



**Respuesta a la nota DEIA-DEEIA-AC-0007-1301-2023, relacionado al EsIA Cat. II,
Proyecto “ADECUACIÓN DE TERRENO”,**

Promotor: INVERSIONES VILLA MARINA. S.A

Ubicación: Corregimiento de Oria Arriba, Distrito de Pedasí y Provincia de Los Santos

Elaborado por: Roberto Caicedo /Registro: DEIA-IRC-040-2021

Juan Ortega/ Registro: IRC-057-2009

Enero 2023

En seguimiento de la solicitud de información aclaratoria, emitida mediante la nota DEIA-DEEIA-AC-0007-1301-2023, relacionado el Estudio de Impacto Ambiental categoría II, del proyecto denominado **ADECUACIÓN DE TERRENO, promovido por la sociedad INVERSIONES VILLA MARINA, S.A.**, indicamos lo siguiente:

1. La nota DRLS-1445-2022, emitida por la Dirección Regional de los Santos, a través del Informe Técnico de Inspección No. DEA-002-2022, remite las siguientes observaciones:
 - a) De acuerdo al punto **5. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO, OBRA O ACTIVIDAD**, se solicita lo siguiente:
 - i. Definir el área total de influencia del proyecto, obra o actividad de forma detallada.
 - ii. Presentar conjunto de coordenadas UTM y (sus respectivos DATUM) en archivo digital del polígono del proyecto.
- R. En cuanto al área de influencia directa del proyecto, la misma comprende una superficie de 29 ha + 1,908 m² + 57 dm², las cuales integran la finca con Folio Real N° 32267, cabe resaltar que, la misma se desglosa en zonas de intervención y áreas destinadas para la conservación las cuales serán descritas a continuación: Área de Intervención de Herbáceas y Árboles dispersos (6.74 Has), Área de Intervención de Especies Asociadas a Zonas Húmedas (6 Has), Área de Intervención de Bosque Secundario #1 (10 Has), Área de Intervención Bosque Secundario #2 (1.56 Has) y zonas de conservación definidas de la siguiente manera: Bosques de galería A (0.79 m²), Bosque de galería B (2.04 Has), Zona de Protección de Manglar (2.06 Has), conformando un total de aproximadamente 4.89 Has.

La siguiente tabla muestra las coordenadas UTM Datum WGS84 de los vértices del polígono (29.19 Has):

ID	ESTE	NORTE	Latitud	Longitud
1	589654	821305	7.429440022	-80.18759918
2	589852	821687	7.432889938	-80.18579865
3	590181	821598	7.432079792	-80.18280029
4	590381	821359	7.429920197	-80.18099976
5	589871	820933	7.426080227	-80.18560028
6	589823	821134	7.427899837	-80.18599701
7	589828	821196	7.428460121	-80.18599701
8	589811	821199	7.428480148	-80.18609619
9	589778	821162	7.428150177	-80.18640137
10	589654	821305	7.429440022	-80.18759918

La siguiente tabla muestra las coordenadas UTM Datum WGS84 de los vértices del polígono definido como Área de Conservación Bosque de Galería A (0.79 Has):

OBJECTID	id	Area_Ha	ORIG_FID	Este	Norte	Latitud	Longitud
1	1	0.79	0	589965.1	821656.3	7.432616	-80.1847
2	1	0.79	0	589987.6	821650.3	7.432561	-80.1845
3	1	0.79	0	589987.9	821645.6	7.432518	-80.1845
4	1	0.79	0	589987.7	821642.8	7.432493	-80.1845
5	1	0.79	0	589986.7	821640.1	7.432468	-80.1845
6	1	0.79	0	589985.3	821637.4	7.432445	-80.1845
7	1	0.79	0	589983.1	821634.7	7.43242	-80.1846
8	1	0.79	0	589980.1	821632.9	7.432404	-80.1846
9	1	0.79	0	589976.8	821632.2	7.432398	-80.1846
10	1	0.79	0	589972.5	821632.1	7.432396	-80.1847
11	1	0.79	0	589965.1	821625.4	7.432336	-80.1847
12	1	0.79	0	589962.7	821623.8	7.432322	-80.1848
13	1	0.79	0	589962.1	821623.6	7.43232	-80.1848
14	1	0.79	0	589962.1	821621.7	7.432303	-80.1848
15	1	0.79	0	589961.7	821618.8	7.432277	-80.1848
16	1	0.79	0	589960.4	821616.2	7.432253	-80.1848
17	1	0.79	0	589959.6	821614.8	7.43224	-80.1848
18	1	0.79	0	589958.5	821610.3	7.4322	-80.1848
19	1	0.79	0	589957.4	821607.5	7.432175	-80.1848
20	1	0.79	0	589955	821603.4	7.432137	-80.1848

21	1	0.79	0	589952.9	821600.9	7.432116	-80.1848
22	1	0.79	0	589950.3	821599.3	7.4321	-80.1849
23	1	0.79	0	589947.3	821598.5	7.432094	-80.1849
24	1	0.79	0	589944.1	821598.8	7.432096	-80.1849
25	1	0.79	0	589941.2	821599.9	7.432106	-80.1849
26	1	0.79	0	589938.8	821601.9	7.432125	-80.185
27	1	0.79	0	589937.9	821603.1	7.432135	-80.185
28	1	0.79	0	589925.9	821582.3	7.431947	-80.1851
29	1	0.79	0	589923.8	821579.8	7.431924	-80.1851
30	1	0.79	0	589921.1	821578.1	7.431909	-80.1851
31	1	0.79	0	589918	821577.3	7.431902	-80.1852
32	1	0.79	0	589914.8	821577.6	7.431905	-80.1852
33	1	0.79	0	589911.8	821578.9	7.431916	-80.1852
34	1	0.79	0	589907.3	821581.8	7.431942	-80.1853
35	1	0.79	0	589905.2	821582.1	7.431946	-80.1853
36	1	0.79	0	589904	821582.8	7.431952	-80.1853
37	1	0.79	0	589900.9	821582.3	7.431948	-80.1853
38	1	0.79	0	589894.4	821577.8	7.431907	-80.1854
39	1	0.79	0	589891.6	821576.4	7.431895	-80.1854
40	1	0.79	0	589888.4	821576.1	7.431891	-80.1854
41	1	0.79	0	589885.3	821576.7	7.431897	-80.1855
42	1	0.79	0	589882.6	821578.3	7.431911	-80.1855
43	1	0.79	0	589878.4	821581.5	7.431941	-80.1855
44	1	0.79	0	589876.7	821581.6	7.431942	-80.1855
45	1	0.79	0	589876.6	821581.6	7.431941	-80.1855
46	1	0.79	0	589876.6	821581.4	7.431941	-80.1855
47	1	0.79	0	589876.8	821578.3	7.431912	-80.1855
48	1	0.79	0	589876	821575.3	7.431884	-80.1855
49	1	0.79	0	589874.3	821572.6	7.43186	-80.1856
50	1	0.79	0	589871.8	821570.6	7.431843	-80.1856
51	1	0.79	0	589868.9	821569.5	7.431833	-80.1856
52	1	0.79	0	589865.7	821569.4	7.431831	-80.1856
53	1	0.79	0	589863.4	821569.7	7.431834	-80.1857
54	1	0.79	0	589861.1	821568.6	7.431824	-80.1857
55	1	0.79	0	589857.9	821566.8	7.431808	-80.1857
56	1	0.79	0	589854.9	821565.6	7.431797	-80.1857
57	1	0.79	0	589851.8	821565.4	7.431796	-80.1858
58	1	0.79	0	589839.4	821566.9	7.431809	-80.1859
59	1	0.79	0	589838.3	821567.2	7.431812	-80.1859
60	1	0.79	0	589838.1	821566.6	7.431807	-80.1859
61	1	0.79	0	589837.6	821565.6	7.431798	-80.1859
62	1	0.79	0	589837	821561.9	7.431764	-80.1859
63	1	0.79	0	589835.7	821558.4	7.431732	-80.1859
64	1	0.79	0	589834.2	821556.7	7.431717	-80.1859
65	1	0.79	0	589832.9	821554.4	7.431696	-80.1859

66	1	0.79	0	589830.8	821552.3	7.431677	-80.1859
67	1	0.79	0	589828	821550.9	7.431664	-80.186
68	1	0.79	0	589825	821550.4	7.431661	-80.186
69	1	0.79	0	589821.9	821550.9	7.431664	-80.186
70	1	0.79	0	589821.5	821551.1	7.431667	-80.186
71	1	0.79	0	589820.6	821549.2	7.43165	-80.186
72	1	0.79	0	589818.7	821546.5	7.431625	-80.1861
73	1	0.79	0	589817.5	821545.6	7.431617	-80.1861
74	1	0.79	0	589817.5	821545.6	7.431617	-80.1861
75	1	0.79	0	589817.4	821545.3	7.431614	-80.1861
76	1	0.79	0	589821.3	821539.8	7.431565	-80.186
77	1	0.79	0	589823.8	821538.1	7.431549	-80.186
78	1	0.79	0	589826.2	821535.8	7.431529	-80.186
79	1	0.79	0	589827.8	821532.9	7.431502	-80.186
80	1	0.79	0	589828.2	821529.6	7.431472	-80.186
81	1	0.79	0	589827.6	821526.4	7.431443	-80.186
82	1	0.79	0	589825.9	821523.5	7.431417	-80.186
83	1	0.79	0	589823.2	821520.1	7.431386	-80.186
84	1	0.79	0	589819.1	821500.8	7.431211	-80.1861
85	1	0.79	0	589817.6	821497.4	7.431118	-80.1861
86	1	0.79	0	589817	821496.7	7.431174	-80.1861
87	1	0.79	0	589816.8	821496.3	7.431171	-80.1861
88	1	0.79	0	589816.9	821495.8	7.431166	-80.1861
89	1	0.79	0	589816.1	821492.5	7.431137	-80.1861
90	1	0.79	0	589815.4	821491.4	7.431127	-80.1861
91	1	0.79	0	589817.3	821486.8	7.431086	-80.1861
92	1	0.79	0	589820.5	821483.5	7.431055	-80.186
93	1	0.79	0	589821	821482.9	7.43105	-80.186
94	1	0.79	0	589823	821480.5	7.431028	-80.186
95	1	0.79	0	589824.6	821477.8	7.431003	-80.186
96	1	0.79	0	589824.9	821476.6	7.430992	-80.186
97	1	0.79	0	589827.1	821476.1	7.430989	-80.186
98	1	0.79	0	589829.9	821474.7	7.430975	-80.186
99	1	0.79	0	589832.1	821472.4	7.430955	-80.1859
100	1	0.79	0	589833.4	821469.6	7.43093	-80.1859
101	1	0.79	0	589833.9	821466.6	7.430902	-80.1859
102	1	0.79	0	589833.4	821463.4	7.430874	-80.1859
103	1	0.79	0	589831.9	821460.7	7.430849	-80.1859
104	1	0.79	0	589829.7	821458.5	7.430829	-80.186
105	1	0.79	0	589826.9	821457.1	7.430817	-80.186
106	1	0.79	0	589823.8	821456.7	7.430813	-80.186
107	1	0.79	0	589798.7	821457.1	7.430816	-80.1862
108	1	0.79	0	589795.5	821457.6	7.430822	-80.1863
109	1	0.79	0	589792.6	821459.2	7.430836	-80.1863
110	1	0.79	0	589790.4	821461.6	7.430858	-80.1863

111	1	0.79	0	589789.1	821464.6	7.430885	-80.1863
112	1	0.79	0	589788.9	821467.9	7.430915	-80.1863
113	1	0.79	0	589789.7	821471.1	7.430943	-80.1863
114	1	0.79	0	589791.5	821473.8	7.430968	-80.1863
115	1	0.79	0	589794.1	821475.8	7.430986	-80.1863
116	1	0.79	0	589797.2	821476.9	7.430996	-80.1863
117	1	0.79	0	589799.6	821477.3	7.431	-80.1862
118	1	0.79	0	589799.6	821477.4	7.431001	-80.1862
119	1	0.79	0	589796.1	821485.9	7.431077	-80.1863
120	1	0.79	0	589795.5	821486.6	7.431083	-80.1863
121	1	0.79	0	589793.7	821489.5	7.43111	-80.1863
122	1	0.79	0	589793	821492.9	7.431141	-80.1863
123	1	0.79	0	589793.5	821496.3	7.431172	-80.1863
124	1	0.79	0	589795.1	821499.4	7.4312	-80.1863
125	1	0.79	0	589795.4	821499.8	7.431202	-80.1863
126	1	0.79	0	589795.6	821502.8	7.43123	-80.1863
127	1	0.79	0	589796.8	821505.7	7.431257	-80.1863
128	1	0.79	0	589798.8	821508.1	7.431279	-80.1862
129	1	0.79	0	589800.4	821509.2	7.431288	-80.1862
130	1	0.79	0	589804.1	821526.6	7.431445	-80.1862
131	1	0.79	0	589804.8	821528.6	7.431463	-80.1862
132	1	0.79	0	589798.2	821537.9	7.431548	-80.1862
133	1	0.79	0	589796.9	821540.6	7.431572	-80.1863
134	1	0.79	0	589796.4	821543.5	7.431598	-80.1863
135	1	0.79	0	589796.8	821546.4	7.431624	-80.1863
136	1	0.79	0	589797.4	821547.8	7.431637	-80.1862
137	1	0.79	0	589797.4	821549.4	7.431652	-80.1862
138	1	0.79	0	589797.7	821552.3	7.431677	-80.1862
139	1	0.79	0	589798.8	821554.8	7.431701	-80.1862
140	1	0.79	0	589801.3	821559.1	7.431739	-80.1862
141	1	0.79	0	589803.3	821561.4	7.43176	-80.1862
142	1	0.79	0	589804.8	821562.3	7.431768	-80.1862
143	1	0.79	0	589806.1	821565.1	7.431794	-80.1862
144	1	0.79	0	589807.9	821567.8	7.431818	-80.1862
145	1	0.79	0	589810.6	821569.7	7.431835	-80.1861
146	1	0.79	0	589812.4	821570.3	7.43184	-80.1861
147	1	0.79	0	589811.9	821571.1	7.431847	-80.1861
148	1	0.79	0	589811.1	821574	7.431874	-80.1861
149	1	0.79	0	589811.1	821577.1	7.431902	-80.1861
150	1	0.79	0	589812.3	821583.3	7.431957	-80.1861
151	1	0.79	0	589813.1	821586	7.431983	-80.1861
152	1	0.79	0	589814.9	821588.4	7.432004	-80.1861
153	1	0.79	0	589817.2	821590.2	7.432021	-80.1861
154	1	0.79	0	589819.9	821591.3	7.43203	-80.186
155	1	0.79	0	589822.9	821591.4	7.432032	-80.186

156	1	0.79	0	589828.9	821591	7.432027	-80.186
157	1	0.79	0	589831.8	821590.3	7.432021	-80.1859
158	1	0.79	0	589835.8	821588.8	7.432007	-80.1859
159	1	0.79	0	589836.1	821588.8	7.432007	-80.1859
160	1	0.79	0	589839	821588.9	7.432008	-80.1859
161	1	0.79	0	589841.8	821588.2	7.432002	-80.1858
162	1	0.79	0	589844.3	821586.7	7.431988	-80.1858
163	1	0.79	0	589844.7	821586.4	7.431985	-80.1858
164	1	0.79	0	589850.8	821585.7	7.431979	-80.1858
165	1	0.79	0	589851.3	821586	7.431982	-80.1858
166	1	0.79	0	589852.1	821586.4	7.431986	-80.1858
167	1	0.79	0	589855.8	821588.2	7.432002	-80.1857
168	1	0.79	0	589856	821588.8	7.432007	-80.1857
169	1	0.79	0	589859.4	821594.1	7.432055	-80.1857
170	1	0.79	0	589861.4	821596.4	7.432076	-80.1857
171	1	0.79	0	589863.8	821597.8	7.432088	-80.1856
172	1	0.79	0	589864.5	821600.1	7.432109	-80.1856
173	1	0.79	0	589866.4	821602.6	7.432132	-80.1856
174	1	0.79	0	589869.1	821604.5	7.432148	-80.1856
175	1	0.79	0	589872.1	821605.4	7.432157	-80.1856
176	1	0.79	0	589875.3	821605.3	7.432156	-80.1855
177	1	0.79	0	589877.8	821604.8	7.432151	-80.1855
178	1	0.79	0	589881.2	821603.4	7.432139	-80.1855
179	1	0.79	0	589882.9	821601.8	7.432124	-80.1855
180	1	0.79	0	589885.4	821601.1	7.432117	-80.1854
181	1	0.79	0	589887.8	821599.6	7.432105	-80.1854
182	1	0.79	0	589889.3	821598.5	7.432095	-80.1854
183	1	0.79	0	589891.6	821600.1	7.432109	-80.1854
184	1	0.79	0	589895.8	821601.8	7.432124	-80.1854
185	1	0.79	0	589905.6	821603.2	7.432137	-80.1853
186	1	0.79	0	589909.3	821603.1	7.432135	-80.1852
187	1	0.79	0	589912.6	821601.6	7.432122	-80.1852
188	1	0.79	0	589913	821601.3	7.432119	-80.1852
189	1	0.79	0	589913.3	821601.2	7.432118	-80.1852
190	1	0.79	0	589913.6	821601.1	7.432117	-80.1852
191	1	0.79	0	589927.6	821625.3	7.432336	-80.1851
192	1	0.79	0	589929.6	821627.8	7.432358	-80.1851
193	1	0.79	0	589932.3	821629.4	7.432374	-80.185
194	1	0.79	0	589935.3	821630.3	7.432381	-80.185
195	1	0.79	0	589936.8	821630.1	7.43238	-80.185
196	1	0.79	0	589936.6	821633.9	7.432414	-80.185
197	1	0.79	0	589936.9	821636.9	7.43244	-80.185
198	1	0.79	0	589938	821639.6	7.432465	-80.185
199	1	0.79	0	589939.8	821641.9	7.432486	-80.185
200	1	0.79	0	589942.3	821643.5	7.4325	-80.1849

201	1	0.79	0	589945.1	821644.4	7.432508	-80.1849
202	1	0.79	0	589948	821644.4	7.432508	-80.1849
203	1	0.79	0	589955.2	821643.4	7.432499	-80.1848
204	1	0.79	0	589961.8	821649.4	7.432553	-80.1848
205	1	0.79	0	589964.8	821651.3	7.43257	-80.1847
206	1	0.79	0	589965.8	821651.4	7.432572	-80.1847
207	1	0.79	0	589965.3	821653.8	7.432593	-80.1847
208	1	0.79	0	589965.1	821656.3	7.432616	-80.1847

La siguiente tabla muestra las coordenadas UTM Datum WGS84 de los vértices del polígono definido como Área de Conservación Bosque de Galería B (2.04 Has):

OBJECTID id	Area_Ha	X_Este	Y_Norte	Lat	Long
1	2.04	589833.8125	821176.25	7.428276062	-80.18592834
2	2.04	589831.5625	821176.8125	7.42828083	-80.1859436
3	2.04	589830.875	821176.1875	7.428275585	-80.18595123
4	2.04	589827.4375	821171.1875	7.428230286	-80.18598175
5	2.04	589826	821161	7.428138256	-80.18599701
6	2.04	589825.1875	821158.1875	7.428112984	-80.18600464
7	2.04	589825.0625	821158	7.428111076	-80.18600464
8	2.04	589827	821185.25	7.428357601	-80.18598938
9	2.04	589835.9375	821176.0625	7.428274155	-80.18590546
10	2.04	589833.8125	821176.25	7.428276062	-80.18592834
11	2.04	589828.3125	821199.5	7.428486824	-80.18597412
12	2.04	589831.5625	821200.1875	7.428492546	-80.1859436
13	2.04	589834.875	821199.75	7.428488731	-80.18591309
14	2.04	589835.4375	821199.5	7.428486347	-80.18591309
15	2.04	589827.375	821190.625	7.428406239	-80.18598175
16	2.04	589827.8125	821196.125	7.42845583	-80.18598175
17	2.04	589824.1875	821196.75	7.428461552	-80.18601227
18	2.04	589825.5	821197.8125	7.428471565	-80.18599701
19	2.04	589828.3125	821199.5	7.428486824	-80.18597412
20	2.04	590008.5625	821227	7.428732395	-80.18434143
21	2.04	590008.9375	821230.125	7.428760529	-80.18434143
22	2.04	590010.25	821233	7.428786278	-80.18432617
23	2.04	590012.4375	821235.3125	7.428807259	-80.18430328
24	2.04	590015.1875	821236.8125	7.42882061	-80.1842804
25	2.04	590018.25	821237.375	7.428825855	-80.18424988
26	2.04	590026.0625	821237.625	7.428828239	-80.18418121
27	2.04	590029.875	821237	7.428822517	-80.1841507
28	2.04	590037	821234.375	7.428798199	-80.18408203
29	2.04	590039.1875	821233.1875	7.428787708	-80.18406677
30	2.04	590040.4375	821232.0625	7.428777695	-80.18405151
31	2.04	590040.5625	821232.0625	7.428777695	-80.18405151
32	2.04	590043.0625	821231.5	7.428772449	-80.18402863

