10,050	8,933	8,040	7,309	6,700	6,185	5,743	5,360	5,025	4,730	
55	-	-	-	14,713	12,611	11,035	9,809	8,828	8,026	7,356	6,791	6,306	5,885	5,518	5,193	
56	-	-	-	16,023	13,734	12,018	10,682	9,614	8,740	8,011	7,396	6,867	6,409	6,009	5,655	
57	-	-	-	17,333	14,857	13,000	11,555	10,400	9,455	8,666	8,000	7,429	6,933	6,500	6,118	
58	-	-	-	18,423	15,791	13,818	12,282	11,054	10,049	9,211	8,503	7,896	7,369	6,809	6,503	
59	-	-	-	19,510	16,723	14,633	13,007	11,706	10,642	9,755	9,005	8,362	7,804	7,316	6,886	
60	-	-	-	20,600	17,657	15,450	13,733	12,360	11,236	10,300	9,508	8,829	8,240	7,725	7,271	

Tamaño soporte	DESPLAZAMIENTO TOTAL (IN); CARGA (LBS)															
	1 1/2	2	2 1/2	3	3 1/2	4	4 1/2	5	5 1/2	6	6 1/2	7	7 1/2	8	8 1/2	
61	-	-	-	21,890	18,763	16,418	14,593	13,134	11,940	10,945	10,103	9,382	8,756	8,209	7,726	
62	-	-	-	23,176	19,665	17,383	15,451	13,906	12,642	11,588	10,697	9,933	9,270	8,691	8,180	
63	-	-	-	24,463	20,968	18,348	16,309	14,678	13,344	12,231	11,291	10,484	9,785	9,174	8,634	
64	-	-	-	-	-	19,225	17,089	15,380	13,982	12,816	11,831	10,986	10,253	9,613	9,047	
65	-	-	-	-	-	20,100	17,866	16,080	14,618	13,400	12,370	11,486	10,720	10,050	9,459	
66	-	-	-	-	-	22,068	19,615	17,654	16,049	14,711	13,580	12,610	11,769	11,034	10,385	
67	-	-	-	-	-	24,033	21,362	19,226	17,478	16,021	14,790	13,733	12,817	12,016	11,310	
68	-	-	-	-	-	26,000	23,111	20,800	18,909	17,333	16,000	14,857	13,866	13,000	12,236	
69	-	-	-	-	-	27,635	24,564	22,108	20,098	18,423	17,007	15,792	14,738	13,818	13,005	
70	-	-	-	-	-	29,268	26,015	23,414	21,286	19,511	18,011	16,725	15,609	14,632	13,773	
71	-	-	-	-	-	30,900	27,466	24,720	22,473	20,599	19,016	17,657	16,480	15,450	14,542	
72	-	-	-	-	-	32,835	29,186	26,268	23,880	21,889	20,207	18,763	17,512	16,418	15,452	
73	-	-	-	-	-	34,768	30,904	27,814	25,286	23,177	21,396	19,868	18,542	17,384	16,362	
74	-	-	-	-	-	36,700	32,622	29,360	26,691	24,466	22,585	20,972	19,573	18,350	17,271	
75	-	-	-	-	-	38,800	34,489	31,040	28,218	25,866	23,878	22,172	20,693	19,400	18,259	
76	-	-	-	-	-	40,900	36,355	32,720	29,746	27,266	25,170	23,372	21,813	20,450	19,248	
77	-	-	-	-	-	43,000	38,222	34,400	31,273	28,666	26,462	24,572	22,933	21,500	20,236	
78	-	-	-	-	-	45,335	40,297	36,268	32,971	30,222	27,899	25,906	24,178	22,668	21,335	
79	-	-	-	-	-	47,668	42,371	38,134	34,668	31,779	29,335	27,239	25,422	23,834	22,432	
80	-	-	-	-	-	50,000	44,444	40,000	36,364	33,332	30,770	28,572	26,666	25,000	23,530	
81	-	-	-	-	-	52,500	46,666	42,000	38,182	35,000	32,309	30,000	27,999	26,250	24,707	
82	-	-	-	-	-	55,000	48,888	44,000	40,000	36,665	33,847	31,429	29,333	27,500	25,883	
83	-	-	-	-	-	57,500	51,111	46,000	41,819	38,332	35,386	32,858	30,666	28,750	27,060	
84	-	-	-	-	-	-	-	49,200	44,728	40,998	37,847	35,144	32,799	30,750	28,942	
85	-	-	-	-	-	-	-	52,400	47,637	43,665	40,309	37,429	34,932	32,750	30,824	
86	-	-	-	-	-	-	-	55,400	50,364	46,165	42,616	39,572	36,932	34,625	32,589	
87	-	-	-	-	-	-	-	58,400	53,091	48,665	44,924	41,715	38,932	36,500	34,354	
88	-	-	-	-	-	-	-	61,400	55,819	51,165	47,232	43,858	40,932	38,375	36,119	
89	-	-	-	-	-	-	-	66,000	60,000	54,998	50,771	47,144	43,999	41,250	38,825	
90	-	-	-	-	-	-	-	-	-	61,331	56,617	52,572	49,065	46,000	43,295	