33	2.04	590045.375	821230.3125	7.428761482	-80.18400574
34	2.04	590048.625	821228	7.428740501	-80.18397522
35	2.04	590050.6875	821226.0625	7.428722858	-80.18395996
36	2.04	590052.125	821223.625	7.428700924	-80.1839447
37	2.04	590052.375	821222.9375	7.428694725	-80.1839447
38	2.04	590052.5	821224.4375	7.428708553	-80.1839447
39	2.04	590052.0625	821225.5625	7.428718567	-80.1839447
40	2.04	590051.375	821228.4375	7.428744316	-80.18395233
41	2.04	590051.4375	821230.0625	7.428759098	-80.18395233
42	2.04	590050.5625	821230.4375	7.428762436	-80.18395996
43	2.04	590048.1875	821232.4375	7.428781033	-80.18398285
44	2.04	590046.5625	821235.125	7.428804874	-80.18399811
45	2.04	590045.8125	821238.1875	7.428832531	-80.18400574
46	2.04	590045.5625	821240.9375	7.428857327	-80.18400574
47	2.04	590039.3125	821247.75	7.428919792	-80.18405914
48	2.04	590037.6875	821250.25	7.428941727	-80.1840744
49	2.04	590036.8125	821253.0625	7.428967476	-80.18408203
50	2.04	590036.875	821256.0625	7.428994179	-80.18408203
51	2.04	590037.75	821258.875	7.429019928	-80.1840744
52	2.04	590039.4375	821261.3125	7.429041862	-80.18405914
53	2.04	590043.625	821265.8125	7.42908287	-80.184021
54	2.04	590044	821269.6875	7.42911768	-80.184021
55	2.04	590044.375	821271	7.429129601	-80.18401337
56	2.04	590038.625	821273.8125	7.42915535	-80.18406677
57	2.04	590036.125	821275.5625	7.429171085	-80.18408966
58	2.04	590034.25	821278.0625	7.429193497	-80.18410492
59	2.04	590033.1875	821280.9375	7.429219723	-80.18412018
60	2.04	590033.125	821284	7.429247379	-80.18412018
61	2.04	590033.9375	821287	7.429274082	-80.18411255
62	2.04	590035.625	821289.5625	7.429297447	-80.18409729
63	2.04	590038.0625	821291.5	7.42931509	-80.1840744
64	2.04	590040.9375	821292.5625	7.429324627	-80.18404388
65	2.04	590044	821292.75	7.429326534	-80.184021
66	2.04	590053.3125	821291.875	7.429317951	-80.18393707
67	2.04	590053.4375	821297.75	7.429371357	-80.18393707
68	2.04	590054	821301	7.429400921	-80.18392944
69	2.04	590055.6875	821303.9375	7.429427147	-80.18391418
70	2.04	590058.1875	821306.125	7.429447174	-80.1838913
71	2.04	590061.3125	821307.375	7.429458141	-80.18386078
72	2.04	590064.6875	821307.5	7.429459572	-80.18383026
73	2.04	590066.1875	821307.0625	7.42945528	-80.183815
74	2.04	590066.1875	821307.125	7.429455757	-80.183815
75	2.04	590066.8125	821310.125	7.429483414	-80.183815
76	2.04	590069.25	821316.5625	7.429541111	-80.18379211
77	2.04	590070.75	821319.25	7.42956543	-80.18377686
78	2.04	590073.0625	821321.3125	7.429584026	-80.18375397
79	2.04	590075.8125	821322.625	7.429595947	-80.18373108
80	2.04	590076.625	821322.6875	7.429596901	-80.18372345
81	2.04	590077.3125	821323.6875	7.429605961	-80.18371582

82	2.04	590080.1875	821325.6875	7.429623604	-80.18369293
83	2.04	590083.3125	821326.5	7.429631233	-80.18366241
84	2.04	590084.875	821328.3125	7.429647446	-80.18364716
85	2.04	590087.25	821329.875	7.429661274	-80.18362427
86	2.04	590089.9375	821330.6875	7.429668903	-80.18360138
87	2.04	590098.375	821332.0625	7.429680824	-80.18352509
88	2.04	590101.0625	821332.0625	7.429681301	-80.1835022
89	2.04	590103.6875	821331.4375	7.429675102	-80.18347931
90	2.04	590114.125	821327.1875	7.429636478	-80.18338013
91	2.04	590115.4375	821327.0625	7.429635525	-80.1833725
92	2.04	590118.5	821325.75	7.429623604	-80.18334198
93	2.04	590137.8125	821313.5	7.429512501	-80.1831665
94	2.04	590138.25	821316	7.429534912	-80.1831665
95	2.04	590139.125	821318.625	7.429558754	-80.18315887
96	2.04	590140.625	821320.875	7.429579258	-80.18314362
97	2.04	590142.75	821322.6875	7.42959547	-80.18312073
98	2.04	590145.25	821323.8125	7.429605484	-80.18309784
99	2.04	590157.5625	821327.4375	7.429637909	-80.18299103
100	2.04	590159.6875	821327.625	7.429639816	-80.18296814
101	2.04	590163.6875	821334.8125	7.429704666	-80.18292999
102	2.04	590165.6875	821337.3125	7.429727077	-80.18291473
103	2.04	590168.375	821339	7.429742813	-80.18289185
104	2.04	590172.9375	821341.0625	7.429760933	-80.18284607
105	2.04	590174.0625	821342.9375	7.429778099	-80.18283844
106	2.04	590176.5	821345.0625	7.429797173	-80.18281555
107	2.04	590179.4375	821346.3125	7.429808617	-80.18279266
108	2.04	590182.625	821346.5625	7.429811001	-80.18276215
109	2.04	590185.75	821345.8125	7.429803848	-80.18273163
110	2.04	590188.6875	821379.0625	7.430104256	-80.18270874
111	2.04	590169.6875	821378.5	7.430099964	-80.18287659
112	2.04	590167.0625	821378.8125	7.430102348	-80.18289948
113	2.04	590146.75	821383.6875	7.430147171	-80.18309021
114	2.04	590125.875	821386.0625	7.430168629	-80.18327332
115	2.04	590122.6875	821383.3125	7.43014431	-80.18330383
116	2.04	590119.75	821381.5625	7.430128574	-80.18333435
117	2.04	590116.4375	821380.9375	7.430122852	-80.18336487
118	2.04	590110.3125	821380.8125	7.430121422	-80.18341827
119	2.04	590108.625	821379.4375	7.430109501	-80.18343353
120	2.04	590105.3125	821378.375	7.430099964	-80.18346405
121	2.04	590101.875	821378.5	7.430100918	-80.18349457
122	2.04	590098.625	821379.8125	7.430112839	-80.18352509
123	2.04	590096.25	821381.25	7.43012619	-80.18354034
124	2.04	590096.1875	821381.1875	7.430125237	-80.18354797
125	2.04	590093.375	821379.625	7.430110931	-80.18357086
126	2.04	590090.1875	821379	7.430105686	-80.18360138
127	2.04	590086.9375	821379.4375	7.430109978	-80.18363119
128	2.04	590084.0625	821380.9375	7.430123329	-80.18365479
129	2.04	590074.25	821388.125	7.430188179	-80.18374634
130	2.04	590070.5	821383.875	7.430149555	-80.18377686

131	2.04	590068.125	821381.875	7.430131912	-80.18379974
132	2.04	590065.25	821380.6875	7.430121422	-80.18382263
133	2.04	590062.125	821380.5	7.430119514	-80.18385315
134	2.04	590059.125	821381.1875	7.43012619	-80.18388367
135	2.04	590056.5	821382.8125	7.430140972	-80.18390656
136	2.04	590035.4375	821400.8125	7.430303574	-80.18409729
137	2.04	590024.5625	821408.1875	7.430370808	-80.18419647
138	2.04	590022.0625	821410.6875	7.430393696	-80.18421936
139	2.04	590018.1875	821416.125	7.43044281	-80.18424988
140	2.04	590013.4375	821420.125	7.430478573	-80.18429565
141	2.04	590011.3125	821422.5625	7.430500984	-80.18431091
142	2.04	590004.3125	821434.0625	7.430604935	-80.18437958
143	2.04	590002.4375	821434.8125	7.430612087	-80.18439484
144	2.04	589991.9375	821435.75	7.43062067	-80.18448639
145	2.04	589990.1875	821433.375	7.430599213	-80.18450165
146	2.04	589987.3125	821431.4375	7.43058157	-80.18453217
147	2.04	589983.875	821430.5625	7.43057394	-80.18456268
148	2.04	589977.9375	821430.1875	7.430570602	-80.18461609
149	2.04	589969.8125	821427.4375	7.430545807	-80.18469238
150	2.04	589966.6875	821426.9375	7.430541039	-80.18471527
151	2.04	589963.625	821427.375	7.43054533	-80.18474579
152	2.04	589960.8125	821428.8125	7.430558205	-80.18476868
153	2.04	589958.5625	821431	7.430578232	-80.18479156
154	2.04	589957.125	821433.75	7.430603027	-80.18480682
155	2.04	589956.625	821436.875	7.430631161	-80.18480682
156	2.04	589957.0625	821439.9375	7.430659294	-80.18480682
157	2.04	589958.5	821442.75	7.430684566	-80.18479156
158	2.04	589960.6875	821445	7.430704594	-80.18476868
159	2.04	589963.4375	821446.4375	7.430717468	-80.18474579
160	2.04	589972.875	821449.5625	7.430745602	-80.18466187
161	2.04	589975.375	821450.0625	7.43075037	-80.18463898
162	2.04	589976.75	821450.125	7.430750847	-80.18462372
163	2.04	589977.125	821450.875	7.430757999	-80.18462372
164	2.04	589978.875	821453.5	7.430780888	-80.18460846
165	2.04	589981.375	821455.375	7.430798054	-80.18458557
166	2.04	589984.375	821456.4375	7.43080759	-80.18455505
167	2.04	589987.5	821456.5	7.430808067	-80.18453217
168	2.04	589992.5625	821455.8125	7.430801868	-80.18448639
169	2.04	590005.8125	821454.625	7.430790901	-80.18436432
170	2.04	590008.8125	821453.875	7.430784225	-80.1843338
171	2.04	590015.0625	821451.1875	7.430759907	-80.1842804
172	2.04	590017.6875	821449.5625	7.430745125	-80.18425751
173	2.04	590019.6875	821447.1875	7.430723667	-80.18423462
174	2.04	590027.5	821434.375	7.430607796	-80.18416595
175	2.04	590032.0625	821430.625	7.43057394	-80.18412781
176	2.04	590033.8125	821428.75	7.430556297	-80.18411255
177	2.04	590037.3125	821423.6875	7.430510998	-80.1840744
178	2.04	590047.1875	821417	7.430450439	-80.18399048
179	2.04	590048	821416.375	7.430444241	-80.18398285

180	2.04	590060.75	821405.4375	7.430345535	-80.18386841
181	2.04	590061.25	821409.0625	7.43037796	-80.18386078
182	2.04	590062.0625	821411.9375	7.430403709	-80.18385315
183	2.04	590063.6875	821414.375	7.430426121	-80.18383789
184	2.04	590065.9375	821416.3125	7.430443764	-80.183815
185	2.04	590068.6875	821417.5	7.430453777	-80.18379211
186	2.04	590071.625	821417.75	7.430456638	-80.18376923
187	2.04	590074.5	821417.1875	7.430451393	-80.18373871
188	2.04	590077.125	821415.8125	7.430438995	-80.18371582
189	2.04	590079.25	821413.6875	7.430419922	-80.18370056
190	2.04	590084.6875	821406.25	7.430352211	-80.18364716
191	2.04	590085.4375	821406.6875	7.430356026	-80.18363953
192	2.04	590088.5	821407.375	7.430362701	-80.18361664
193	2.04	590091.625	821407.125	7.430360317	-80.18358612
194	2.04	590094.5	821405.9375	7.430348873	-80.18356323
195	2.04	590103.5	821400.3125	7.430298328	-80.18347931
196	2.04	590105.875	821400.6875	7.430301666	-80.18345642
197	2.04	590112.4375	821400.8125	7.43030262	-80.18339539
198	2.04	590116.25	821404.0625	7.430332184	-80.18336487
199	2.04	590118.5	821405.5625	7.430345058	-80.18334198
200	2.04	590121.125	821406.3125	7.430352211	-80.18331909
201	2.04	590123.8125	821406.375	7.430353165	-80.1832962
202	2.04	590149.625	821403.5	7.430326462	-80.18305969
203	2.04	590150.8125	821403.3125	7.430324554	-80.18305206
204	2.04	590170.5	821398.5625	7.430281162	-80.18286896
205	2.04	590189.25	821399.0625	7.430285454	-80.18270111
206	2.04	590202.3125	821426.75	7.430535793	-80.18257904
207	2.04	590203.9375	821429.1875	7.430557728	-80.18257141
208	2.04	590206.1875	821431.0625	7.430574417	-80.18254852
209	2.04	590208.9375	821432.1875	7.430584908	-80.18252563
210	2.04	590222.4375	821435.5625	7.430614948	-80.18240356
211	2.04	590225.625	821435.8125	7.430617332	-80.18237305
212	2.04	590228.75	821435.0625	7.43061018	-80.18234253
213	2.04	590238.8125	821430.75	7.430571079	-80.18225098
214	2.04	590240.125	821432.625	7.430587769	-80.18224335
215	2.04	590242.0625	821434.625	7.430605888	-80.18222046
216	2.04	590244.5	821436	7.430618763	-80.18219757
217	2.04	590247.25	821436.625	7.430624485	-80.18217468
218	2.04	590250.0625	821436.5	7.430623055	-80.18215179
219	2.04	590252.625	821436.0625	7.430618763	-80.18212891
220	2.04	590255.875	821434.8125	7.430607796	-80.18209839
221	2.04	590258.5	821432.5	7.430586815	-80.1820755
222	2.04	590259.25	821431.125	7.430574417	-80.18206787
223	2.04	590275.4375	821426.875	7.430535316	-80.18192291
224	2.04	590275.75	821426.75	7.430534363	-80.18191528
225	2.04	590277.625	821428	7.43054533	-80.18190002
226	2.04	590279.875	821428.75	7.430552483	-80.18187714
227	2.04	590284.25	821429.75	7.430561066	-80.18183899
228	2.04	590284.3125	821429.8125	7.430562019	-80.18183899

229	2.04	590286.25	821432.125	7.430583	-80.18182373
230	2.04	590289.375	821434.9375	7.430607796	-80.18179321
231	2.04	590292.0625	821436.625	7.430623531	-80.18177032
232	2.04	590295.1875	821437.375	7.430630207	-80.18173981
233	2.04	590298.375	821437.125	7.430627823	-80.18170929
234	2.04	590301.3125	821435.875	7.430616856	-80.1816864
235	2.04	590309.4375	821430.8125	7.430570602	-80.18161011
236	2.04	590312.1875	821430.6875	7.430569172	-80.18158722
237	2.04	590312.625	821430.625	7.430569172	-80.18157959
238	2.04	590319.1875	821430.0625	7.43056345	-80.18152618
239	2.04	590320.5	821430.3125	7.430565834	-80.18151093
240	2.04	590321.3125	821430.375	7.430566788	-80.1815033
241	2.04	590346.4375	821400.375	7.430294514	-80.18127441
242	2.04	590343.3125	821399.8125	7.430289745	-80.18130493
243	2.04	590343.0625	821399.8125	7.430289745	-80.18130493
244	2.04	590341.5	821400.0625	7.43029213	-80.18132019
245	2.04	590341.5	821400	7.430291653	-80.18132019
246	2.04	590329.375	821402.25	7.43031168	-80.18143463
247	2.04	590327.5625	821402.25	7.430312157	-80.18144989
248	2.04	590324.375	821402.75	7.430316448	-80.18148041
249	2.04	590321.5625	821404.25	7.4303298	-80.1815033
250	2.04	590319.3125	821406.5	7.43035078	-80.18151855
251	2.04	590317.9375	821409.375	7.430377007	-80.18153381
252	2.04	590317.875	821410.0625	7.430383205	-80.18153381
253	2.04	590314.5625	821410.375	7.43038559	-80.18156433
254	2.04	590314.375	821408.8125	7.430371761	-80.18156433
255	2.04	590312.8125	821405.8125	7.430344582	-80.18157959
256	2.04	590310.0625	821402.0625	7.430310726	-80.18161011
257	2.04	590307.9375	821399.9375	7.430291653	-80.18162537
258	2.04	590305.25	821398.5625	7.430278778	-80.18164825
259	2.04	590302.3125	821398.0625	7.430274487	-80.18167877
260	2.04	590299.3125	821398.4375	7.430277824	-80.18170166
261	2.04	590296.5625	821399.6875	7.430289268	-80.18173218
262	2.04	590294.3125	821401.6875	7.430307388	-80.18174744
263	2.04	590292.75	821404.25	7.430330753	-80.1817627
264	2.04	590292.0625	821407.1875	7.430356979	-80.18177032
265	2.04	590291.875	821409.125	7.430375099	-80.18177032
266	2.04	590288	821410.0625	7.430383205	-80.18180847
267	2.04	590286.5625	821409.75	7.430380344	-80.1818161
268	2.04	590285.5625	821408.875	7.430372715	-80.18183136
269	2.04	590283.1875	821407.4375	7.43035984	-80.18184662
270	2.04	590280.5625	821406.6875	7.430352688	-80.18187714
271	2.04	590275.375	821405.9375	7.430346489	-80.18192291
272	2.04	590271.9375	821406.0625	7.430347443	-80.18195343
273	2.04	590268.8125	821407.3125	7.43035841	-80.18198395
274	2.04	590267.75	821408.1875	7.430366516	-80.18199158
275	2.04	590252.5	821412.25	7.430403709	-80.18212891
276	2.04	590252.3125	821411.9375	7.430400848	-80.18212891
277	2.04	590249.375	821410.0625	7.430383682	-80.18215942

278	2.04	590245.9375	821409.25	7.43037653	-80.18218994
279	2.04	590241.375	821409	7.430374622	-80.18222809
280	2.04	590236.9375	821409.8125	7.430381775	-80.18226624
281	2.04	590224	821415.3125	7.430431843	-80.18238831
282	2.04	590218.375	821413.9375	7.430419445	-80.18243408
283	2.04	590216.3125	821409.625	7.430380344	-80.18245697
284	2.04	590212.4375	821342.4375	7.429772854	-80.18249512
285	2.04	590215.25	821340.8125	7.429758072	-80.1824646
286	2.04	590218.875	821337.9375	7.429731846	-80.18243408
287	2.04	590221	821335.625	7.429710865	-80.18241119
288	2.04	590222.3125	821332.75	7.429685116	-80.18240356
289	2.04	590222.625	821329.625	7.429656982	-80.18240356
290	2.04	590222	821326.5625	7.429629326	-80.18240356
291	2.04	590220.4375	821323.875	7.42960453	-80.18241882
292	2.04	590219.1875	821322.6875	7.429594517	-80.18243408
293	2.04	590219.125	821322.0625	7.429588318	-80.18243408
294	2.04	590217.6875	821319	7.429561138	-80.18244171
295	2.04	590215.25	821316.625	7.429539204	-80.1824646
296	2.04	590212.25	821315.1875	7.429526329	-80.18249512
297	2.04	590208.875	821314.8125	7.429523468	-80.18252563
298	2.04	590205.5625	821315.625	7.429530144	-80.18255615
299	2.04	590184.8125	821324.4375	7.429610729	-80.18273926
300	2.04	590184.625	821324.3125	7.429609776	-80.18274689
301	2.04	590179.5	821322.0625	7.429589272	-80.18279266
302	2.04	590179.0625	821321.3125	7.429582596	-80.18279266
303	2.04	590180.625	821315.9375	7.429533958	-80.1827774
304	2.04	590181	821313.125	7.429508209	-80.1827774
305	2.04	590180.5625	821310.3125	7.429482937	-80.18278503
306	2.04	590179.3125	821307.75	7.429459572	-80.18279266
307	2.04	590177.4375	821305.625	7.429440498	-80.18280792
308	2.04	590174.3125	821302.9375	7.429416656	-80.18283844
309	2.04	590171.8125	821301.4375	7.429402351	-80.18286133
310	2.04	590169	821300.6875	7.429395676	-80.18288422
311	2.04	590166.0625	821300.75	7.429396629	-80.18291473
312	2.04	590163.25	821301.6875	7.429405212	-80.18293762
313	2.04	590160.875	821303.4375	7.429420948	-80.18296051
314	2.04	590157.625	821306.5625	7.429449558	-80.18299103
315	2.04	590156.8125	821306.375	7.429447651	-80.18299866
316	2.04	590154.8125	821295.3125	7.429347515	-80.18301392
317	2.04	590153.6875	821292.25	7.429319859	-80.18302155
318	2.04	590151.6875	821289.6875	7.42929697	-80.18304443
319	2.04	590148.9375	821287.9375	7.429281235	-80.18306732
320	2.04	590145.8125	821287.125	7.429274082	-80.18309784
321	2.04	590142.5625	821287.375	7.42927599	-80.18312836
322	2.04	590139.5625	821288.6875	7.42928791	-80.18315125
323	2.04	590110.25	821307.3125	7.429457188	-80.18341827
324	2.04	590109.125	821307.625	7.429459572	-80.1834259
325	2.04	590101.4375	821310.75	7.429488182	-80.18349457
326	2.04	590100.1875	821308.4375	7.429467201	-80.18350983

327	2.04	590098.0625	821306.375	7.429448605	-80.18353271
328	2.04	590095.4375	821305	7.429436207	-80.1835556
329	2.04	590092.5	821304.4375	7.429431438	-80.18357849
330	2.04	590090.8125	821304.6875	7.429433346	-80.18359375
331	2.04	590090.8125	821302.5625	7.429413795	-80.18359375
332	2.04	590089.4375	821299.0625	7.429382801	-80.18360901
333	2.04	590087.5	821296.0625	7.429355621	-80.18362427
334	2.04	590085.5	821293.75	7.429334641	-80.18363953
335	2.04	590082.875	821292.1875	7.429320812	-80.18367004
336	2.04	590080.25	821291.5625	7.42931509	-80.18369293
337	2.04	590078.1875	821288.875	7.429290771	-80.18370819
338	2.04	590078.25	821288.75	7.429289341	-80.18370819
339	2.04	590078.8125	821285.6875	7.429261684	-80.18370056
340	2.04	590078.9375	821281.25	7.42922163	-80.18370056
341	2.04	590078.4375	821277.875	7.429191113	-80.18370819
342	2.04	590076.875	821274.8125	7.429163456	-80.18372345
343	2.04	590074.3125	821272.5	7.429142952	-80.18374634
344	2.04	590071.125	821271.1875	7.429131031	-80.18377686
345	2.04	590069	821270.75	7.42912674	-80.18379211
346	2.04	590068.0625	821268.4375	7.429105759	-80.18379974
347	2.04	590066.125	821266	7.429084301	-80.18382263
348	2.04	590064.9375	821265.3125	7.429077625	-80.18383026
349	2.04	590063.9375	821264.0625	7.429066658	-80.18383789
350	2.04	590063.5	821263.75	7.429063797	-80.18384552
351	2.04	590063.1875	821260.5	7.429034233	-80.18384552
352	2.04	590062.375	821257.375	7.4290061	-80.18385315
353	2.04	590060.5625	821254.6875	7.428981781	-80.18386841
354	2.04	590060.3125	821254.4375	7.428979397	-80.18386841
355	2.04	590063.75	821250.625	7.428945065	-80.18383789
356	2.04	590065	821248.9375	7.428929806	-80.18383026
357	2.04	590065.875	821247.5	7.428916454	-80.18382263
358	2.04	590066.375	821246.1875	7.42890501	-80.183815
359	2.04	590066.6875	821246.0625	7.42890358	-80.183815
360	2.04	590069.1875	821243.8125	7.428883553	-80.18379211
361	2.04	590070.75	821240.9375	7.42885685	-80.18377686
362	2.04	590070.9375	821239.8125	7.428846836	-80.18377686
363	2.04	590072	821238.875	7.42883873	-80.18376923
364	2.04	590073.625	821236.3125	7.428815365	-80.18375397
365	2.04	590074.375	821233.4375	7.428789139	-80.18374634
366	2.04	590074.25	821230.375	7.428761482	-80.18374634
367	2.04	590073.1875	821227.5625	7.42873621	-80.18375397
368	2.04	590072.4375	821226.5	7.428726673	-80.1837616
369	2.04	590072.625	821225.375	7.42871666	-80.1837616
370	2.04	590072.125	821218.375	7.42865324	-80.1837616
371	2.04	590073.0625	821217.5	7.428645134	-80.18375397
372	2.04	590074.9375	821215.1875	7.428624153	-80.18373871
373	2.04	590076	821212.4375	7.428599358	-80.18373108
374	2.04	590076.25	821209.5	7.428572655	-80.18373108
375	2.04	590075.5625	821206.625	7.428546429	-80.18373108

376	2.04	590074.125	821204	7.428523064	-80.18374634
377	2.04	590072	821202	7.428504944	-80.18376923
378	2.04	590071.0625	821201.5625	7.428500652	-80.18377686
379	2.04	590070.8125	821200	7.428486824	-80.18377686
380	2.04	590069.75	821196.875	7.428458691	-80.18378448
381	2.04	590067.75	821194.3125	7.428435326	-80.18380737
382	2.04	590065	821192.5	7.428419113	-80.18383026
383	2.04	590061.8125	821191.6875	7.428411961	-80.18386078
384	2.04	590058.5625	821191.9375	7.428413868	-80.1838913
385	2.04	590055.5625	821193.25	7.428425789	-80.18391418
386	2.04	590053.125	821195.4375	7.428445816	-80.18393707
387	2.04	590051.5	821198.3125	7.428472042	-80.18395233
388	2.04	590051.1875	821199.1875	7.428480148	-80.18395233
389	2.04	590048.75	821199.0625	7.428478718	-80.18397522
390	2.04	590045.375	821200.125	7.428488255	-80.18400574
391	2.04	590042.5	821202.3125	7.428508282	-80.18403625
392	2.04	590037.5625	821207.875	7.428558826	-80.18408203
393	2.04	590035.8125	821210.75	7.428584576	-80.18409729
394	2.04	590035.0625	821212.5	7.428600311	-80.18410492
395	2.04	590034.75	821212.5	7.428600788	-80.18410492
396	2.04	590031.0625	821213.5625	7.428610325	-80.18413544
397	2.04	590029.0625	821215.1875	7.428625107	-80.18415833
398	2.04	590029.25	821209.5	7.428573608	-80.1841507
399	2.04	590028.9375	821206.5625	7.428546906	-80.18415833
400	2.04	590027.75	821203.8125	7.42852211	-80.18416595
401	2.04	590025.8125	821201.5625	7.428501606	-80.18418884
402	2.04	590018.6875	821195.3125	7.428445339	-80.18424988
403	2.04	590011.9375	821189.3125	7.42839098	-80.18431091
404	2.04	590010.125	821181.375	7.428319454	-80.18432617
405	2.04	590011.4375	821164.625	7.42816782	-80.18431854
406	2.04	590010.75	821160.125	7.428127289	-80.18432617
407	2.04	590006.875	821150.4375	7.428040028	-80.18435669
408	2.04	590005	821147.4375	7.428012371	-80.18437195
409	2.04	590002.125	821145.25	7.427992821	-80.18440247
410	2.04	589998.6875	821144.25	7.427983761	-80.18443298
411	2.04	589994.375	821143.75	7.427979469	-80.18447113
412	2.04	589993.25	821143.6875	7.427978992	-80.18447876
413	2.04	589992.1875	821143.6875	7.427978992	-80.18449402
414	2.04	589990.3125	821137.375	7.427921772	-80.18450928
415	2.04	589988.8125	821134.3125	7.427894115	-80.18452454
416	2.04	589988.125	821133.6875	7.427888393	-80.18452454
417	2.04	589988.3125	821131.0625	7.427864552	-80.18452454
418	2.04	589987.5625	821128.1875	7.427838802	-80.18453217
419	2.04	589986.0625	821125.6875	7.427815914	-80.18454742
420	2.04	589983.875	821123.6875	7.427798271	-80.18457031
421	2.04	589981.25	821122.4375	7.427786827	-80.1845932
422	2.04	589978.4375	821122.0625	7.427783489	-80.18461609
423	2.04	589991.125	821141.75	7.427961349	-80.18450165
424	2.04	589994.5	821200	7.428488255	-80.18447113

425	2.04	589996.25	821202.125	7.428507328	-80.18445587
426	2.04	590005.375	821210.3125	7.428581238	-80.18437195
427	2.04	590005.5	821210.375	7.428582191	-80.18437195
428	2.04	590009.125	821213.5	7.428610325	-80.1843338
429	2.04	590008.5625	821227	7.428732395	-80.18434143
430	2.04	590203.25	821382.625	7.430136681	-80.18257141
431	2.04	590203.25	821382.6875	7.430137157	-80.18257141
432	2.04	590203.1875	821382.625	7.430136681	-80.18257141
433	2.04	590203.25	821382.625	7.430136681	-80.18257141

La siguiente tabla muestra las coordenadas UTM Datum WGS84 de los vértices del polígono definido como Área de Conservación Manglar B (2.06 Has):

OBJECTID	Name	Superficie	X	Y	Lat	Long
1	Manglar	2.06 Ha	589824.6875	821187.625	7.428379059	-80.18600464
2	Manglar	2.06 Ha	589859.625	821226.25	7.428728104	-80.18569183
3	Manglar	2.06 Ha	589878.75	821226	7.428725243	-80.18551636
4	Manglar	2.06 Ha	589929.5	821253.0625	7.428968906	-80.18505859
5	Manglar	2.06 Ha	589997.5625	821252.4375	7.428962708	-80.18444061
6	Manglar	2.06 Ha	589991.125	821141.75	7.427961349	-80.18450165
7	Manglar	2.06 Ha	589971.75	821111.75	7.427690506	-80.18467712
8	Manglar	2.06 Ha	589906.5625	821058	7.427205086	-80.18526459
9	Manglar	2.06 Ha	589870.5	821140.5	7.427951813	-80.18559265
10	Manglar	2.06 Ha	589824.6875	821187.625	7.428379059	-80.18600464

De igual forma, las coordenadas del polígono se entregan en formato digital de Excel, junto al polígono del proyecto en formato shapefile, entre otros documentos complementario a la entrega de esta respuesta aclaratoria.

- iii. Especificar el área de construcción de la infraestructura de drenaje, con sus respectivas coordenadas UTM y sus (respectivos DATUM) en archivo digital. Presentar de manera clara y detallada metodologías y materiales de construcción de la infraestructura.
- R. Cabe mencionar que, el concepto definido para las infraestructuras de drenaje, consiste en un sistema colector de las aguas provenientes

de la escorrentía y gestionar los aportes de la quebrada sin nombre denominada para mayor entendimiento como Quebrada A y la Quebrada Venado y su ramal denominado como Quebrada B, con el cual permite establecer una gestión adecuada de dichas aguas que, como ha sido explicado previamente en el EsIA, las modificaciones de las terracerías de las zonas circundantes, potencian el crecimiento de zonas anegadas en el área de influencia del proyecto. Aunado a lo anterior, es importante resaltar que, los cauces naturales de las fuentes hídricas no serán modificadas, las mismas se mantendrán en sus condiciones naturales, por lo que la infraestructura de drenaje propuesto (sistema colector soterrado), colectará los aportes hidráulicos aguas abajo de los cauces naturales de las fuentes hídricas y las depositará en el cauce natural de la Quebrada Venado (ver figura #1 y 2).

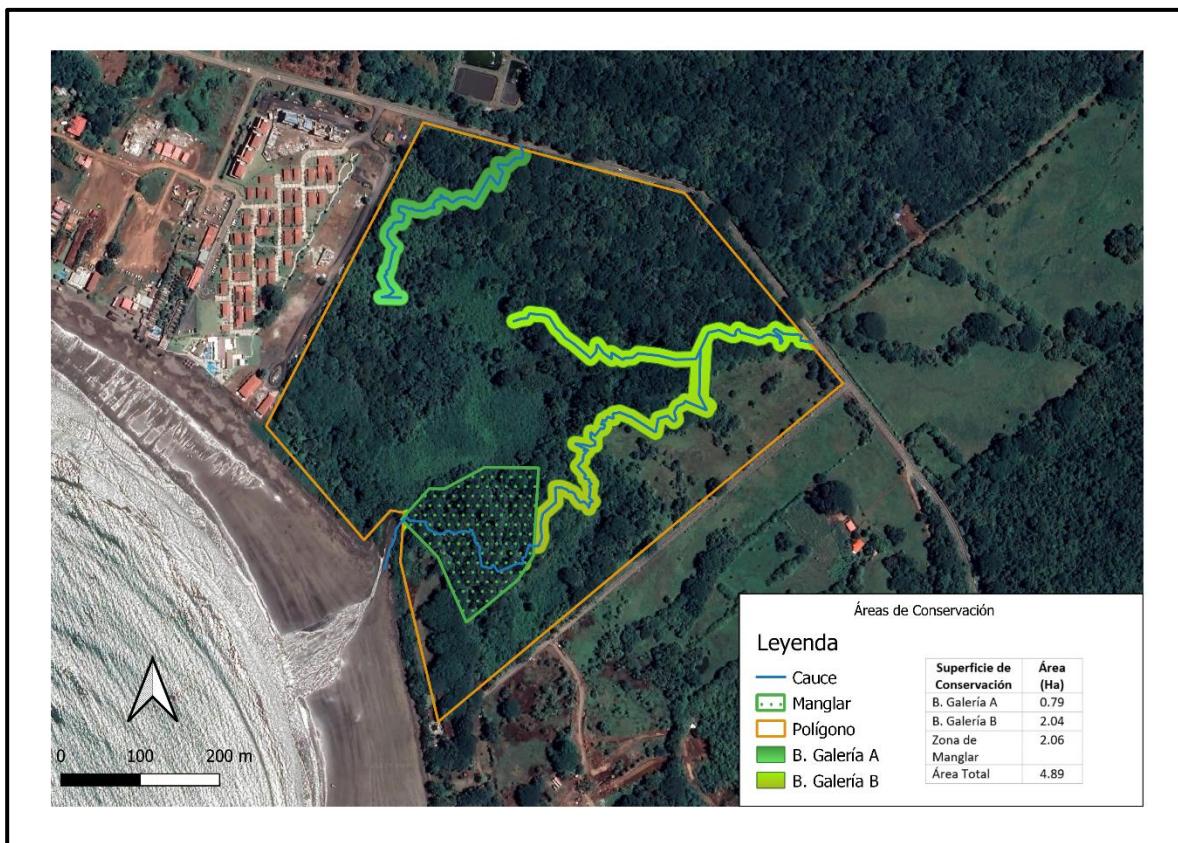


Figura #1. Vista de las fuentes hídricas existente en el Área de Influencia del Proyecto. Fuente: Equipo Consultor.

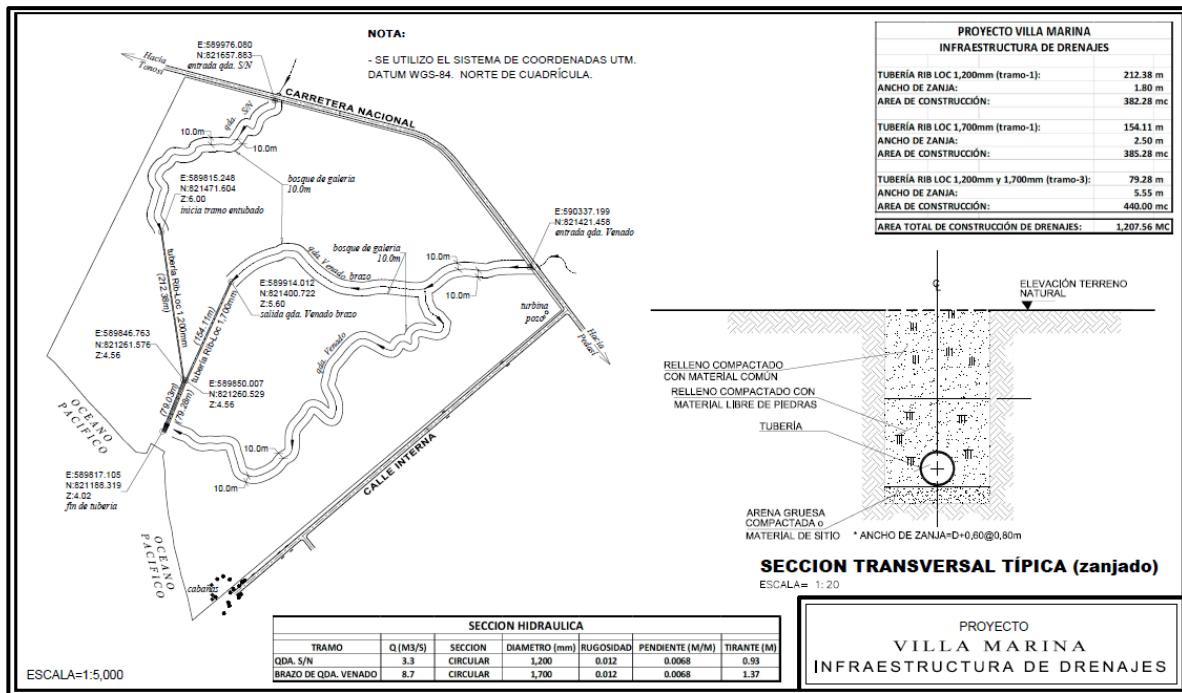


Figura #2. Vista de las infraestructuras de drenaje propuestas. Fuente: Equipo Consultor.

El plano a escala que ilustra el sistema de drenaje podrá ser visualizado en la sección de anexos.

En cuanto a la descripción del sistema de drenaje para el manejo de las aguas pluviales de este proyecto, se ha propuesto el uso de tubería Rib Loc, la cual por sus especificaciones técnicas se ajusta muy bien a los requerimientos de pendiente, caudal, longitudes y demás características propias de la zona del proyecto.

La tubería Rib Loc autoportante, es un tubo estándar consistente en una banda estructural pre-extruida que es enrollada helicoidalmente y enlazada por medios mecánicos y químicos para formar un tubo de estructura flexible.

Los tubos Rib Loc son tuberías de PVC (cloruro de polivinilo) que en su aplicación para drenaje pueden ser de pared sólida, doble pared o de pared perfilada. Para este proyecto se ha seleccionado la tubería Rib Loc de pared perfilada ya que éstas presentan una rigidez mayor por unidad de longitud que las tuberías de pared lisa.

El principio consiste en diseñar una pared que posea un valor elevado en el momento de inercia de sus elementos, con relativamente poca área

(análogo al caso de vigas I o H en donde usualmente predominan los requerimientos por flexión sobre los de cortante). Ver figura #3.

Para el manejo de las aguas de la quebrada Sin Nombre se ha seleccionado una tubería con un diámetro interno de 1,200mm; dimensión que nos permite el transporte del caudal tributario que maneja la quebrada. Ver figura #4-Sección Hidráulica.

De la misma forma, para el manejo de las aguas que vienen por el brazo de la quebrada Venado, se ha seleccionado una tubería con diámetro interno de 1,700mm; diámetro suficiente para el manejo del caudal tributario que aporta esta sección de la quebrada. Ver figura #5-Sección Hidráulica.

LA METODOLOGÍA CONSTRUCCITIVA, DEBARÁ APEGARSE EN TODO MOMENTO A LO PLASMADO EN EL MANUAL TÉCNICO DE TUBERIAS RIB LOC DE DURMAN, ALIAxis.
(adjunto)

Figuras Ilustrativas

Figura #3 Elemento Estructural del Perfil Rib Loc.

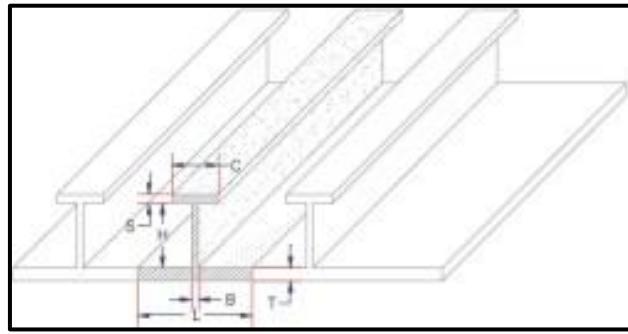


Figura #4 Sección Hidráulica tubería Rib Loc 1,200mm.