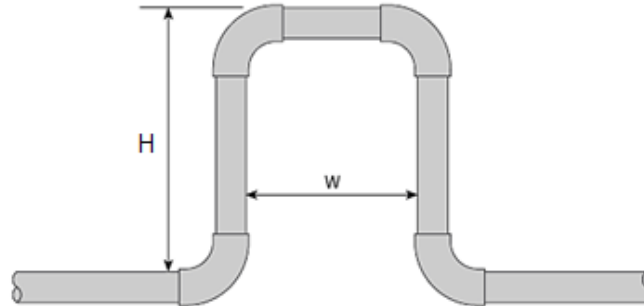
ANEXO 4. Tablas de selección de soportes flexibles de carga variable²¹

Rango de trabajo (in) de los diferentes tipos de soportes		TABLA DE CARGAS (Lbs) PARA SELECCIÓN DEL TAMAÑO DE SOPORTES																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
		Tamaño de soporte																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
		82, 268, 98, Triple & Quadruple Spring																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
Quad.	Triple	98	B-268	82	268																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
					0	0	0	1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6	7	7	8	8	9	9																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
2	1 1/2	1	1/2	1/4	7	19	43	63	81	105	141	189	252	336	450	600	7	20	44	66	84	109	147	197	263	350	469	625	8	22	46	68	88	114	153	206	273	364	488	650	9	24	48	71	91	118	159	213	284	378	506	675	10	26	50	74	95	123	165	221	294	392	525	700	11	28	52	76	98	127	170	228	305	406	544	725	12	30	54	79	101	131	176	236	315	420	563	750	12	31	56	81	105	136	182	244	326	434	581	775	14	34	58	84	108	140	188	252	336	448	600	800	14	35	59	87	111	144	194	260	347	462	619	825	15	38	61	89	115	149	200	268	357	476	638	850	16	40	63	92	118	153	206	276	368	490	656	875	17	41	65	95	122	158	212	284	378	504	675	900	18	43	67	97	125	162	217	291	389	518	694	925	19	45	69	100	128	166	223	299	399	532	713	950	20	47	71	102	132	171	229	307	410	546	731	975	21	49	73	105	135	175	235	315	420	560	750	1,000	21	50	74	108	138	179	241	323	431	574	769	1,025	22	53	76	110	142	184	247	331	441	588	788	1,050	23	55	78	113	145	188	253	339	452	602	806	1,075	24	56	80	116	149	193	258	347	462	616	825	1,100	25	58	82	118	152	197	264	354	473	630	844	1,125	26	60	84	121	155	201	270	362	483	644	863	1,150	27	62	86	123	159	206	276	370	494	658	881	1,175	28	64	88	126	162	210	282	378	504	672	900	1,200	28	66	89	129	165	214	288	386	515	686	919	1,225	29	68	91	131	169	219	294	394	525	700	938	1,250	30	70	93	134	172	223	300	402	536	714	956	1,275	31	72	95	137	176	228	306	410	546	728	975	1,300
					Spring Rate (lbs/in)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
					82	268	98	Triple	Quadruple	54	70	94	126	168	224	300	400	27	35	47	63	84	112	150	200	13	17	23	31	42	56	75	100	9	12	16	21	28	37	50	67	7	9	12	16	21	28	38	50																																																																																																																																																																																																																																																																																																															

²¹ Catálogo de productos CORACI S.A.