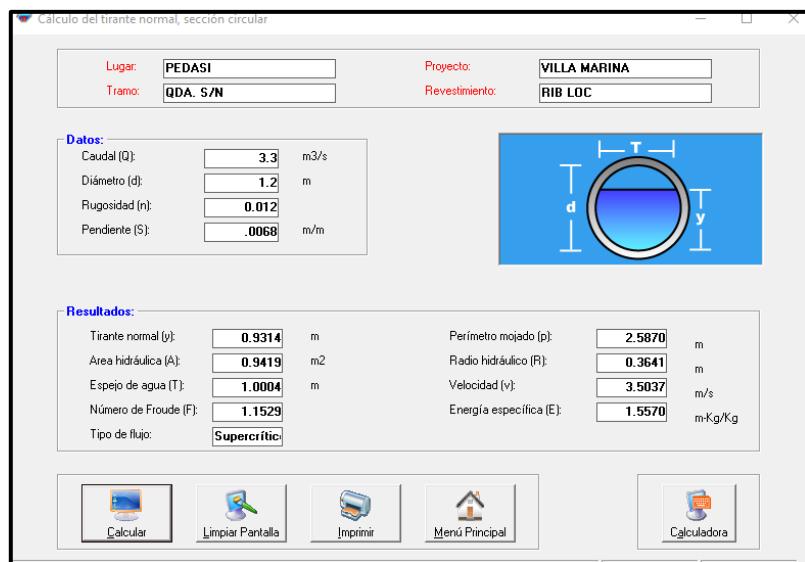


Figura #5 Sección Hidráulica tubería Rib Loc 1,700mm.



- iv. Presentar inicio y final de infraestructura del drenaje, dimensiones (ancho, profundidad) y hacia donde se descargan las aguas drenadas. Coordenadas UTM (respectivos DATUM en archivo digital).

R: Respecto a los drenajes, cabe mencionar que, esta infraestructura da alusión a las infraestructuras pluviales, las cuales darán gestión a las aguas de la escorrentía, proveniente de las precipitaciones y los aportes de las fuentes hídricas existentes.

Coordenadas Tubería Pluvial Quebrada A (Datum Wgs-84)

Punto	Este	Norte
Inicio	589815.246	82147.604
Final	589846.763	821261.576

Coordenadas Tubería Pluvial Quebrada B (Ramal Venado) (Datum Wgs-84)

Punto	Este	Norte
Inicio	589914.012	821400.722
Final	589850.007	821260.529

- b. De acuerdo a la inspección realizada, podemos evidenciar que el polígono del proyecto **“ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL CAT. II, PROYECTO: ADECUACIÓN DE TERRENO”**, es atravesado por la quebrada Venado. Por lo que solicitamos lo siguiente:

- i. Indicar los impactos y medidas de mitigación a implementar en el área de la quebrada.

R. Relacionado a los impactos relacionados a las fuentes hídricas como ha sido expuesto en el desarrollo del capítulo 9 del EsIA, podemos describir lo siguiente:

- **Generación de Erosión (S-1):** Dicho impacto está asociado a la remoción de la vegetación existente, dado al movimiento de tierra requerido para

establecer la terracería de diseño, el cual puede darse por la erosión hídrica se da por el contacto de la lluvia que golpea el suelo y la escorrentía superficial arrastra los sedimentos. Mientras que, para la estación seca, se da por la acción del viento que levanta las partículas de suelo y las transporta a otras áreas. Dado que el proyecto consiste en el movimiento de tierra y adecuación del terreno la ocurrencia de erosión mantiene altas probabilidades.

- **Sedimentación de los cuerpos de agua Circundantes (H-1):** Durante las actividades de movimiento de tierras y corte se generará el transporte de sedimentos hacia cunetas pluviales y fuentes hídricas cercanas, lo que ocurrirá principalmente durante la estación lluviosa. Las bajas pendientes minimizarán el impacto, no obstante, el proyecto requiere modificaciones de las terracerías e implementar movimiento de tierra, lo que, aunado al desmonte de cobertura vegetal existente, condición que promueve el aumento de procesos erosivos, sin embargo, dado a las tecnologías existente en cuando al manejo de la erosión.
- **Aumento de flujos de las aguas superficiales (H-2):** Como ha sido expuesto en los apartados previos del EsIA, el área de influencia directa del proyecto, registra una notable deficiencia en la conducción de las aguas de escorrentía, situación que podría darse por diversos factores, de los cuales podríamos mencionar, características de suelo con poco coeficiente de infiltración, topografías planas con pocas pendientes, modificaciones de las terracerías en regiones circundantes, en conjunto con la influencia de la Quebrada Venado, que en periodo de máximas crecidas la misma se desborda, hace evidente que, las modificaciones de las terracerías naturales a través del relleno, incide directamente, como dicha dinámica, sin embargo, el establecer un diseño cónsono con dichas características, mitiga los cambios que podría tener en la dinámica hidráulica el área, así como también permite dar una mejor gestión de dicho caudal, por lo que, se considera, su ocurrencia es muy probable, será mitigable y reversible en el mediano plazo.

- **Alteración de la Calidad de Agua (H-3):** Dado a la necesidad de realizar movimientos de tierra, para ajustar el terraplén a las terracerías de diseño, es de suma importancia identificar el potencial incremento de los procesos erosivos, que a su vez en caso de la existencia de fuentes hídricas cercanas, conlleva de la sedimentación de esta, cabe mencionar que, el proyecto es interceptado por la Quebrada Venado, que realiza su recorrido por el mismo, hasta su desembocadura al mar, donde la parte sur del polígono colinda con dicha línea de playa, sin embargo, como fue expuesto para el impacto anterior, existe tecnología de fácil y eficiente implementación que permite mitigar de manera eficiente dicho impacto, por lo que el mismo se calificó el mismo como su ocurrencia es probable, será recuperable a corto plazo y reversible en corto plazo.

En cuanto a las medidas de mitigación que dan gestión a los impactos identificados en el PMA, podemos señalar las siguientes:

Programa de Protección de Suelos y Aguas Continentales

De acuerdo con el análisis realizado de los impactos que generará el proyecto, se desarrolló el Programa de Protección de Suelos y Aguas cuyo objetivo es la implementación temprana y oportuna de Buenas Práctica de Manejo (BPM).

Medidas para el Control del Incremento en la Erosión y Sedimentación de los Suelos

Las medidas para la conservación de los suelos deben aplicarse donde se vayan a dar movimientos de tierra o remoción de material consolidado durante la estación lluviosa.

Las medidas incluyen:

- a) Construir a lo largo de sitios de drenajes y flujos superficiales, trampas de sedimentos para evitar que los procesos erosivos alcancen cuerpos de aguas cercanos.

- b) Durante la estación seca realizar el rociado de las zonas desprovistas de vegetación para evitar el arrastre de partículas por el viento.
- c) Planificar la mayor cantidad de operaciones de movimiento de tierras durante la estación seca para minimizar el impacto de la compactación de los suelos.
- d) Restringir la operación de maquinaria y equipo de movimiento de tierras al mínimo, concentrando su tránsito dentro de las áreas de construcción.
- e) Facilitar la regeneración y crecimiento de la vegetación natural en las zonas que no interfieran con la ejecución del proyecto.
- f) Estabilizar o proteger las superficies de los suelos y taludes de la terracería con grama o material estabilizador

Medidas para Controlar la Contaminación de Suelos

Además de las medidas contempladas para mitigar las sedimentaciones listadas en el punto anterior, la contaminación de los suelos debe ser mitigada utilizando las siguientes medidas:

- Establecer un programa de control permanente de la utilización y el mantenimiento del equipo rodante y maquinarias que se utilicen en la construcción del proyecto, para evitar pérdidas de combustible o lubricantes. Este programa debe garantizar la operación del equipo de manera eficiente y sin ningún tipo de fugas.
- Construcción de la barrera de contención de sedimentos para evitar su deposición final en los drenajes o fuentes hídricas naturales.
- Construcción de barreras de contención para probables derrames de combustibles.
- En caso de producirse derrames accidentales sobre el suelo, dependiendo de su magnitud, se removerán de inmediato los suelos afectados y serán depositados en tanques para su posterior procesamiento como materiales contaminantes.
- Los mantenimientos de la maquinaria y equipos deberán realizarse obligatoriamente en talleres fuera del área del proyecto. De requerirse en

casos excepcionales el mantenimiento en el sitio, se debe contar con un área debidamente habilitada la cual tendrá pisos impermeables cubiertos de algún material absorbente (arena, arcilla, etc.) y disponer de recipientes herméticos para la disposición o reciclaje de estos desperdicios y disponer de un kit antiderrame en caso de eventos de este tipo.

- Los combustibles y lubricantes deben ser dispuestos en recipientes cerrados.
- Recolectar y reciclar los lubricantes y grasas durante y después de las acciones de mantenimiento del equipo rodante.
- Realizar las capacitaciones periódicas en temas relacionados con los riesgos asociados a derrames y accidentes en el transporte y manejo de hidrocarburos y otras sustancias contaminantes.
- Se deben colectar todas las aguas contaminadas con cualquier sustancia química para su tratamiento, de modo que no contaminen los suelos o cuerpos de agua cercanos al proyecto.
- Todos los desechos generados durante la construcción del proyecto deberán ser recolectados, depositados en botadores adecuados y trasladados al sitio de disposición final previamente autorizado.
- Durante el periodo de construcción del proyecto se deben colocar letrinas portátiles para el uso de los trabajadores (una por cada 15 trabajadores).
- Brindar a dichos inodoros portátiles un servicio que incluya, pero no se limita a la remoción de los residuos y recarga química; limpieza y desinfección; suministro de papel higiénico. El servicio se realizará un mínimo de dos veces por semana, dependiendo de las condiciones. Los inodoros se removerán al final de la etapa de construcción del proyecto.
- Aplicar medidas de seguimiento, vigilancia y control tales como inspecciones y monitoreos periódicos de la calidad del suelo durante la etapa de construcción.

Medidas para el Control al Aumento de Flujo de Aguas Superficiales

Para el control del aumento del flujo de las aguas superficiales se recomienda aplicar las siguientes medidas:

- a) Mantener una limpieza constante de áreas de drenajes a construir.
- b) Realizar la actividad de movimiento de tierra durante la estación seca, en caso tal que se realicen los mismo durante la estación lluviosa, programar las actividades de movimiento de tierra y relleno de forma tal que se evite obstruir el escurrimiento de las aguas superficiales. El material pétreo no deberá ser apilado en sitios donde el agua escurra y de esta manera no se convierta en un obstáculo para el escurrimiento de las aguas superficiales.
- c) Evitar el apilamiento o acumulación de materiales de construcción, equipo o materiales pétreos que pueda afectar el flujo normal de las aguas pluviales hacia los drenajes y causar estancamiento u obstrucciones.
- d) Cumplir a cabalidad los diseños definidos por los estudios hidrológicos e hidráulicos.

Medidas para el Control de la Alteración de la Calidad del Agua

En general, las medidas recomendadas para el control de la contaminación de los suelos también ayudan a evitar que se contaminen las aguas. La calidad de las aguas superficiales continentales y subterráneas debe mantenerse dentro de los límites permitidos por las normas de calidad ambiental de aguas vigentes para el país. Es prioridad no permitir el vertimiento de ningún tipo de sustancias contaminantes en los suelos y/o aguas.

Adicionalmente se recomienda al promotor el cumplimiento de las siguientes medidas:

- Mantener todo equipo y maquinaria que utilice combustible y lubricantes en buenas condiciones mecánicas para evitar posibles fugas.
- Instalar en los distintos frentes de trabajo, sanitarios portátiles para recoger las excretas humanas, y así evitar la contaminación de aguas y suelos (1/15 trabajadores).
- Verificar que se les brinde a dichos inodoros portátiles un servicio que incluya, pero no se limita a la remoción de los residuos y recarga química; limpieza y desinfección; y suministro de papel higiénico, por lo menos

dos veces por semana.

- Evitar verter aguas contaminadas con cemento u otras sustancias en el suelo, de modo que no escurran hasta los ríos y quebradas, los canales de drenaje.
 - No verter aguas negras ni arrojar residuos sólidos a los cuerpos de agua cercanos.
 - Evitar que ocurran pérdidas de combustible o lubricantes o de otro tipo de sustancias tóxicas en el suelo que puedan filtrarse a las aguas subterráneas y subsecuentemente a los cuerpos de agua superficiales.
 - Remover cualquier derrame de combustible o hidrocarburo inmediatamente ocurra el evento y disponerlo en sitios adecuados.
 - Disponer de absorbentes de petróleo y barreras flotantes que eviten a corto plazo la dispersión de hidrocarburos en el agua.
 - Evitar la acumulación de basura o desechos tóxicos que a contacto con el agua fluvial pueda contaminarla, y ésta a su vez, al filtrarse en profundidad, contaminando las aguas subterráneas.
 - Recoger y depositar en botaderos seguros todo desecho que se genere diariamente
 - Proveer de trampas a los drenajes pluviales que por su ubicación puedan recoger aguas que arrastren agentes contaminantes o sedimentos.
 - Mantener el drenaje pluvial en buenas condiciones y libre de obstrucciones y desechos.
 - Dirigir las aguas producto del lavado de maquinarias a un sistema de retención de sedimentos y separador de grasas y aceites.
 - Aplicar medidas de seguimiento, vigilancia y control tales como inspecciones visuales y monitoreos periódicos de la calidad del agua continental durante la etapa de construcción.
- ii. Presentar los impactos y medidas de mitigación que implementará el promotor, para salvaguardar la flora y fauna observada en la franja de bosque circundante a la quebrada Venado.

R. En cuanto a posibles impactos a la flora y fauna observada en la franja de bosque de galería cabe mencionar que, el proyecto establece un concepto de desarrollo que propone la no intervención de las fuentes hídricas identificadas en el área de influencia directa del proyecto, por consiguiente, para identificar las áreas reales ocupadas por los bosques de galería a conservar, se realizó un replanteo en campo, para identificar los alineamientos reales de cada fuente hídrica identificada, determinando un ancho promedio a lo largo de las mismas de 10 metros de sección de cauce, por lo que, en seguimiento a lo dispuesto en la Ley Forestal (No. 1 de 3 de febrero de 1994), se estableció una franja de protección de bosque de galería que está dimensionado resguardando 10 metros a cada lado del borde del talud de cada cuerpo hídrico, lo que conforma una superficie de resguardo del bosque de galería de 3.17 Has aproximadamente, aunado a lo anterior, se identificó la región que mantiene la cobertura de manglar con mayor densidad situada en la región de descarga al mar de la Quebrada Venado, la cual para mantener la conectividad de las especies de la zona, se amplió la superficie de conservación del manglar a 1.59 Has adicionales, lo que integra como zona de conservación de bosque secundario más área de manglar de aproximadamente 4.89 has (ver sección de anexos cartografía de áreas de Conservación).

En cuanto al impacto ambiental producido por la remoción de la vegetación restante (fuera de las zonas destinadas a conservación, previamente citadas), se disponen las siguientes medidas o acciones a seguir:

- Definir y marcar físicamente en el terreno con banderillas o pines el área a afectar.
- Determinar la superficie total de cada tipo de cobertura vegetal para el pago de la tarifa por indemnización ecológica.
- Implementar un Plan de Reforestación por compensación sin fines de aprovechamiento a razón de 1 a 10 por cada árbol talado, garantizando el mantenimiento de las parcelas sembradas por un periodo de cinco (5)

años, la ejecución de dicho plan se realizará en coordinación con la Dirección Regional del Ministerio de Ambiente de Los Santos, donde se seleccionará el sitio donde se realizará dicha reforestación.

- Solicitar al Ministerio de Ambiente el permiso de remoción de la vegetación requerida, obtenerlo antes de iniciar la actividad de remoción de la vegetación existente.
- Cumplir con el pago de la tarifa por indemnización ecológica de acuerdo con la Resolución AG-0235-2003/ANAM.
- Las sierras a motor a utilizar en la tala deben estar debidamente inscritas en el Ministerio de Ambiente. (Resolución JD-01-98 de 22 de enero de 1998)
- Durante la construcción se deberá operar el equipo móvil de manera que cause el mínimo deterioro a la vegetación y a los suelos circundantes. Para tal fin se deberá capacitar e informar a los operadores de manera que sea del completo conocimiento de todo el personal.
- En común acuerdo con el Ministerio de Ambiente y coordinar la disposición final de la biomasa vegetal resultante de la actividad remoción de la vegetación existente.
- Evitar acumular la biomasa vegetal en sitios no autorizados.
- No depositar los restos vegetales en sitios donde se obstruyan cauces de agua y que finalmente puedan ser arrastrados por corrientes de agua.

Arborización y Engramado

El siguiente componente, busca reducir los impactos negativos producto de la pérdida de cobertura vegetal, recuperar parte del hábitat perdido, además de facilitar la protección del suelo desnudo para minimizar la erosión hídrica y eólica, así como también mejorar el componente estético del área, proporcionando árboles que brinden alimento a la fauna silvestre en el área. Dicha acción se llevará

a cabo a medida que va avanzando con el diseño de las terracerías y se inicie el proceso de concepto y diseño de la segunda fase de desarrollo del proyecto que involucra el desarrollo de las estructuras turísticas ya que la visualización de esta primera fase tiene como objetivo albergar este tipo de desarrollo enfocado al turismo.

Las especies seleccionadas deben cumplir con las siguientes condiciones:

- Arborización
 - ✓ Que sean arbustos o árboles de follaje y/o flores vistosas que sirvan de atractivo para la fauna.
 - ✓ Que tengan crecimiento radicular profundo.
 - ✓ Que sean especies heliófitas y perennifolias.
 - ✓ Que tengan crecimiento en altura de mediano a bajo.
 - ✓ Que sean tolerantes a las condiciones edáficas existentes.

Se recomienda la utilización de especies como: camarón gigante (*Senna reticulata*), Rosa tabogana (*Nerium oleander*), Rosa de monte (*Brownea macrophylla*), Palma real enana (*Vetchia merrillii*),

- Engramado
 - ✓ Que sean de crecimiento estolonífero
 - ✓ Que toleren las condiciones edáficas y climáticas del sitio
 - ✓ Que sea de follaje permanente

Medidas establecidas para el impacto Pérdida de Hábitat

Para minimizar o compensar impactos sobre el hábitat durante la construcción, se recomienda la aplicación de las siguientes medidas:

La creación de áreas verdes, como medida de compensación sobre el hábitat perdido, podrá ofrecer una alternativa de hábitat para algunas especies que lo perdieron en la etapa de construcción, principalmente para aquellas adaptadas a ambientes intervenidos.

- Establecer las áreas verdes dentro del proyecto, según lo planteado en el diseño de la obra, lo cual no reemplazará el hábitat perdido, pero, permitirá que algunas de las especies, principalmente aquellas oportunistas o que toleran sitios perturbados, tengan una nueva opción de hábitat.
- Evitar afectaciones a los hábitats presentes fuera del área del proyecto circunscribiendo las actividades específicamente dentro de la huella de este.
- Restaurar aquellas áreas, dentro de la huella del proyecto, que durante la etapa de construcción fueron desprovistas de su cubierta vegetal.
- Respetar los bosques de galería de las fuentes hídricas situadas en el proyecto.

Medidas para el Control de la Perturbación de la Fauna Silvestre

Para alcanzar los objetivos antes mencionados, se recomienda la aplicación de las siguientes medidas de prevención y mitigación:

- Realizar las labores de construcción de preferencia en horarios diurnos, ya que durante la noche el ruido se incrementa.
- Dirigir, si se labora durante la noche, las luces hacia los sitios específicos de trabajo, evitando la iluminación de los hábitats de la fauna.
- Minimizar lo más posible la intensidad lumínica utilizada.
- Evitar los ruidos innecesarios generados por silbatos, bocinas, sirenas, pitos, motores encendidos, etc.
- Instalar y mantener en perfectas condiciones los silenciadores de los equipos a motor (vehículos, equipos y maquinarias).
- Mantener los vehículos en buenas condiciones y disponer de sistemas de escapes adecuados y eficaces.
- Dar mantenimiento periódico a la maquinaria y equipo a motor que sean empleados durante las actividades del proyecto.
- Colocar letreros de aviso que prohíban el molestar a los animales silvestres.
- Hacer cumplir las leyes y normas establecidas por MiAmbiente sobre la protección a la fauna silvestre.
- Brindar preparación de tipo ambiental a los empleados de la obra (incluido en el Plan de Educación Ambiental).

- Ejecutar a cabalidad del Plan de Rescate de Flora y Fauna.
- Implementar como atractivo turístico, sitios de avistamiento y conservación de las especies de fauna endémica como lo es el mono aullador de Azuero (*Alouatta coibensis trabeata*).

Medidas para el Control al Riesgo de Atropello de los Animales Silvestres

En vista de que, durante la construcción, algunos animales se pueden encontrar en el área de trabajo, el tránsito de vehículos y maquinaria pesada; podría generar el atropello de algunos de estos animales, así como de los que debido a la perturbación intenten cruzar las vías localizadas en el entorno. Por lo tanto, se hace necesario tomar medidas mitigables para reducir las posibilidades de que ocurran estos tipos de accidentes.