TABLA DE CARGAS (Lbs) PARA SELECCIÓN DEL TAMAÑO DE SOPORTES																	
Tamaño de soporte																	
82, 268, 98, Triple & Quadruple Spring																	
10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	Rango de trabajo (in) de los diferentes tipos de soportes				
													Quad.	Triple	98	B-268	82
780	1,020	1,350	1,800	2,400	3,240	4,500	6,000	7,990	10,610	14,100	18,750	25,005	1/4	1/2	1	1 1/2	2
813	1,063	1,406	1,875	2,500	3,375	4,688	6,250	8,322	11,053	14,588	19,531	26,047					
845	1,105	1,463	1,950	2,600	3,510	4,875	6,500	8,655	11,495	15,275	20,313	27,089					
878	1,148	1,519	2,025	2,700	3,645	5,063	6,750	8,987	11,938	15,863	21,094	28,131					
910	1,190	1,575	2,100	2,800	3,780	5,250	7,000	9,320	12,380	16,450	21,875	29,173	0	0	0	0	0
943	1,233	1,631	2,175	2,900	3,915	5,438	7,250	9,652	12,823	17,038	22,656	30,215					
975	1,275	1,688	2,250	3,000	4,050	5,625	7,500	9,985	13,265	17,625	23,438	31,256					
1,008	1,318	1,744	2,325	3,100	4,185	5,813	7,750	10,317	13,708	18,213	24,219	32,298					
1,040	1,360	1,800	2,400	3,200	4,320	6,000	8,000	10,650	14,150	18,800	25,000	33,340					
1,073	1,403	1,856	2,475	3,300	4,455	6,188	8,250	10,982	14,592	19,388	25,781	34,382	1/4	1/2	1	1 1/2	2
1,105	1,445	1,913	2,550	3,400	4,590	6,375	8,500	11,315	15,035	19,975	26,563	35,424					
1,138	1,488	1,969	2,625	3,500	4,725	6,563	8,750	11,647	15,477	20,563	27,344	36,466					
1,170	1,530	2,025	2,700	3,600	4,860	6,750	9,000	11,980	15,920	21,150	28,125	37,508					
1,203	1,573	2,081	2,775	3,700	4,995	6,938	9,250	12,312	16,362	21,738	28,906	38,549	1/2	1	2	3	4
1,235	1,615	2,138	2,850	3,800	5,130	7,125	9,500	12,645	16,805	22,325	29,688	39,591					
1,268	1,658	2,194	2,925	3,900	5,265	7,313	9,750	12,977	17,247	22,913	30,469	40,633					
1,300	1,700	2,250	3,000	4,000	5,400	7,500	10,000	13,310	17,690	23,500	31,250	41,675					
1,333	1,743	2,306	3,075	4,100	5,535	7,688	10,250	13,642	18,132	24,088	32,031	42,717	3/4	1 1/2	3	4 1/2	6
1,365	1,785	2,363	3,150	4,200	5,670	7,875	10,500	13,975	18,575	24,675	32,813	43,759					
1,398	1,828	2,419	3,225	4,300	5,805	8,063	10,750	14,307	19,017	25,263	33,594	44,801					
1,430	1,870	2,475	3,300	4,400	5,940	8,250	11,000	14,640	19,460	25,850	34,375	45,843					
1,463	1,913	2,531	3,375	4,500	6,075	8,438	11,250	14,972	19,902	26,438	35,156	46,885					
1,495	1,955	2,588	3,450	4,600	6,210	8,625	11,500	15,305	20,345	27,025	35,938	47,926	1	2	4	6	8
1,528	1,998	2,644	3,525	4,700	6,345	8,813	11,750	15,637	20,787	27,613	36,719	48,968					
1,560	2,040	2,700	3,600	4,800	6,480	9,000	12,000	15,970	21,230	28,200	37,500	50,010	1 1/4	2 1/2	5	7 1/2	10
1,593	2,083	2,756	3,675	4,900	6,615	9,188	12,250	16,302	21,672	28,788	38,281	51,052					
1,625	2,125	2,813	3,750	5,000	6,750	9,375	12,500	16,635	22,115	29,375	39,063	52,094	1/4	1/2	1	1 1/2	2
1,658	2,168	2,869	3,825	5,100	6,885	9,563	12,750	16,967	22,557	29,963	39,844	53,136					
1,690	2,210	2,925	3,900	5,200	7,020	9,750	13,000	17,300	23,000	30,550	40,625	54,178					
Spring Rate (lbs/in)																	
520	680	900	1,200	1,600	2,160	3,000	4,000	5,320	7,080	9,400	12,500	16,670	82				
260	340	450	600	800	1,080	1,500	2,000	2,660	3,540	4,700	6,250	8,335	E-268				
130	170	225	300	400	540	750	1,000	1,330	1,770	2,350	3,125	4,167	98				
87	113	150	200	267	360	500	667	887	1,180	1,567	2,083	2,778	Triple				
65	85	113	150	200	270	375	500	665	885	1,175	1,563	2,084	Quadruple				

ANEXO 5. Dimensiones comerciales de Lazos de expansión²²



Diám. Nom. (in)	ΔL (in)	Tamaño de lazo	
		H (ft)	W (ft)
3/4	0.00 - 1.50	4	2
	1.50 - 6.00	6	3
1	6.00 - 1.00	4	2
	1.00 - 4.14	6	3
1 1/4	0.00 - 0.93	4	2
	0.93 - 3.33	6	3
	3.33 - 5.56	8	4
1 1/2	0.00 - 0.88	4	2
	0.88 - 2.75	6	3
	2.75 - 4.75	8	4
2	0.00 - 0.85	4	2
	0.85 - 2.38	6	3
	2.38 - 4.00	8	4
2 1/2	0.00 - 0.78	4	2
	0.78 - 2.14	6	3
	2.14 - 3.71	8	4
	3.71 - 5.31	10	5
3	0.00 - 0.72	4	2
	0.72 - 1.78	6	3
	1.78 - 3.00	8	4
	3.00 - 4.35	10	5

Diám. Nom. (in)	ΔL (in)	Tamaño de lazo
-----------------	-----------------	----------------

²² Catálogo de productos CORACI S.A.

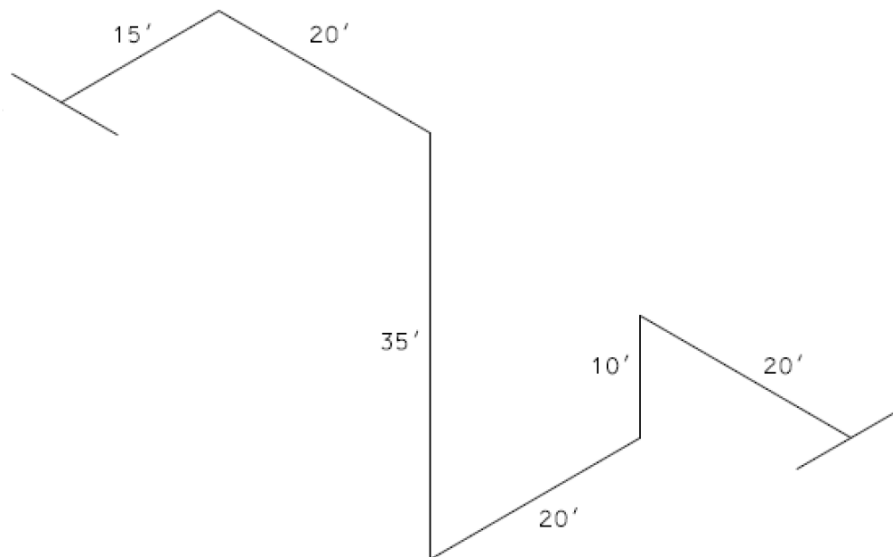
		H (ft)	W (ft)
3 1/2	0.00 - 0.68	4	2
	0.68 - 1.35	6	3
	1.35 - 2.70	8	4
	2.70 - 3.84	10	5
	3.84 - 5.00	12	6
4	0.00 - 0.63	4	2
	0.63 - 1.45	6	3
	1.45 - 2.41	8	4
	2.41 - 3.45	10	5
	3.45 - 4.52	12	6
5	0.00 - 0.42	4	2
	0.42 - 1.27	6	3
	1.27 - 2.12	8	4
	2.12 - 3.00	10	5
	3.00 - 3.96	12	6
	3.96 - 4.13	14	7
6	0.00 - 0.46	4	2
	0.46 - 1.16	6	3
	1.16 - 1.87	8	4
	1.87 - 2.35	10	5
	2.35 - 3.51	12	6
	3.51 - 4.26	14	7
8	0.00 - 0.54	4	2
	0.54 - 1.00	6	3
	1.00 - 1.64	8	4
	1.64 - 2.30	10	5
	2.30 - 2.95	12	6
	2.95 - 3.64	14	7
	3.64 - 4.35	16	8