Entre las medidas recomendadas se encuentran:

- Regular la velocidad máxima dentro del área del proyecto y sus alrededores de 15 - 20 km/h.
 - Instalar letreros, en ciertas áreas específicas de mayor frecuencia y existencia de fauna que indiquen a los conductores de los vehículos del proyecto que reduzcan la velocidad debido a la posible presencia de animales.
 - Colocar letreros de aviso de cruce de animales en las vías localizadas en el entorno al proyecto al proyecto.
- iii. Indicar en plano o croquis, ubicación, nombre del cuerpo de agua (Quebrada), su ancho (en metros) y la parte de del borde superior del talud, “demarcar, sombrear y acotar” la franja de bosque a proteger en cumplimiento con la Ley No. 1 de 3 de febrero de 1994.

R. Para definir las superficies de conservación de los bosques de galería, se realizó un replanteamiento en campo de cada fuente hídrica, con el objetivo de determinar el alineamiento real de cada fuente identificándose un ancho promedio de las fuentes de

10 metros, estableciéndose una franja de protección de bosque de galería que está dimensionado resguardando 10 metros a cada lado del borde del talud de cada cuerpo hídrico, lo que conforma una superficie de resguardo del bosque de galería de 3.17 Has aproximadamente (Ver en la sección de anexos, cartografía de áreas de conservación).

- c. En el punto **5.4-2 Construcción/ejecución** en el subpunto **Desmonte y Limpieza** se indica lo siguiente “*consiste en la remoción de la cobertura vegetal del globo de terreno destinado para el proyecto, la cual está conformada por bosque secundario joven (rastrojo). Los trabajadores realizarán esta labor con herramientas y equipos tales como motosierras, machetes, rastrillos, coas, palas, sogas, azadones, sierras retroexcavadoras y camiones para el transporte del material. Los materiales y desechos provenientes de esta actividad serán recogidos y llevados hasta su disposición final en vertedero municipal*”.

- i. Presentar el permiso otorgado por el Municipio de Pedasí, en caso de que reciban aquellos desechos que se puedan generar por el desmonte y limpieza del proyecto **“ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL CAT. II, PROYECTO: ADECUACIÓN DE TERRENO”**.
- ii. En caso de que el vertedero municipal no reciba los desechos, presentar las coordenadas UTM y sus (respectivos DATUM) en archivo digital del botadero que se dispondrá para depositar los remanentes.

R. En atención a la siguiente solicitud se realizó el acercamiento con el Municipio de Pedasí, para determinar la capacidad de recepción del dicho material proveniente de la remoción de la vegetación, donde se identifica restricciones para la recepción del material inerte a remover, por consiguiente, se destinará una superficie de 3,222 m², de la finca con Folio Real 31475, situada en cercanías al proyecto, propiedad de la sociedad PLAYA VENAO LAND, CORP, para la disposición de dicho material (Ver sección de anexos documentación legal donde se autoriza el uso del predio), dispuesto bajo las siguientes coordenadas:

**Tabla #1 Coordenadas UTM del Sitio de Disposición de Material Inerte
(Botadero) (Datum Wgs-84)**

Punto	Norte	Este
1	821591.52	590791.47
2	821629.21	590825.26
3	821672.92	590784.61
4	821627.82	590749.34

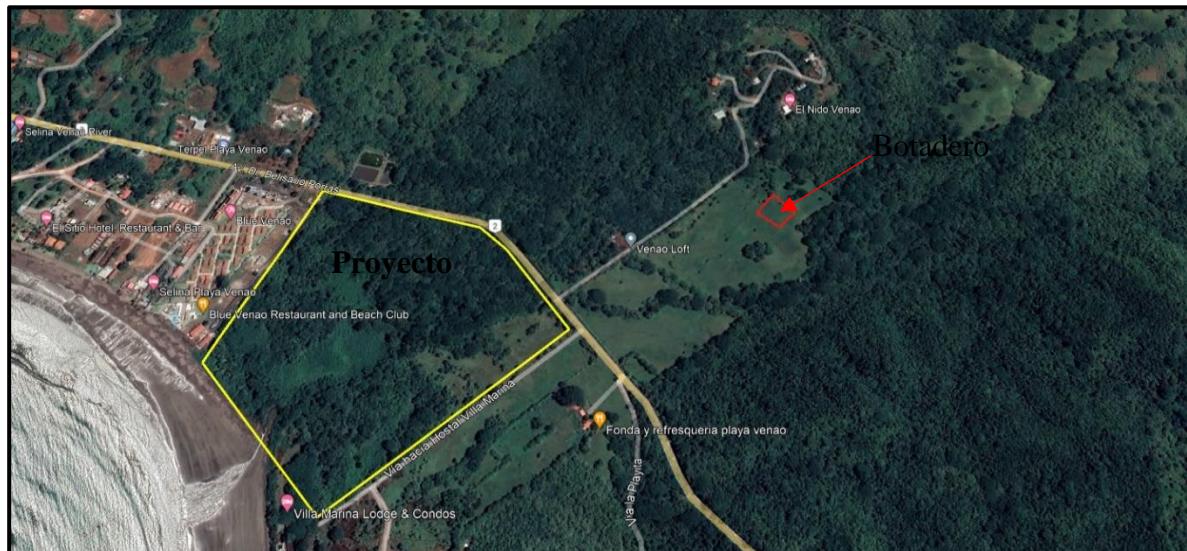


Figura # 1. Ubicación del sitio de Botadero, respecto a la ubicación del proyecto. Fuente Google Earth.

Cabe mencionar que, el área dispuesta para la recepción del material inerte proveniente del proyecto es un área intervenida, donde se visualiza actividades de ganadería, en dicha superficie no se ubican fuentes hídricas, ni formaciones boscosas, la vegetación de la zona predomina las herbáceas por lo que, no se prevé impactos significativos por el uso de dicha zona como área de depósito, sin embargo, se contemplan las siguientes medidas de mitigación:

- Ceñir el depósito de material únicamente a la superficie dispuesta para tal fin.

- Establecer barreras de control de erosión (a base de material leñoso), para evitar la movilización del material almacenado hacia zonas ajenas a las superficies autorizadas para tal fin.
- La selección de esta superficie se definió con el objetivo de disminuir el tránsito de maquinaria (camiones) en las vías principales del sector, miniándose el impacto a la infraestructura vial o al tráfico de la zona, disminuyendo el riesgo de accidentes.



Figuras #2 y 3. Vista del área a implementarse como sitio de disposición de material inerte. Fuente: Equipo Consultor.

2. La Dirección de Forestal del Ministerio de Ambiente, a través del **Memorando DIFOR-823-2022**, remite sus comentarios técnicos de evaluación y señala lo siguiente:

- Solicitamos informar a los promotores, la necesidad de un replanteo y adecuación en su propuesta de manejo a dar a los recursos boscosos existentes en el polígono del proyecto. En ese sentido, solicitamos detallar y señalando mediante mapa específico, un área de por lo menos 15 por ciento (%) de la superficie de bosque secundario reportada en el estudio, que permanezca bajo una oferta de protección y conservación asegurando de esta forma, un

desarrollo en armonía con el medio ambiente propiciado a su vez el desarrollo de este, bajo un armonioso equilibrio ecológico.

R. En cuanto a lo solicitado en este numeral, como ha sido expuesto en los párrafos previos, el proyecto se estableció una franja de protección de bosque de galería que está dimensionado resguardando 10 metros a cada lado del borde del talud de cada cuerpo hídrico, lo que conforma una superficie de Bosques de galería A (0.79 m^2), Bosque de galería B (2.04 Has), Zona de Protección de Manglar (2.06 Has), conformando un total de aproximadamente 4.89 Has. Ver sección de anexos cartografía de áreas de Conservación, lo que conforma la conservación del 15% de la superficie boscosa de la zona.

3. La Dirección de Costas y Mares del Ministerio de Ambiente, a través de la nota **DICOMAR-004-2023**, señala que luego de analizar los componentes marinos costeros que involucran el desarrollo del proyecto, consideramos que el proyecto **“ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL CAT. II, PROYECTO: ADECUACIÓN DE TERRENO”** requiere:

a. Especificar la actividad de desarrollo que se efectuará dentro de las áreas de 29 ha + 1908 m^2 + 57 dm^2 .

R. El presente EsIA, define su alcance a la nivelación y adecuación de terreno, el cual involucra la primera fase de un proyecto de vocación turística, la cual posteriormente, albergará la construcción de estructuras con fines turísticos (vocación hotelera), rubro que es desarrollado por el promotor en la actualidad, el cual cuenta con hoteles construidos y en operación como lo son los proyectos Hotel Villa Marina y demás fases, el cual se sitúa en la parcela colindante al área de proyecto, dicho desarrollo, se ejecutará en sintonía con la vocación definida para la zona, donde se observan a lo largo de la costa, diversos proyectos hoteleros y de condominios enfocados al turismo. Por lo que, el promotor compromete la construcción de dichas obras afines al turismo dentro del predio.

- b. Indicar de manera georreferenciada, cuáles son las áreas específicas de intervención y de conservación dentro del polígono solicitado (coordenadas UTM).

R. En la sección de anexos se puede observar los mapas generados diferenciando las áreas de intervención y de conservación dentro del polígono del proyecto, realizados con coordenadas UTM, datum WGS84. Además, se entregan como documento digital complementario a esta respuesta aclaratoria los archivos digitales de los polígonos de las diferentes zonas (intervención/conservación) en formato shapefile y sus respectivas coordenadas en formato de Excel. Además, se pueden encontrar los mapas elaborados en formato pdf.

- c. Debido a los hallazgos en campo de áreas de manglar no reportadas en el EsIA, tendrán que rectificar las zonas de vegetación de manglar e incluirlas en las tablas georreferenciadas.

R. En cuanto a este componente se realizó un replanteo en campo de las superficies cubiertas con especies asociadas al humedal donde se delimitó una superficie de aproximadamente seis (6 Has), que están conformadas en su gran mayoría por especies herbáceas, Bosque secundario, helechos y arbustos asociadas a este tipo de ecosistemas visualizándose especies como: Magnoliopsida, Liliopsida, paja de agua, Helechos y aliados, entre otras, que conforma un 83.33 % de dicha superficie y parches de mangle dispersos en la franja sur este del polígono colindantes al proyecto habitacional existente (Blue Venao, Selina) los cuales intervinieron previamente los manglares existente en dicha franja costera, observándose especies como: Mangle negro, Mangle blanco, Mangle rojo, Mangle botoncillo, que atienden aproximadamente una (1) hectárea, ocupando un 16.66 % de esta área definida como área de especies asociadas a humedal (situada dentro de las 6 has). Aunado a lo anterior, se identificó adicionalmente en la región sur del polígono desembocadura (estero) de la quebrada sin nombre, la mayor concentración de manglar en cuanto a la densidad del mismo respecto a su distribución en el polígono dimensionándose aproximadamente 2.06 Has, por

lo que, se redistribuyó las geometrías del área de desarrollo del proyecto, con el objetivo de conservar la zona que presenta una mayor densidad de mangle, estableciéndose la superficie de 2.06 Has, como zona de conservación del manglar (Ver cartografía Delimitación de áreas para la intervención y para la conservación).

Es de relevancia mencionar que, dado a que el proyecto consiste en la adecuación, nivelación de terreno y aprovechamiento de la finca con Folio Real N° 32267, la cual albergará únicamente proyectos de vocación turística, rubro de inversión de la sociedad Inversiones Villa Marina, S.A., requiere de la intervención de la superficie establecida como área de intervención de especies asociadas a humedales (6 has de las cuales aproximadamente 1 has está compuesta por parches de manglares dispersos), esta intervención acoge su sustento jurídico a lo establecido en el artículo 33 de la Ley N° 2 de 7 de enero de 2006, Que regula las concesiones para la inversión turística y la enajenación de territorio insular para fines de su aprovechamiento turístico y dista otras disposiciones, que señala lo siguiente: *“...Quedan prohibidos la tala, el uso y la comercialización de los bosques de manglar, de sus productos, partes y derivados; se exceptúan los proyectos de desarrollo turístico, previa aprobación del estudio de impacto ambiental y cumplimiento de la legislación vigente...”*; sin embargo, dicha intervención será compensada en seguimiento a lo dispuesto en la Resolución J.D. No.020 de 23 de mayo de 2012, que modifica la Resolución J.D. N° 1 de 26 de febrero de 2008, que establece en su numeral siete (7) lo siguiente: *“...Permiso de tala de manglar para proyectos comerciales: B/. 10,000 por hectárea, más una mitigación ambiental de dos (2) hectáreas reforestadas por una (1) hectárea talada...”*, por lo que, se adicionará al Plan de Reforestación de Bosque, un Plan de Reforestación de Mangle y se llevará a cabo en coordinación con la Dirección de Costas y Mares del Ministerio de Ambiente, con el objetivo de restaurar bosques de manglar situados en la región.

La sección de anexos muestra un mapa donde se encuentra actualizada el área de zonas relacionadas a manglar y humedales. Los documentos digitales entregados como complemento a esta respuesta incluyen los formatos en Excel de las coordenadas del manglar, los archivos del polígono en formato shapefile y el respectivo mapa generado en formato pdf.

- d. Indicar las medidas de mitigación para los desechos generados por el proyecto, derrames de sustancias y aguas residuales que afecten las áreas de manglar.

R. En cuanto a las medidas de mitigación a implementar para el manejo de los desechos producidos por el proyecto, cabe mencionar que, los residuos producidos por el proyecto, dado a su génesis esta conformado en su 90 % por material orgánico, resultante de las actividades de remoción de la capa vegetal existente, la cual será dispuesto en un sitio de depósito como ha sido expuesto en las respuestas previas.

En cuanto a aguas residuales, dado a que el proyecto consiste en la adecuación del predio, las aguas residuales producidas por dicha actividad, son las concernientes a las necesidades fisiológicas de los colaboradores, por lo que se podría clasificar las mismas como domésticas y las mismas serán manejadas mediante la contratación de servicios de letrinas portátiles a empresas que cuenten con los permisos y autorizaciones necesarias para el desarrollo de dicha actividad.

Relacionado a residuos de hidrocarburos, cabe mencionar que los mismos guardan relación a fugas o daños de los equipos utilizados en el proyecto (equipo pesado) durante su fase constructiva, cabe resaltar que, no se contempla en el presente proyecto el almacenamiento de combustible en el área de proyecto, el abastecimiento de los equipos debe ser realizados en zonas fuera del área de influencia del proyecto. En caso de fugas de hidrocarburos o algún otro tipo de sustancia nociva, se debe activar los protocolos dispuestos en el Plan de Contingencia dispuesto en el EsIA, cuyo

objetivo será aislar el fluido vertido, para luego ser removido y dispuestos en sitios debidamente autorizados, para realizar la contención del mismo se dispondrá como mínimo el siguiente equipamiento:

- Equipo de comunicación.
- Equipo de protección personal para actividades de limpieza como lo son: guantes de caucho y de cuero, lentes protectores y vestimenta de protección.
- Barreras flotantes, de contención para derrames de combustibles.
- Boom y pads adsorbentes.
- Productos de limpieza para derrames pequeños de combustibles.
- Palas, machetes y picas.
- Maquinaria para la excavación de materiales contaminados.
- Contenedores, tanques y bosas de almacenamiento temporal para limpiar y transportar los materiales contaminados.
- Absorbentes tales como almohadas, paños y estopas para contención y recolección de líquidos derramados.
- Equipos comerciales para derrames.

4. En la página 48 del EsIA, punto **5.0 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO, OBRA O ACTIVIDAD**, se indica que el objetivo principal del proyecto es adecuar y nivelar una superficie de 29 ha + 1,908 m² + 57 dm², sin embargo, mediante verificación de coordenadas por la Dirección de Información Ambiental (DIAM), se generó un polígono con una superficie de 29 ha + 4, 821.5 m². **Por lo antes descrito se solicita presentar las coordenadas UTM, corregidas.**

R. El polígono del área de proyecto fue verificado, de manera que el área coincide con la superficie mencionada en la aclaratoria. Las coordenadas UTM WGS-84 corregidas son las siguientes:

ID	ESTE	NORTE
1	589654	821305
2	589852	821687

3	590181	821598
4	590381	821359
5	589871	820933
6	589823	821134
7	589828	821196
8	589811	821199
9	589778	821162
10	589654	821305

Los documentos complementarios que acompañan la presente aclaratoria incluyen los formatos requeridos para las coordenadas del polígono del proyecto, así como sus respectivos archivos en formato de shapefile y pdf.

Anexos

ANEXO 1
AUTORIZACIÓN DE USO DE BOTADERO

FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN PARA SITIO DE BOTADERO

FECHA: 2 de febrero de 2023

PROYECTO: Estudio de Impacto Ambiental Cat. II, Proyecto "Adecuación de Terreno"

Yo, José Ramón Icaza, con cédula de identidad número 8-709-583, representante legal de la Sociedad Playa Venao Land Corp., S.A. dueño del predio 31475, ubicado en el corregimiento de Oria Arriba, distrito de Pedasí, Provincia de Los Santos, y una superficie de 23 HAS. 4222 m²

Autorizo a la empresa Inversiones Villa Marina, S.A. para que deposite material vegetal y edáfico resultante de la ejecución del Proyecto Adecuación de Terreno.

El polígono para botadero tiene 3222 m², bajo las siguientes coordenadas

1	590791.47 m E, 821591.52 m N
2	590825.26 m E, 821629.21 m N
3	590784.61 m E, 821672.92 m N
4	590749.34 m E, 821627.82 m N

Una vez aprobado el abandono del botadero por parte del promotor cumpliendo con las medidas mitigantes del Estudio de Impacto Ambiental y recibido satisfactoriamente por el dueño, la Empresa notificara al propietario que una vez terminado la utilización del botadero y cierre de documentación, para utilizar la propiedad bajo su responsabilidad atendiendo al cumplimiento civil y ambiental.

Agradeciendo la atención.


JOSE RAMON ICAZA

C.I. 8-709-583

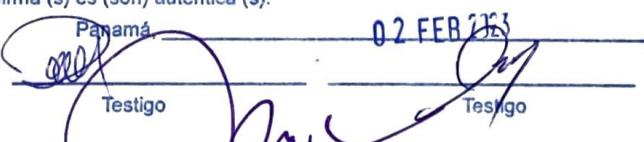
Representante Legal

PLAYA VENADO LAND CORP.

La suscrita, NORMA MARLENIS VELASCO C., Notaria Pública Duodécima del Circuito de Panamá, con Cédula de Identidad No. 8-250-338.

CERTIFICO:

Que la (s) firma (s) anterior (es) ha (n) sido reconocida (s) como suya (s) por los firmantes, por consiguiente, dicha (s) firma (s) es (son) auténtica (s).


Panamá _____ 02 FEB 2023
Testigo _____ Testigo _____

Licda. NORMA MARLENIS VELASCO C.
Notaria Pública Duodécima





REPÚBLICA DE PANAMÁ
TRIBUNAL ELECTORAL

Jose Ramon
Icaza Clement

NOMBRE USUAL:
FECHA DE NACIMIENTO: 17-JUN-1977
LUGAR DE NACIMIENTO: PANAMÁ, PANAMÁ
SEXO: M
EXPEDIDA: 14-ABR-2020

8-709-583



SHC

Yo, LICDO. NATIVIDAD QUIRÓS AGUILAR, Notario Público
Décimo Tercero del Circuito de Panamá, con cédula
Nº 2-106-1790

CERTIFICO:

Que he cotejado detenida y minuciosamente esta copia
fotostática con su original y la he encontrado en todo
conforme.

Panamá,

03 FEB. 2023

LB
LICDO. NATIVIDAD QUIRÓS AGUILAR
Notario Público Décimo Tercero





Registro Público de Panamá

CERTIFICADO DE PROPIEDAD

ENTRADA 41384/2023/J.J.R.

QUE SOCIEDAD PLAYA VENADO LAND CORP, S ES PROPIETARIA DE LA FINCA 31475, INSCRITA AL DOCUMENTO REG.: 910310, CON CODIGO DE UBICACION 7405, SECCION DE PROPIEDAD, PROVINCIA DE LOS SANTOS.

FECHA DE ADQUISICION: 4 DE AGOSTO DE 2006.

QUE ESTA FINCA CONSISTE EN UN TERRENO, SITUADO EN EL CORREGIMIENTO DE ORIA ARRIBA, DISTRITO DE PEDASI, PROVINCIA DE LOS SANTOS.