Diám. Nom. (in)	ΔL (in)	Tamaño de lazo	
		H (ft)	W (ft)
10	0.00 - 0.42	4	2
	0.42 - 0.91	6	3
	0.91 - 1.44	8	4
	1.44 - 2.00	10	5
	2.00 - 2.57	12	6
	2.57 - 3.16	14	7
	3.16 - 3.80	16	8
	3.80 - 4.14	18	9
12-14	0.00 - 0.39	4	2
	0.39 - 0.87	6	3
	0.87 - 1.34	8	4
	1.34 - 1.88	10	5
	1.88 - 2.43	12	6
	2.43 - 3.00	14	7
	3.00 - 3.57	16	8
	3.57 - 4.14	18	9
16	0.00 - 0.41	4	2
	0.41 - 0.85	6	3
	0.85 - 1.32	8	4
	1.32 - 1.83	10	5
	1.83 - 2.34	12	6
	2.34 - 2.86	14	7
	2.86 - 3.43	16	8
	3.43 - 4.00	18	9

ANEXO 6. Ejemplo de pre evaluación de un tramo de tubería

Las condiciones de trabajo serán iguales a las del ejemplo de cálculo desarrollado en el acápite 4.2.

- Tubería de diámetro nominal 8"
- Diámetro exterior 8.625"
- Temperatura máxima de trabajo: 566 °C
- Material de tubería: Acero de bajo cromo
- Coeficiente de expansión del material a la temperatura de trabajo: 0,0946 pulg./pie



Utilizando el método de pre evaluación según el código ASME. Inicialmente se calcula la longitud de la tubería desarrollada.

$$L = \sum_{i=1}^6 L_i = 15 + 20 + 35 + 20 + 10 + 20 = 120'$$

Asimismo, para calcular la expansión térmica resultante, se aplica la Eq 1.11:

$$\Delta x = 0.0946(15 + 20) = 3.308''$$

$$\Delta y = 0.0946(20 + 20) = 3.78''$$

$$\Delta z = 0.0946(35 + 10) = 4.253''$$

$$\Delta = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2 + \Delta z^2} = \sqrt{3.308^2 + 3.78^2 + 4.253^2} = 6.582''$$

$$U = \sqrt{(15 + 20)^2 + (20 + 20)^2 + (35 - 10)^2} = 69.64'$$

Aplicando la Eq 1.10:

$$\frac{D\Delta}{(L - U)^2} = \frac{(8.625'')(6.582'')}{(120 - 69.64)^2} = 1.127 \frac{in^2}{ft^2}$$

Según el código de diseño ASME B31, el análisis de flexibilidad del sistema es imperativo, ya que el resultado anterior es mayor a 0.03, límite definido por el código.

ANEXO 7. Selección de número y características de lazo de expansión

El procedimiento de selección se explicará utilizando un breve ejemplo de aplicación.

Se tiene un tramo recto de tubería de Dn 8" SCH 80 de 100 pies de longitud transportando fluido a temperatura de 900°F (482°C). Donde las características son:

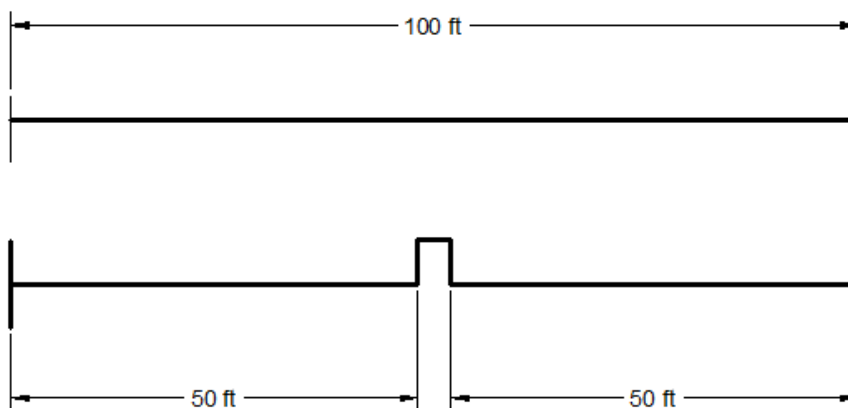
$$\alpha = 0.0781 \text{ in/ft}$$

$$E = 2.11(10^{11}) \text{ Pa}$$

$$D_{ext} = 8.625 \text{ in}$$

$$\Delta x = 0.0781 \frac{\text{in}}{\text{ft}} \times 100 \text{ ft} = 7.81 \text{ in}$$

$$S_A = 10.31 \text{ ksi}$$



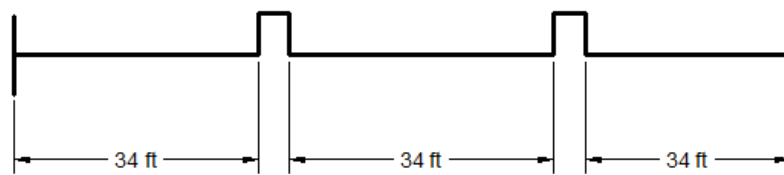
Comienza un proceso iterativo, primero se ubica un solo lazo de expansión. La deformación total del tramo recto se dividirá en dos tramos como se observa en la figura. Aplicando la Eq 3.1 despejando la altura mínima que debe tener el lazo, se obtiene:

$$H_{min} = \sqrt{\frac{3 \cdot E \cdot D \cdot \left(\frac{\Delta x}{2}\right)}{S_A}} = 24.7 \text{ pies}$$