SUPERFICIE: 23HAS.4222MTS2

VALOR DE TRASPASO: B/. 144.00

QUE SOBRE ESTA FINCA NO CONSTAN GRAVAMENES VIGENTES INSCRITOS A LA FECHA

RESTRICCIONES: ESTA ADJUDICACION QUEDA SUJETA A LAS RESTRICCIONES LEGALES DEL CODIGO AGRARIO, CODIGO ADMINISTRATIVO, LEY 1 DEL 3 DE FEBRERO DE 1994, LEY 41 DEL 1 DE JULIO DE 1998 DE AUTORIDAD NACIONAL DEL AMBIENTE, DECRETO DE GABINETE, DECRETO DE GABINETE 35 DEL 6 DE FEBRERO DE 1969, Y DEMAS DISPOSICIONES QUE LE SEAN APLICABLES. SE ADVIERTE AL COMPRADOR QUE ESTA EN LA OBLIGACION DE DEJAR UNA DISTANCIA DE CINCO METROS DESDE LA CERCA DE LA PARCELA ADJUDICADA HASTA EL EJE DEL CAMINO DE SERVICIO EN PLAYA VENADO, CON EL CUAL COLINDA AL SUR Y OESTE. PARA MAS DETALLES VEASE DOCUMENTO DIGITALIZADO REDI NO. 910310 FECHA DE REGISTRO: 20060214 10:06:30.6VIVA.

CONSTITUCIÓN DE SERVIDUMBRE (PREDIO SIRVIENTE): SE ADVIERTE AL COMPRADOR QUE ESTA EN LA OBLIGACION DE DEJAR UNA SERVIDUMBRE DE ACCESO PARA OVIDIO VASQUEZ CON EL CUAL COLINDA AL NORTE, FECHA DE REGISTRO: 20060214 10:09:17.1VIVA.

ENTRADAS PRESENTADAS QUE SE ENCUENTRAN EN PROCESO

NO HAY ENTRADAS PENDIENTES.

LA PRESENTE CERTIFICACIÓN SE OTORGA EN PANAMÁ EL DÍA MARTES, 31 DE ENERO DE 2023 1:03 P. M. , POR EL DEPARTAMENTO DE CERTIFICADOS DEL REGISTRO PÚBLICO DE PANAMÁ, PARA LOS EFECTOS LEGALES A QUE HAYA LUGAR.



Valide su documento electrónico a través del CÓDIGO QR impreso en el pie de página o a través del Identificador Electrónico: 0E82CEE1-26FE-4DFD-987D-95D725C4E824
Registro Público de Panamá - Vía España, frente al Hospital San Fernando
Apartado Postal 0830 - 1596 Panamá, República de Panamá - (507)501-6000



Registro Público de Panamá

CERTIFICADO DE PERSONA JURÍDICA

CON VISTA A LA SOLICITUD
41385/2023 (0) DE FECHA 30/01/2023
QUE LA SOCIEDAD

PLAYA VENADO LAND CORP., S.A.

TIPO DE SOCIEDAD: SOCIEDAD ANONIMA

SE ENCUENTRA REGISTRADA EN (MERCANTIL) FOLIO Nº 523914 (S) DESDE EL MIÉRCOLES, 26 DE ABRIL DE 2006

- QUE LA SOCIEDAD SE ENCUENTRA VIGENTE

- QUE SUS CARGOS SON:

SUSCRITOR: ADALBERTO PINZON CORTEZ

SUSCRITOR: OTONIEL HIDALGO ARCIA

DIRECTOR: ROBERTO LEWIS MORGAN

DIRECTOR: LUIS ALBERTO LEWIS

DIRECTOR: ITZA MARIA LEWIS

DIRECTOR: BENJAMEN BOYD LEWIS

DIRECTOR: JOSE RAMON ICAZA

DIRECTOR: GABRIEL LEWIS NAVARRO

DIRECTOR: ALVARO MENDEZ FABREGA

PRESIDENTE: JOSE RAMON ICAZA

VICEPRESIDENTE: GABRIEL LEWIS NAVARRO

TESORERO: ALVARO MENDEZ FABREGA

SECRETARIO: ROBERTO LEWIS MORGAN

TESORERO: ITZA MARIA LEWIS SUPLENTE

SECRETARIO: BENJAMEN BOYD LEWIS SUPLENTE

VOCAL: LUIS ALBERTO LEWIS

AGENTE RESIDENTE: MORGAN Y MORGAN

- QUE LA REPRESENTACIÓN LEGAL LA EJERCERÁ:

EL REPRESENTANTE LEGAL DE LA SOCIEDAD ES EL PRESIDENTE. AL FALTA DEL PRESIDENTE EL REPRESENTANTE LEGAL DE LA SOCIEDAD SERA QUIEN DESIGNE LA JUNTA GENERAL DE ACCIONISTAS.

- QUE SU CAPITAL ES DE ACCIONES SIN VALOR NOMINAL

EL CAPITAL SOCIAL AUTORIZADO DE LA SOCIEDAD SERA DE 500 ACCIONES COMUNES, SIN VALOR NOMINAL.

- QUE SU DURACIÓN ES PERPETUA

- QUE SU DOMICILIO ES PANAMÁ , PROVINCIA PANAMÁ

ENTRADAS PRESENTADAS QUE SE ENCUENTRAN EN PROCESO

NO HAY ENTRADAS PENDIENTES .

EXPEDIDO EN LA PROVINCIA DE PANAMÁ EL MARTES, 31 DE ENERO DE 2023 A LAS 8:42

A. M.. NOTA: ESTA CERTIFICACIÓN PAGÓ DERECHOS POR UN VALOR DE 30.00 BALBOAS CON EL NÚMERO DE LIQUIDACIÓN 1403896027

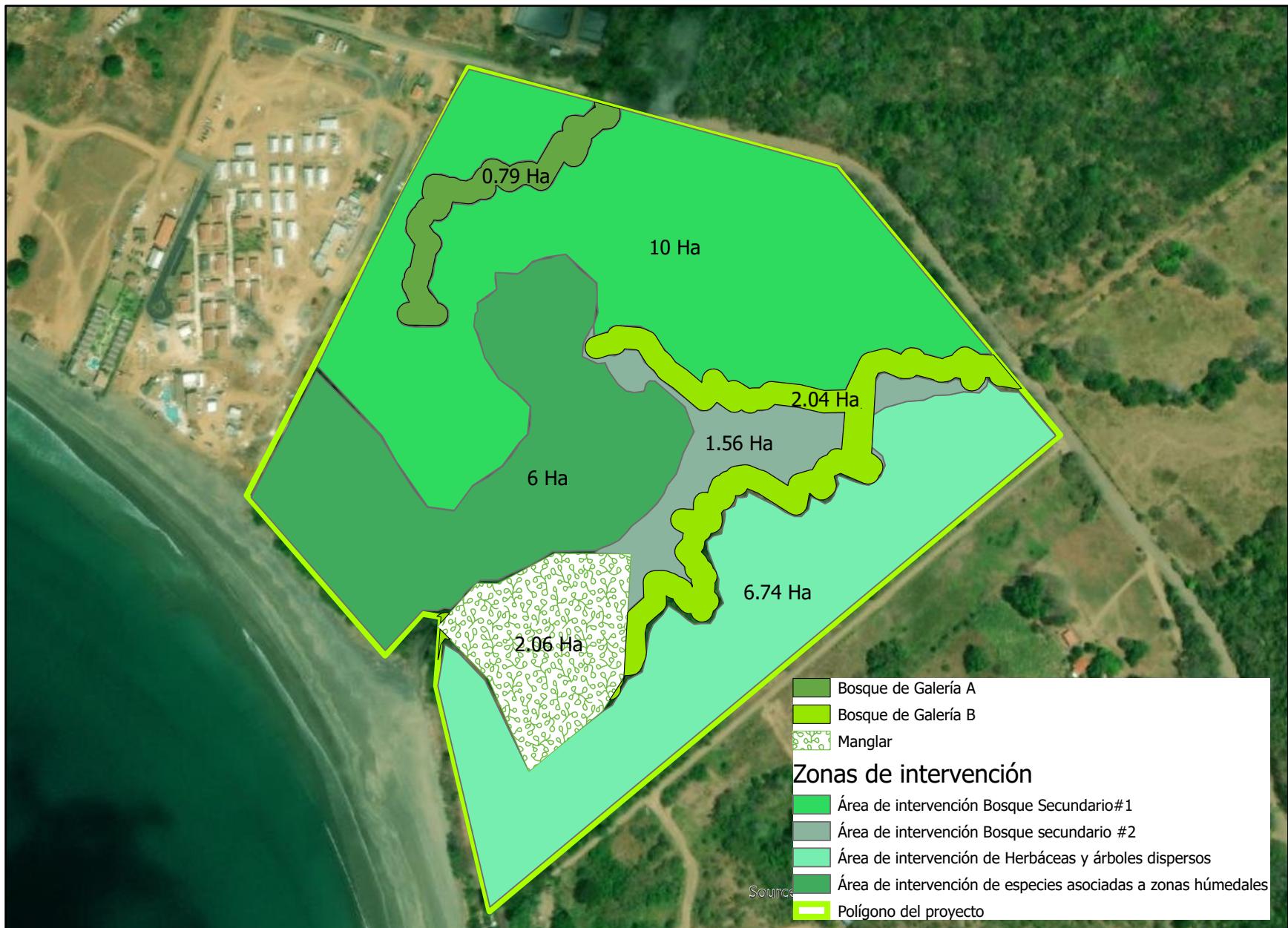


Valide su documento electrónico a través del CÓDIGO QR impreso en el pie de página o a través del Identificador Electrónico: 80E3491B-A857-4AB2-A1E4-2247A345BCCC
Registro Público de Panamá - Vía España, frente al Hospital San Fernando
Apartado Postal 0830 - 1596 Panamá, República de Panamá - (507)501-6000

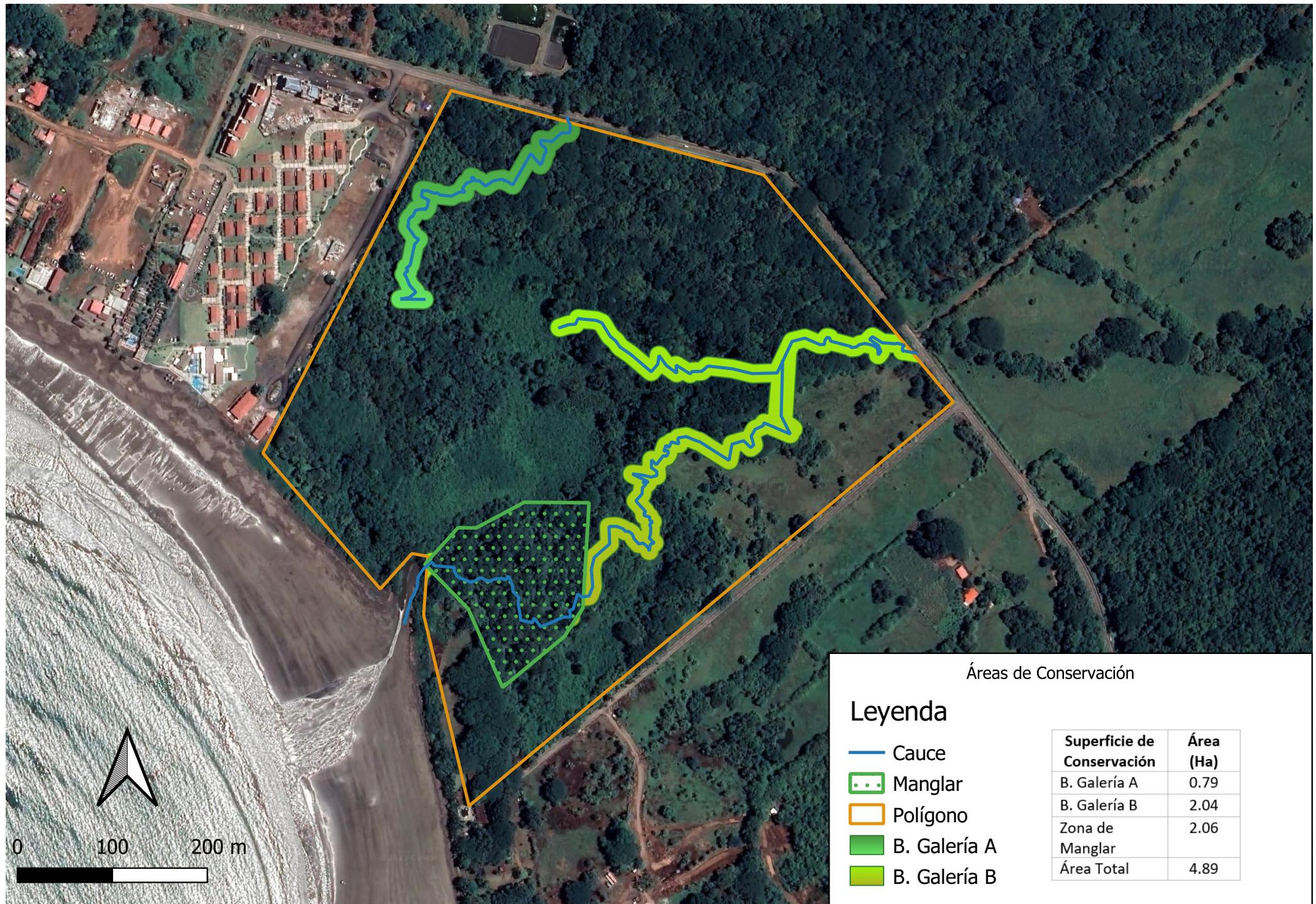
ANEXO 2

DELIMITACIÓN DE ÁREAS PARA INTERVENCIÓN Y PARA CONSERVACIÓN

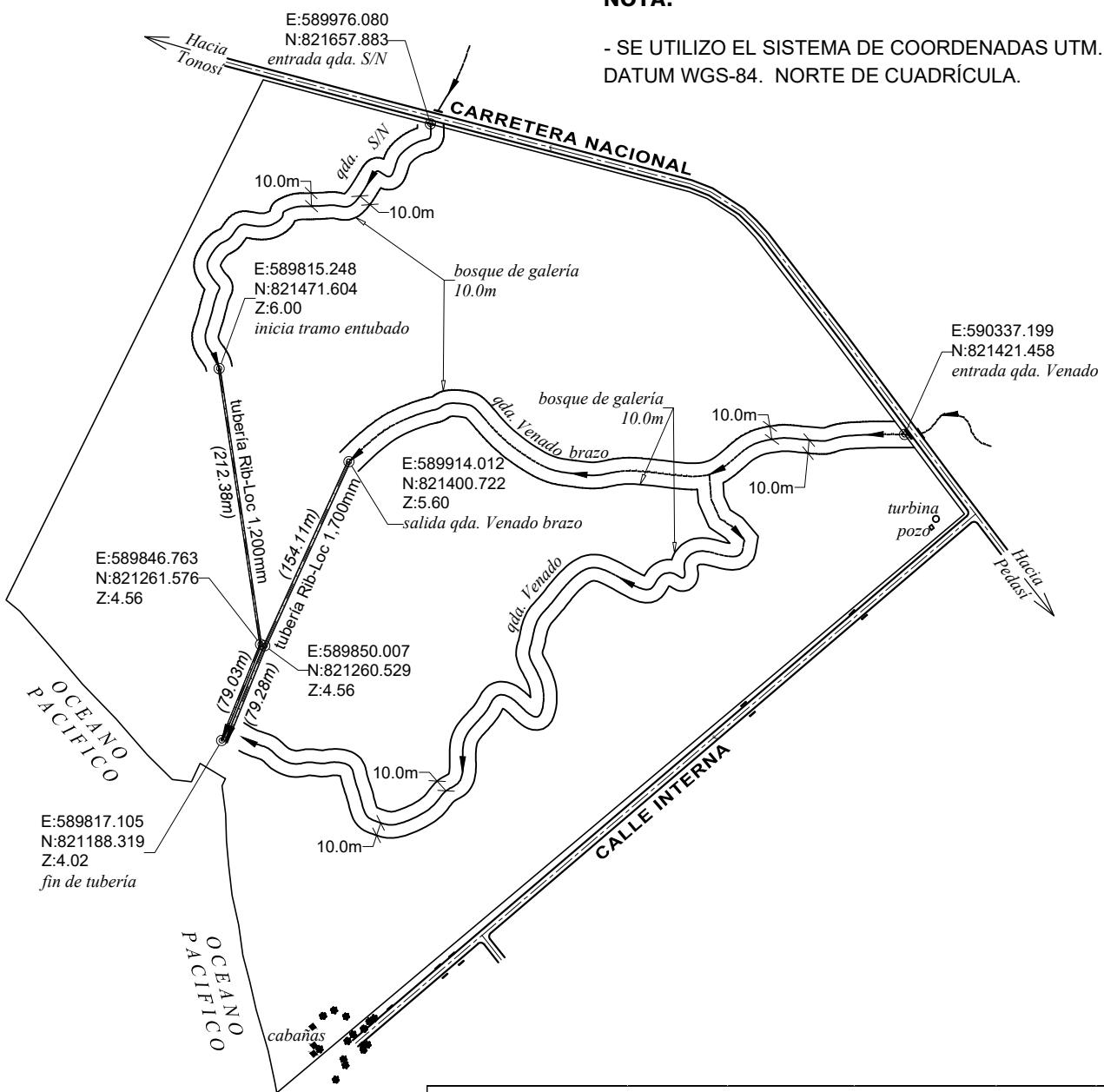
Delimitación de áreas para intervención y para conservación



ANEXO 3
CONSERVACIÓN BOSQUES DE GALERÍA



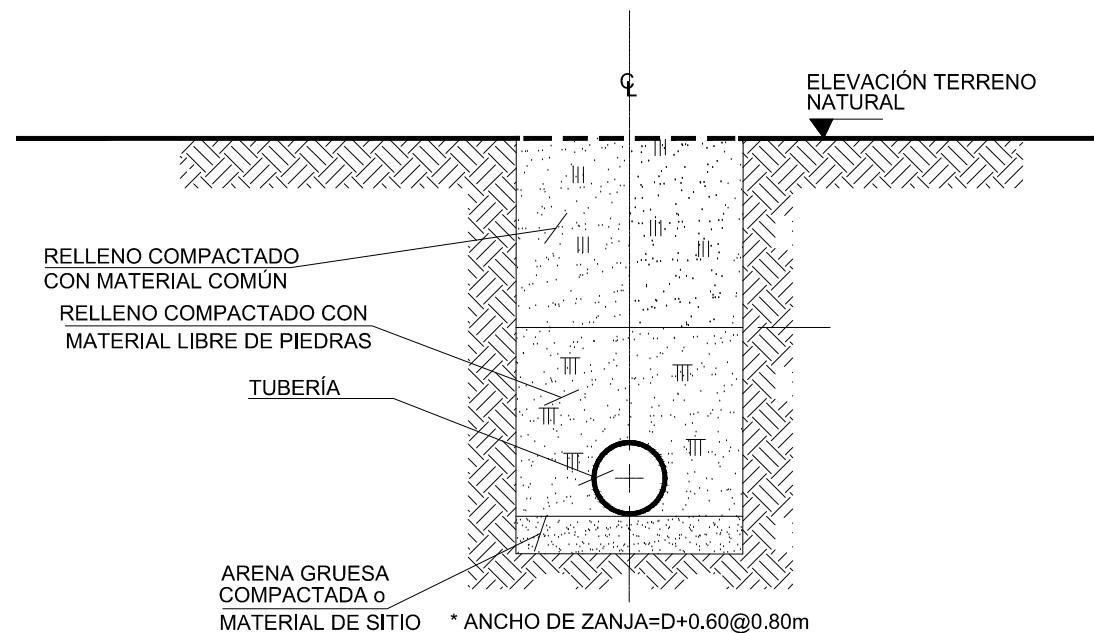
ANEXO 4
INFRAESTRUCTURA DE DRENAJE



ESCALA=1:5,000

SECCION HIDRAULICA						
TRAMO	Q (M3/S)	SECCION	DIAMETRO (mm)	RUGOSIDAD	PENDIENTE (M/M)	TIRANTE (M)
QDA. S/N	3.3	CIRCULAR	1,200	0.012	0.0068	0.93
BRAZO DE QDA. VENADO	8.7	CIRCULAR	1,700	0.012	0.0068	1.37

PROYECTO VILLA MARINA	
INFRAESTRUCTURA DE DRENAJES	
TUBERÍA RIB LOC 1,200mm (tramo-1):	212.38 m
ANCHO DE ZANJA:	1.80 m
AREA DE CONSTRUCCIÓN:	382.28 mc
TUBERÍA RIB LOC 1,700mm (tramo-1):	154.11 m
ANCHO DE ZANJA:	2.50 m
AREA DE CONSTRUCCIÓN:	385.28 mc
TUBERÍA RIB LOC 1,200mm y 1,700mm (tramo-3):	79.28 m
ANCHO DE ZANJA:	5.55 m
AREA DE CONSTRUCCIÓN:	440.00 mc
AREA TOTAL DE CONSTRUCCIÓN DE DRENAJES:	1,207.56 MC



SECCION TRANSVERSAL TÍPICA (zanjado)

ESCALA= 1: 20

PROYECTO
VILLA MARINA
INFRAESTRUCTURA DE DRENAJES

ANEXO 5

INFRAESTRUCTURA DE DRENAJES

DETALLE DE METODOLOGÍA Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

PROYECTO VILLA MARINA – PEDASI
INFRAESTRUCTURA DE DRENAJES
DETALLE DE METODOLOGÍA Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

Para el manejo de las aguas pluviales de este proyecto, se ha propuesto el uso de tubería Rib Loc, la cual por sus especificaciones técnicas se ajusta muy bien a los requerimientos de pendiente, caudal, longitudes y demás características propias de la zona del proyecto.

La tubería Rib Loc autoportante, es un tubo estándar consistente en una banda estructural pre-extruida que es enrollada helicoidalmente y enlazada por medios mecánicos y químicos para formar un tubo de estructura flexible.

Los tubos Rib Loc son tuberías de PVC (cloruro de polivinilo) que en su aplicación para drenaje pueden ser de pared sólida, doble pared o de pared perfilada. Para este proyecto se ha seleccionado la tubería Rib Loc de pared perfilada ya que éstas presentan una rigidez mayor por unidad de longitud que las tuberías de pared lisa.

El principio consiste en diseñar una pared que posea un valor elevado en el momento de inercia de sus elementos, con relativamente poca área (*análogo al caso de vigas I o H en donde usualmente predominan los requerimientos por flexión sobre los de cortante*). Ver figura No.1

Para el manejo de las aguas de la quebrada Sin Nombre se ha seleccionado una tubería con un diámetro interno de 1,200mm; dimensión que nos permite el transporte del caudal tributario que maneja la quebrada. Ver figura No.2-*Sección Hidráulica*.

De la misma forma, para el manejo de las aguas que vienen por el brazo de la quebrada Venado, se ha seleccionado una tubería con diámetro interno de 1,700mm; diámetro suficiente para el manejo del caudal tributario que aporta esta sección de la quebrada. Ver figura No.3-*Sección Hidráulica*.

LA METODOLOGÍA CONSTRUCCIONAL, DEBARÁ APEGARSE EN TODO MOMENTO A LO PLASMADO EN EL MANUAL TÉCNICO DE TUBERIAS RIB LOC DE DURMAN, ALIAxis. (*adjunto*)

FIGURAS

Figura No.1 Elemento Estructural del Perfil Rib Loc.

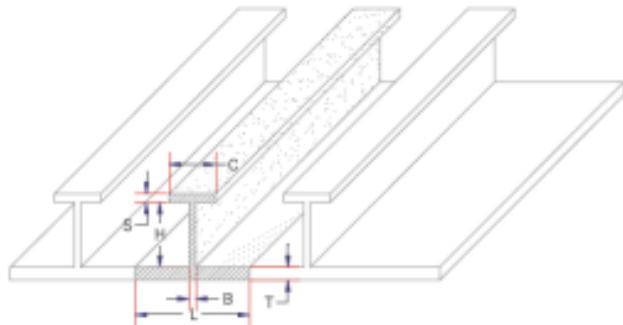


Figura No.2 Sección Hidráulica tubería Rib Loc 1,200mm.

Cálculo del tirante normal, sección circular

Lugar:	PEDASI	Proyecto:	VILLA MARINA
Tramo:	QDA. S/N	Revestimiento:	RIB LOC

Datos:

Caudal (Q):	3.3	m ³ /s
Diámetro (d):	1.2	m
Rugosidad (n):	0.012	
Pendiente (S):	.0068	m/m

Resultados:

Tirante normal (y):	0.9314	m	Perímetro mojado (p):	2.5870	m
Área hidráulica (A):	0.9419	m ²	Radio hidráulico (R):	0.3641	m
Espejo de agua (T):	1.0004	m	Velocidad (v):	3.5037	m/s
Número de Froude (F):	1.1529		Energía específica (E):	1.5570	m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	Supercrítico				

Botones:

	Calcular		Limpiar Pantalla		Imprimir		Menú Principal		Calculadora
--	----------	--	------------------	--	----------	--	----------------	--	-------------

Figura No.3 Sección Hidráulica tubería Rib Loc 1,700mm.



ANEXO 6
MANUAL TÉCNICO DE TUBERIAS



Sistemas Rib Loc

Manual Técnico

Durman
by aliaxis


aliaxis

MANUAL TÉCNICO

Introducción

El presente documento se ha diseñado y desarrollado con el objetivo de ofrecer e integrar los principales conceptos estructurales e hidráulicos requeridos para el análisis, diseño y especificación de tuberías para conducción por gravedad, tales como las de aguas pluviales, negras, pasos de alcantarilla, etc.

En las secciones correspondientes a conceptos estructurales, se ha dado especial énfasis a los sistemas de tuberías flexibles, pero partiendo del planteamiento de las condiciones y conceptos que definen si es un sistema rígido o flexible, con las implicaciones físicas y constructivas que ello conlleva.

Las familias que incluye el sistema Rib Loc son varias, todas parten de la idea de un sistema estructural e hidráulicamente óptimo que sea versátil para las diferentes aplicaciones y formas de instalación.

En este documento se describen y analizan los modelos y procesos de cálculo que aplican para los dos principales tipos estructurales de Rib Loc:

- Rib Loc autoportante: Es el tubo Rib Loc estándard, consistente en una banda estructural pre-extruída que es enrollada helicoidalmente y enlazada por medios mecánicos y químicos para formar un tubo de estructura flexible.
- Rib Steel: Es el tubo Rib Loc autoportante más una banda estructural helicoidal de acero galvanizado.

Así mismo se incluye una sección sobre diferentes consideraciones que hidráulicamente se deben tener.

Desde luego que debe tenerse en claro que esta es una compilación, por lo que no pretende sustituir a los textos especializados, sino más bien complementarse con estos y a estos.

Ing. Óscar R. Gómez Mora

1. Materiales Termoplásticos

Los 5 tipos de tuberías termoplásticas que son utilizadas con mayor frecuencia en infraestructura:

1. Cloruro de Polivinilo (PVC)
2. Acrilonitrilo-Butadieno-Estireno (ABS)
3. Polietileno (PE)
4. Polibutileno (PB)
5. Tubería reforzada de Fibra de Vidrio (GRP)

Además se encuentran de otros materiales como los SRP (plásticos de hule estireno) y el CAB (Butirato-acetato de celulosa), pero se fabrica en pequeña escala o son para aplicaciones muy específicas.

Aquí se tratará con las de PVC (cloruro de polivinilo) que en su aplicación para drenaje pueden ser de pared sólida, doble pared o de pared perfilada. En este documento se estudiarán las de pared perfilada.

2. Tuberías perfiladas de PVC

En el mercado mundial existen diversos tipos de todas. Todas ellas tienen una cualidad común: muestran alta rigidez anular con un bajo peso por unidad de longitud. Las tuberías perfiladas sean más livianas que las de pared sólida, para una misma rigidez.

El principio consiste en diseñar una pared que posea un valor elevado en el momento de inercia de

sus elementos, con relativamente poca área (análogo al caso de vigas I o H en donde usualmente predominan los requerimientos por flexión sobre los de cortante).

La Fig. 1 muestra el elemento básico de tubería perfilada tipo Rib Loc.

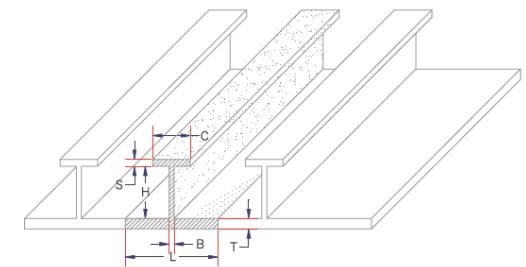


Figura 1. Elemento Estructural del Perfil Rib Loc

La rigidez del tubo, junto con las características mecánicas y geométricas de instalación definen en gran medida el desempeño estructural del sistema. La rigidez es directamente proporcional al momento de inercia y al módulo de elasticidad del material del tubo y es inversamente proporcional al diámetro elevado al cubo (d^3).

Cada uno de sus componentes se puede simplificar a una forma rectangular como la siguiente (Fig. 2) y luego, aplicando el método de traslación de momentos de inercia, ensamblarlos y formar el modelo matemático para la figura 1.

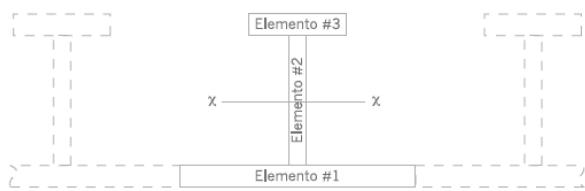


Figura 2. Simplificación del perfil típico de paredes a forma rectangular

El momento de inercia para una sección rectangular homogénea se define como,

$$I_{xx} = bh^3/12$$

Donde,

I_{xx} : momento de inercia alrededor del eje x, usualmente en el centroide
b: ancho de sección
h: altura de sección

Lo primero que debe calcularse es la posición del centroide del elemento compuesto usando la Ecuación 2.

$$Y' = \frac{\sum(A_i y_i)}{\sum(A_i)}$$

Donde,

Y' : posición del centroide de todo el elemento
 A_i : área del elemento i
 y_i : posición del centroide del área del elemento i
 n : número de elementos.

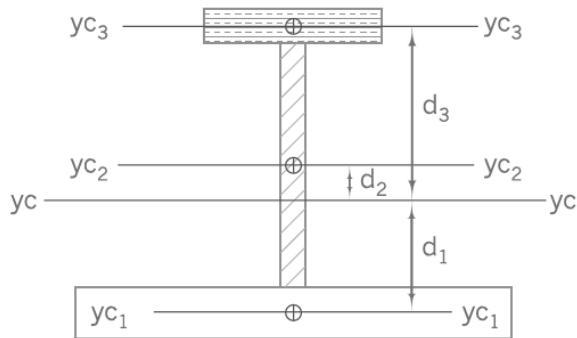


Figura 3. Pieza estructural elemental p.5

El momento de inercia total se obtiene sumando todos los momentos de los diferentes elementos utilizando para ello el "teorema de los ejes paralelos" (Ver Fig. 3, Ecuación 3).

$$I_{xx} = \sum(I_{xxi} + A_i * d_i^2)$$

Donde,

I_{xx} : momento de inercia del ensamble de elementos alrededor del eje 'x'
 I_{xxi} : momento de inercia alrededor del eje x del elemento 'i'
 A_i : área del elemento 'i'
 d_i : distancia del centroide del área 'i' al centro de todo elemento.

La posición del centro de tiene mayor influencia en el momento de inercia y confiere a las tuberías perfiladas una excelente relación peso-resistencia.

3. Análisis y diseño de tuberías enterradas, modelos de carga

El objetivo es definir la magnitud y modo de transmisión de las diferentes solicitudes a las que se verá sometida una tubería instalada en condición de enterramiento.

Para efectos de este modelo se considerarán tanto la carga viva típica, así como las cargas muertas y sus efectos.

Los modelos para análisis y diseño de sistemas subterráneos para conducción de agua por gravedad se pueden clasificar bajo diferentes criterios, según:

- Geometría
- Material o materiales que lo constituyen
- Comportamiento o clasificación estructural
- Metodología de instalación
- Proceso de fabricación, etc.

En un sentido mecánico estricto todas las tuberías son flexibles dado que siempre experimentarán una deformación, por mínima que sea, ante la aplicación de una carga, o combinación de estas, distinta de cero. Sin embargo aquí se ha establecido una clasificación en flexibles y rígidas, en función de si están o no en capacidad de interactuar significativamente con el material de entorno.

Usualmente se le denomina flexible a aquella tubería que puede deformarse verticalmente una magnitud igual o mayor al 2% de su diámetro interno sin sufrir daño estructural. Las rígidas son las que NO pueden deformarse ni siquiera un 2% de su diámetro interno sin sufrir daño estructural.

Aquellos sistemas que se clasifican como estructuralmente flexibles es porque las funciones esfuerzo-deformación del tubo, en correspondencia con las del material en que se encuentra instalado, permiten una interacción significativa. Las rígidas se definirán entonces por contraposición, no necesariamente absoluta, a esta definición.

Los modelos a emplear parten del concepto de sistema suelo-tubo, que se define como aquel en el cual el efecto de las cargas aplicadas, sean permanentes, temporales o accidentales, es distribuido entre los elementos que conforman el sistema resistente en función a la compatibilidad de deformaciones, las rigideces relativas y por tanto de la configuración geométrica y cinemática del conjunto.

Para cada combinación de cargas se puede definir un sistema balanceado entre características del tubo, material circundante y dimensiones de la zanja. Para efectos prácticos y generales basta con definir un solo sistema que cubre la gran mayoría de los casos posibles en campo, sin que esto elimine la posibilidad de buscar alternativas que, para una condición específica, sean más económicas, seguras o prácticas, o bien combinación de estas.

3.1.1 Definición y Cálculo de Cargas

El proceso se inicia con la definición de las cargas y su aplicación, escogiéndose el modelo de distribución de estas, a la vez que se determinan los factores de mayorización cuando hay grados de incertidumbre sobre el valor máximo, o bien determinando

las magnitudes y justificando los supuestos que llevan a estas.

Para el análisis y diseño de tuberías enterradas, usualmente se conocen como cargas muertas aquellas que corresponden al efecto del prisma de terreno sobre el plano superior de la tubería y a la interacción de este con el material circundante y las condiciones en que se le instaló.

Las tuberías flexibles se pueden interactuar de manera significativa con el medio circundante (pared de zanja, encamado y material de entorno, principalmente).

Esto permite una interrelación a nivel casi infinitesimal del tubo y el entorno, lográndose un comportamiento estructural del sistema final que sustituir por "soporta alturas que superan lo que pueden tuberías rígidas con muy buena instalación, como las de tuberías de concreto reforzado.

Como ya se dijo, estrictamente hablando todas las tuberías son flexibles, en menor o en mayor grado, pero para efectos prácticos se consideran flexibles aquellas que, cuando menos, pueden deformarse anularmente de un 2 a un 3% de su diámetro inicial sin sufrir daños.

Con este rango de deformación se logra que, para la gran mayoría de los suelos, se genere un estado de esfuerzos capaz de sacar provecho de la densidad y calidad del material de entorno.

Incluso, desde hace ya varias décadas la ACPA (American Concrete Pipe Association) ha venido efectuando investigaciones prácticas y desarrollando

modelos numéricos en los que analizan el efecto benéfico que puede darse en el comportamiento de las tuberías rígidas de concreto si el entorno de instalación se hace con bien definidas condiciones. El resultado está plasmado en las más recientes versiones del Handbook de las Tuberías de Concreto, específicamente en el ítem de SIDD (Standard Installation Direct Design).

Este programa basado en análisis estructural por método de elementos finitos, permite sacar ventaja de la buena instalación aún en el caso de tuberías rígidas. Con las tuberías flexibles las ventajas son más evidentes y numéricamente más significativas, tal y como se demuestra con los teoremas y fórmulas que se presentan.

Los conceptos de diseño se enfocan, para el caso de las tuberías flexibles, en:

- Características del material de pared de zanja
- Características del material que se colocará a los lados de la tubería
- Propiedades mecánicas de la pared del tubo y de su diámetro
- Ancho de zanja
- Cargas vivas y muertas actuando sobre el tubo.

La capacidad estructural se cuantifica de acuerdo a lo que el sistema en conjunto aporta y no solo basándose en lo que el tubo por sí solo pueda ofrecer, lo que, al fin y al cabo, solo es un eslabón de la cadena.

Las flexibles desarrollan en conjunto con el entorno un estado de esfuerzos que les permite, debidamente diseñadas e instaladas, colocarlas con alturas

de relleno que pueden ampliamente superar las que, usualmente, se logran con tuberías de concreto reforzadas según las normativas vigentes.

La figura adjunta muestra, de manera simplificada, como se da la interacción con el tubo flexible, generando un balance muy conveniente de esfuerzos. Cabe aclarar que el material de relleno colocado por encima del cuadrante superior o corona tiene muy poca influencia sobre el comportamiento estructural del tubo salvo cuando se trata de tuberías muy superficiales sometidas a cargas vivas de importante magnitud, y desde luego también por el efecto del peso volumétrico del terreno.

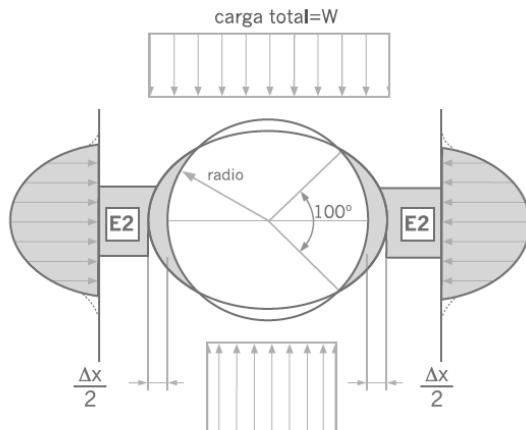


Figura 4

Tuberías rígidas

El análisis parte de los modelos y fórmulas de Marston y Spangler, considerando que la tendencia cinemática al movimiento de los prismas de terreno a los lados de la tubería es más definida que la que se da en el material inmediatamente sobre esta, con el aporte de la fricción que se da entre estos prismas, que se produce por el efecto de deformación volumétrica (gracias al cual al comprimir un cubo de material en una dirección, este tiende a expandirse en las otras dos direcciones ortogonales). Esto se modela así:

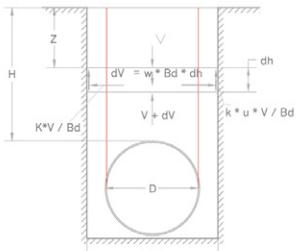


Figura 5

$$\begin{aligned}
 V + dV &= V + \gamma B_d - 2k\mu' V / B_d dh \\
 dV &= \gamma B_d dh - 2k\mu' V / B_d dh \\
 dV &= (\gamma B_d - 2k\mu' V / B_d) dh \\
 dh &= dV / (\gamma B_d - 2k\mu' V / B_d)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Empleando } U &= \gamma B d - 2k\mu' V / B_d \\
 \text{Se tiene } dU &= -2k\mu' / B_d dV \\
 -B_d dU / (2k\mu' U) &= dh \\
 H + C &= Bd / (2k\mu' U) \mu U \\
 V &= (Bd / 2k\mu') \gamma Bd - C * e^{-2k\mu' (h / Bd)}
 \end{aligned}$$

Aplicando condiciones de frontera si $h = 0, V = 0$

$$0 = \gamma B_d^2 - C * e^{-2k\mu' (0 / Bd)}$$

$$\gamma B_d = C$$

$$W = \gamma B_d^2 (1 - e^{-2k\mu' (h / Bd)}) / 2k\mu'$$

$$W = \gamma B_d^2 * C d$$

Los valores de $k\mu'$ dependen de las condiciones del material de relleno y de las paredes de la zanja. También debe aclararse que este desarrollo y fórmulas aplican para la condición de instalación en zanja.

Tuberías flexibles

La fórmula es muy similar a la expuesta para el caso de la tubería rígida, solo que en la forma de:

$$W = \gamma (B_d * D) * C d$$

Esta diferencia corresponde a la tendencia cinemática del prisma sobre la tubería y el que se encuentra a los lados de esta.

En algunos casos, cuando se desconoce el valor de $k\mu'$, se puede asumir que no hay interacción con el medio circundante y que el efecto de arco no se produce, sin embargo esto no es correcto desde el punto de vista teórico. Los valores de $k\mu'$ se encuentran en el rango de 0.110 para arcillas saturadas y 0.1924 para materiales granulares sin cohesión, de donde que en cualquier caso de rellenos aceptables en obra civiles sí se pueda proceder a aplicar esta fórmula.

Por la experiencia acumulada a lo largo del tiempo por parte de los fabricantes y diseñadores de

MANUAL TÉCNICO

tuberías flexibles (i.e. metal corrugado), se ha concluido que si la altura de relleno sobre la corona del tubo es inferior al diámetro externo del tubo, entonces el efecto de arco no se produce de manera adecuada y en consecuencia si se justifica calcular la presión de contacto en el tubo, por cargas muertas, como el producto aritmético del volumen sobre la corona del tubo por el diámetro externo de este.

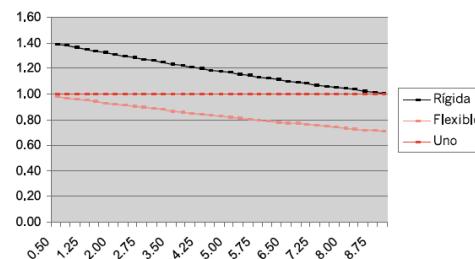


Figura 6. Relación peso de prisma vrs efecto de arco

Las cargas al actuar contra la tubería generan el efecto de acople o compatibilidad de deformaciones que permitirá entonces que el tubo aporte su resistencia a la compresión en el perímetro del tubo así como su rigidez contra la deformación anular, a la vez que generará esfuerzos en el material de entorno.