De esta forma, si se ubica un lazo de expansión, este debe ser mínimo de 25 pies. Sin embargo, para un lazo de 8", no hay medidas comerciales (ver ANEXO 5. Dimensiones comerciales de Lazos de expansión).

Por ello se intentará colocando dos lazos de expansión y se recalculará la altura mínima aplicando la Eq 3.1. Recordar que esta vez, el desplazamiento causado por efectos térmicos se dividirá en 4 deformaciones.

$$H_{min} = \sqrt{\frac{3 \cdot E \cdot D \cdot \left(\frac{\Delta x}{4}\right)}{2 \cdot S_A}} = 17.5 \text{ pies}$$



Lo cual es aceptable, ya que se acerca a la mínima altura admitida en tuberías de 8": 16 pies. Este resultado es aceptable ya que el cálculo no ha descontado el ancho de los lazos de expansión. Si se requiere un resultado más conservador, ubicar 4 lazos y la altura mínima será: 14.29 pies. Lo que resulta en lazos de 16 pies de alto.

ANEXO 8. Selección de Juntas de Expansión

Las características de una junta de expansión se deben obtener del proveedor. En forma de ejemplo se adjunta la siguiente tabla que contiene propiedades de una junta de expansión simple.

Tamaño	Área efectiva (in ²)	Constante de resorte (lb/in)					
		Corto			Largo		
		50 psi	150 psi	300 psi	50 psi	150 psi	300 psi
2	6	590	595	731	315	320	453
3	12	345	349	1138	231	240	759
4	19	800	803	1175	231	240	888
5	29	985	987	2059	465	480	961
6	40	1170	1181	2456	549	555	1146
8	66	1220	1235	2791	609	620	1395
10	104	1655	1669	2996	750	760	1226
12	146	784	1815	4586	435	957	2293
14	183	2200	3960	5120	1100	1990	2560



Para seleccionar las características de un accesorio de este tipo, se solucionará el mismo ejemplo que se desarrolló en el ANEXO 8. Selección de Juntas de Expansión. Adicionalmente, la presión de trabajo del sistema es 120 psi, por lo tanto el accesorio debe ser de clase 150.

$$\Delta x = 7.81 \text{ in}$$

$$S_A = 10.31 \text{ ksi}$$

Aplicando la Eq 1.5 determinamos el esfuerzo que soporta la tubería sin ningún tipo de alivio, este esfuerzo es:

$$\alpha = 0.0781 \text{ in/ft}$$

$$E = 2.11(10^{11}) \text{ Pa}$$

$$\sigma = \alpha E = 200 \text{ ksi}$$

Esto colapsaría el sistema sin lugar a dudas, el esfuerzo máximo a esas condiciones es de 10.31 ksi. Con el alivio de la junta de expansión, la fuerza que ejerce la junta sobre la tubería es de:

$$F_j = F_p + F_e$$

Donde: F_j es la fuerza total ejercida por la junta aplicada (N)
 F_p es el fuerza ejercida por la presión de trabajo (N)
 F_e es la fuerza ejercida por la deformación

Seleccionando la junta de expansión de clase 150 y de tamaño 8 pulgadas corta.

$$F_p = 120 \text{ psi} \cdot 66 \text{ in}^2 = 7920 \text{ lbf}$$

$$F_e = \frac{1}{2} \cdot 1235 \frac{\text{lb}}{\text{in}} \cdot \Delta x = 4822 \text{ lbf}$$

$$F_j = 12742 \text{ lbf}$$

Las características de la tubería de 8" SHC 80 son:

$$D_{ext} = 8.625 \text{ in}$$

$$D_i = 7.625 \text{ in}$$

$$A = 12.763 \text{ in}^2$$

Por tanto, el esfuerzo ejercido sobre la tubería con la junta de expansión instalada es:

$$S = \frac{F_p + F_e}{A} = 0.998 \text{ ksi} < S_A = 10.31 \text{ ksi}$$