Tal y como se muestra en la figura adjunta, la distribución de cargas hacia una tubería flexible es más favorable que la que se da en una tubería rígida.

En ciertas condiciones de instalación, sobre todo cuando se espera inestabilidad en el relleno o cambios en su condición a lo largo del tiempo, puede

ser conveniente considerar la llamada carga prisma, o sea:

$$P = y * H_R \quad (4)$$

Donde,

P: presión debida al peso del suelo a la profundidad H_R

y : peso volumétrico total del suelo (Kg/m³)

H_R : profundidad de relleno sobre la corona de tubo (m)

La carga muerta del prisma sobre el tubo se determina con la expresión:

$$W_m = P * D \text{ en donde } D: \text{diámetro externo del tubo (cm)}$$

Ejemplo 1: Una tubería tipo Rib Loc de 0.522 m diámetro externo se instalará en una zanja de 0.90 m de ancho. La altura de relleno será de 3 m de un suelo con $g = 1926 \text{ Kg/m}^3$. ¿Cuál será la carga sobre el tubo?

Datos:

$$D: 0.522 \text{ m}$$

$$g: 1926 \text{ Kg/m}^3$$

$$H_r: 3.00 \text{ m}$$

Utilizando la ecuación 4 se tiene:

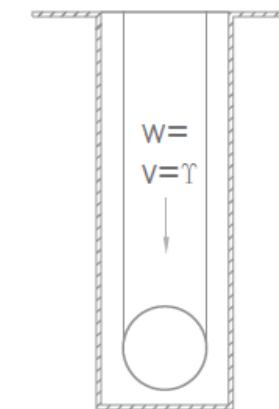
$$P = 1926 \text{ kg/m}^3 \times 3 \text{ m} = 5778 \text{ kg/m}^2$$

Para obtener la carga muerta total por metro lineal de tubo debe multiplicar este valor por el diámetro externo del tubo.

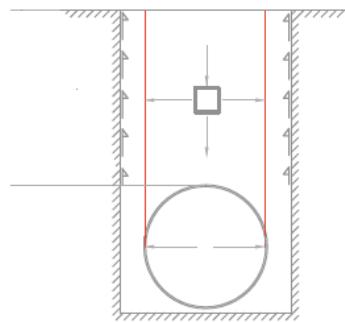
$$\text{Carga muerta (Wm)} = 5778 \text{ kg/m}^2 \times .522 \text{ m} = 3016 \text{ kg/m lineal de tubo}$$

Efecto de arco:

La teoría de carga de Marston [1,2], (Ec. 5) para tubería flexible se basa en el caso especial de que el tubo y el relleno alrededor del mismo tiene una misma rigidez, por lo que la proporción de carga muerta sobre el tubo se puede asignar virtualmente con base en el ancho de la excavación (Ver Fig. 5 y 6). En la realidad el efecto es más marcado.



Carga de Prisma sobre la tubería



Proporcionalidad de la carga de acurdo a la Teoría de Marston
Figura7: Patrones de carga permanente

La ecuación que se desarrolló atrás queda así:

$$W_c = C_d * \gamma * B_d^2 * D / B_d = C_d * \gamma * D * B_d \quad (5)$$

Donde,

W_c : carga muerta en un tubo flexible por unidad de longitud (kg/m)

C_d : coeficiente de carga (Ec. 6)

B_d : ancho de la zanja encima de la corona del tubo (m)

D : diámetro externo del tubo (m)

γ : peso volumétrico total del relleno (kg/m³)

$$C_d = \frac{(1 - e^{-2 * K * u * (Hr / Bd)}}{2 * k * u} \quad (6)$$

Donde,

e : base de los logaritmos naturales

K : coeficiente de empuje activo de Rankine (Tabla 1)

u : coeficiente de fricción del relleno (Tabla 1) Hr : altura de relleno sobre la corona del tubo (m)
 B_d : ancho de la zanja (m)

Tabla 1. Valores aproximados de la relación de esfuerzos de presión de suelo laterales a verticales y coeficientes de fricción contra las paredes de la zanja como función del tipo de suelo y su peso específico [2].

Tipo de suelo	γ (kg/m³)	Coeficiente activo de Rankine	Coeficiente de Fricción (u)
Suelo suelto	1445	0.33	0.50
Suelo Saturado	1766	0.37	0.40
Arcilla principalmente compactada	1605	0.33	0.40
Arcilla saturado	1926	0.37	0.30
Arena seca	1605	0.33	0.50
Arena húmeda	1926	0.33	0.50

Ejemplo 2: Con los datos del ejemplo 1, tratándose de una arcilla saturada, calcular la carga muerta por metro lineal de tubo utilizando el método de Marston.

$$\text{Se tiene } W_c = C_d * \gamma * D * B_d$$

Cálculo de C_d : De la Tabla 1 se ubican los valores para K y u como 0.37 y 0.30, respectivamente.

Ya con estos valores conocidos, se obtiene el coeficiente C_d :

$$C_d = [1 - e^{-(2 * 0.37 * 0.30 * (3 / 0.90))}] / (2 * 0.37 * 0.30) = 2.355$$

y por lo tanto:

$$W_c = 2.355 \times 1926 \times 0.522 \times 0.90 = 2131 \text{ kg/m lineal de tubo}$$

3.1.2 Las cargas vivas: W_v

Las cargas sobre las superficies de las estructuras destinadas al transporte terrestre que pueden ser estáticas (sobre cargas) o bien dinámicas provenientes del tráfico de vehículos.

Tipos de cargas Vivas

En el caso de tuberías enterradas, las cargas vivas pueden ser:

- Autos
- Camiones
- Trenes
- Aeroportuarias, etc.

En el diseño vial, las cargas AASHTO son muy frecuentemente usadas como referencia, siendo los HS 20 con 14500kg del eje cargadas en la Configuración de un Tractor Normal y 10910kg de eje carga por eje en una Carga de Configuración Alternativa (Figura 2) En conclusión, el AASHTO LRFD requiere la aplicación de 795 kilos por metro lineal en cada Línea de Carga aplicado a través de una línea de 3.05m de largo en todas las distancias de profundidad de la tierra sobre el punto mas alto del tubo, hasta una profundidad de

MANUAL TÉCNICO

2.44m. Esta Línea de Carga cambia a una carga viva adicional de 315 kg/ m², aplicado al tope del tubo para cualquier profundidad enterrada a menos de 2.44m. El total de presión intensiva causada por la llanta de carga es calculado con Ecuación 2. La línea de carga intensiva es añadida a la llanta cargada con presión de intensidad en Ecuación 3.

El HS 20, 14500kg y el Tractor Alternativo de 10910kg del eje diseñado son cargadas en ambas llantas (Figura 8). El área de contacto de ambas llantas con el suelo se asume que es un rectángulo (Figura 9), con las dimensiones cuyo cálculo se verá más adelante.

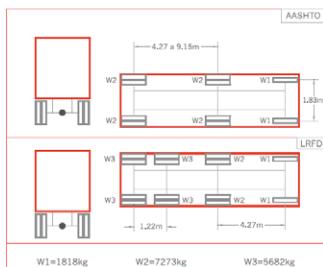


Figura 8. Configuración de ejes y distribución de cargas

Cálculo del área de contacto de las llantas en la vía para una presión de inflado dada:

$$B = [P / P_t]^{0.5} \quad (7.a)$$

$$L = B / 2^{0.5} \quad (7.b)$$

En donde

P: Peso por eje

P_t: presión de inflado de las llantas

B: ancho de contacto

L: ancho de contacto

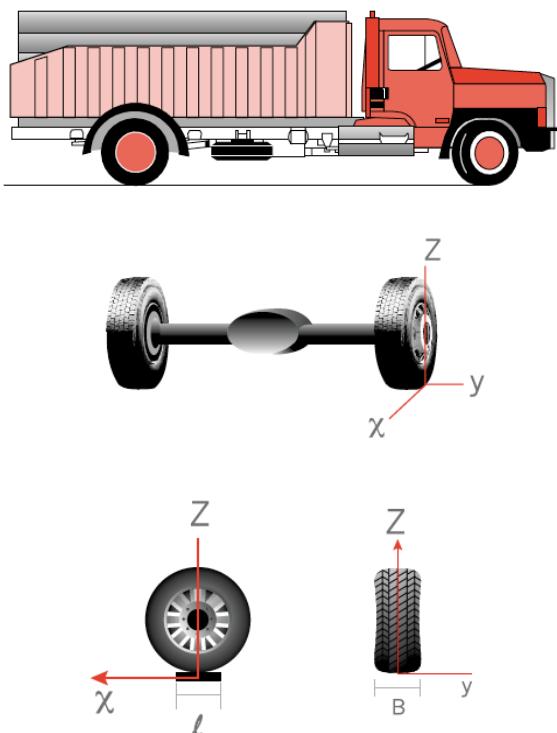


Figura 9

Estas variables (B y L) definen el rectángulo equivalente de aplicación de la carga, que, aplicando las ecuaciones ya sean de Boussinesq, Newmark o las simplificadas de AASHTO, permiten calcular o estimar la presión, vertical en este caso específico, a una profundidad dada.

Cada uno de los métodos de evaluación de esta presión incluye los parámetros necesarios para incluir el patrón de atenuación de la presión con la profundidad.

El método más comúnmente usado en diseño de tuberías es el denominado AASHTO (por American Association for State and Highway Transportation Officials), el cual asume una atenuación proporcional al cuadrado de la profundidad:

$$P_o = (1+If) * P / [(b+1.2h) * (l+1.2h)]$$

En donde:

P_o = presión ejercida a una profundidad dada

h = profundidad desde el punto de contacto con las ruedas hasta el punto en estudio

P = peso por eje del vehículo en estudio

If = Factor de impacto que magnifica el valor nominal de la presión, en proporción inversa con la profundidad, según se muestra en la tabla adjunta:

Valores para I_f autopistas

Recubrimiento sobre la corona, desde rasante	Factor de impacto
0 a 0,30	1,50
0,30 a 0,60	1,35
0,60 a 1,00	1,15
mayor a 1,0	1,00

Para los vehículos de llantas existe siempre una profanidad a la cual los esfuerzos se superponen, por lo que se debe hacer una corrección al valor de la presión cuando se está bajo esa profundidad.

Según sea la configuración de ejes, así será el valor de la presión. Debe considerarse que se da un traslape de presiones, no una duplicación.

La evaluación de este efecto se puede hacer usando la expresión aplicable para cargas puntuales:

$$\Delta\delta_v = 3QZ^3 / [(2p)(r^2 + z^2)^{5/2}]$$

$\Delta\delta_v$: cambio en la magnitud del esfuerzo vertical
 Q: magnitud de la carga en la superficie
 r: distancia horizontal del punto de carga al punto de estudio
 Z: profundidad

Dado que para las configuraciones usuales de ejes los bulbos se traslanan a partir de una profundidad de 0.80m, al aplicar la fórmula para conocer el decremento a una profanidad de 0.80m, para un espaciamiento entre ejes de 1.22m, y considerando tráfico vehicular en ambos sentidos, que representa la condición más crítica, el incremento por este aspecto será de $3*4.96\% = 14.9\%$.

A medida que aumenta la profundidad, el efecto proporcional es mayor, si bien a su vez la magnitud de la presión nominal cae de manera importante.

En vista de ello se recomienda usar la siguiente tabla de correcciones según profundidad:

Profundidad (m)	Aumento %/llanta	FC
0,80	5,25%	15,75%
0,90	7,78%	23,33%
1,00	10,75%	32,26%
1,10	14,09%	42,26%
1,20	17,68%	53,03%

FC será el factor por el que se ha de multiplicar la presión obtenida (para la profundidad dada) directamente por Boussinesq, Newmark o AASHTO, para conocer la presión contemplando traslape de bulbos.

Ya con estos datos se procede a calcular el valor correspondiente a la carga viva, en esta etapa se recomienda dejarlo en unidades de fuerza por área.

Ejemplo 3: Considerando un vehículo de dos ejes, con un peso máximo para eje trasero 8000 kg, ubicado sobre una tubería flexible de 0.60 m de diámetro externo. La carga se encuentra a 0.85 m sobre la corona del tubo ($H_R = 85$ cm). Calcularemos la presión ejercida por la carga sobre el tubo. La presión de inflado en las llantas será de 8.5kg/cm^2 (120PSI). El peso volumétrico del terreno es de 1700kg/m^3 .

A partir del dato de presión de inflado de 8.5 kg/cm^2 , se puede obtener los valores de B y L como constantes para futuros cálculos, incluso la expresión para P_0 (Ec. 9) quedará únicamente en función de HR (cm), así:

luego,

$$B = [P / P_t]^{0.5}$$

$$L = B / 2^{0.5}$$

La carga total por metro lineal de tubería será entonces: $2440 * 0.60 * 1.0 = 1464\text{ kg/m}$. Si se tuviera un suelo con $\gamma = 1700\text{ kg/m}^3$ la carga de prisma equivalente a 1464 kg/m correspondería a una altura de relleno $HR = 1.43\text{ m}$. Esto demuestra que un prisma de suelo posee un peso considerable aún con valores pequeños de recubrimiento (HR) equivalentes a cargas vivas de consideración.

Comprobación práctica del efecto de acostillado

En marzo de 1994 se ejecutó un prueba experimental con la que se demostró de manera práctica la capacidad estructural de las tuberías de PVC perfilado tipo Rib Loc. Equivalente a AASHTO H-20 a un tubo Rib Loc de 0.50 m de diámetro.

La muestra fue sometida a la carga equivalente H-20 con repeticiones periódicas cada 30 minutos durante tres días consecutivos (72 horas, 144 aplicaciones).

La Fig. 10 muestra el arreglo típico para dicha prueba. El objetivo del ensayo fue demostrar la correlación entre el comportamiento teórico de la tubería y la práctica, así como también demostrar la idoneidad del empleo de materiales granulares obtenidos por trituración (por sus afiladas aristas estos materiales podrían, supuestamente, causar esfuerzos puntuales en las paredes del tubo), para el acostillado de la tubería Rib Loc.

Los resultados fueron completamente satisfactorios. Como respaldo de este se cita el informe No. 940086 del Laboratorio Castro & de La Torre (con oficinas en Costa Rica) [4].

MANUAL TÉCNICO

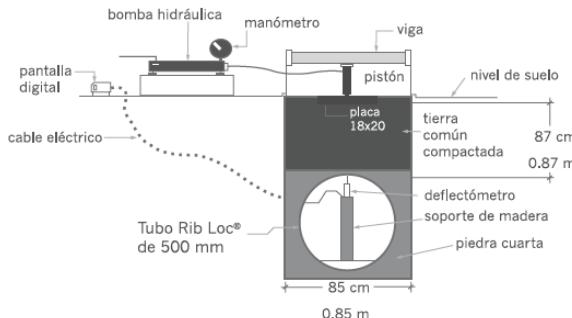


Figura 10. Experimento con carga simulada tipo H-20

Ejemplo 4: Se desea saber cuál es la presión ejercida sobre la corona de un tubo Rib Loc de 0.45 m al ser sometido a una carga superpuesta de 7250 Kg/eje, cuyo recubrimiento (H_R) es de 1.00 m. Esta carga se asumirá está sobrepasada en un 15%. Considérese la presión de inflado de las llantas en 8.5 kg/cm².

De la Ecuación 9 se obtiene:

$$P_o = (7250 \times 1.15/2) / (0.292 + 1.2 \times 1.0) \times (0.2065 + 1.2 \times 1.0)$$

$P_o = 1990$ kg/m² pero como está más allá de los 0.90 cm, se traslapan las acciones, por tanto la presión en ese punto será: 32.3% mayor, o sea $P_o = 2633$ Kg/cm². Calculada como la correspondiente al máximo valor entre estas dos opciones:

1. La presión bajo una llanta, a la profundidad especificada más el aporte en ese mismo punto de la carga en la otra llanta.
2. La presión en un punto intermedio entre las dos llantas, a la profundidad señalada.

4. Límites de comportamiento para diseño

Al igual que con cualquier proceso de diseño con las tuberías flexibles enterradas deben establecerse parámetros de aceptación y factores de seguridad, tanto de los productos como de la instalación en general. Una instalación de calidad es aquella que se diseña e instaló siguiendo criterios técnicos adecuados, su vida de servicio resultó económica y prestó la seguridad esperada.

Seguidamente se describen los límites de comportamiento que aplican para el caso:

- Deflexión de la tubería.
- Abollamiento (Local buckling)
- Rotura de la paredm (wall crushing)

Cálculo de las deflexiones

Una vez que se conoce la magnitud de la carga aplicada en el plano inmediato superior sobre la corona del tubo, se procede al cálculo de la deflexión.

Para el cálculo de la deflexión, tal y como se mencionó atrás, se necesita conocer:

- Módulo de reacción pasiva del material de entorno. Se define según tipo de material y grado de densificación o compactación (según aplique). E'2

- Módulo de reacción pasiva de la pared de zanja. Definido según las características del material en el que se está excavando (tipo y estado). E'3
- Ancho de zanja.
- Diámetro del tubo, en el sentido estricto es respecto al eje neutro de la pared del tubo
- Propiedades mecánicas de la pared del tubo (momento de inercia, área de la pared, módulo de elasticidad, módulo de Poisón, Módulo de Elasticidad)

Este conjunto de variables son las que permiten modelar el valor relativo y absoluto de los diferentes efectos que se muestran en la Figura 11 "Esquema de cargas y reacciones", misma que se basa, al igual que parte del desarrollo de esta sección, en la fórmula de IOWA, desarrollada por M. G. Spangler, quien a su vez partió de lo definido por Anson Marston para tuberías rígidas. Posteriormente Reynold K. Watkins, en 1958, terminó de definirle las variables con la adecuada coherencia dimensional:

$$\Delta X = (\Delta L * K * W_{tot} * r^3) / (EI + 0.061 * E' * r^3)$$

Donde:

- ΔX = Deflexión diametral de la tubería
 ΔL = Factor de relajamiento para termoplásticos (≤ 1.50 , se recomienda 1.50)
 K = Factor de apoyo, se explica posteriormente en Fig. 12
 W_{tot} = Sumatoria de efectos (cargas) externos

r = radio de la tubería (del centroide del tubo al eje neutro de la pared del tubo)

E = Módulo de elasticidad del material del tubo
 I = Momento de inercia (por unidad de longitud) de la pared del tubo

E' = Módulo de reacción del material en el entorno del tubo

El valor K o factor de encamado depende del grado de confinamiento que el material de entorno dé a la tubería. Lógicamente si este alcanza hasta la mitad del tubo, el valor será el mínimo dado que es el óptimo en apoyo estructural.

De la tabla adjunta se puede interpolar el valor de este factor en función al ángulo que este forma respecto al centroide del tubo.

Valor de K vs Ángulo de encamado

Ángulo de encamado (deg)	Valor de K
0	0.110
30	0.108
45	0.105
60	0.102
90	0.096
120	0.090
180	0.083

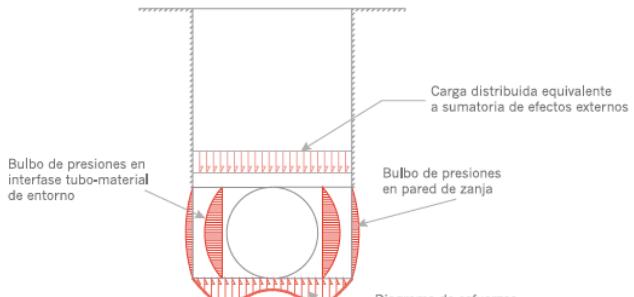


Figura 11.

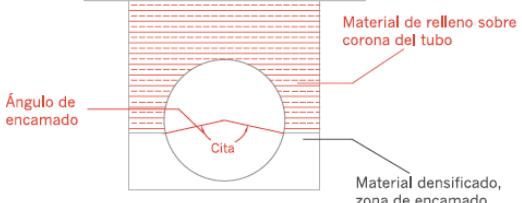


Figura 12.

Para que la magnitud de las deflexiones sea más fácil de interpretar, se le suele presentar en términos de porcentaje de deflexión. Para ello se reacomoda la ecuación dividiendo entre el diámetro a ambos lados y multiplicando por 100%, así mismo el término EI se redefine para representar la rigidez del tubo (F/Dx , Fig. 13), que es proporcional a EI / r^3 , quedando la fórmula así:

$$\Delta\% = (\Delta X / \Delta) * 100\% = (DL * 100 * K * W_{tot}) / (0.149 F / \Delta x + 0.061 * E)$$

Para calcular la rigidez del tubo, se necesita tener en claro que la misma depende de la deformación vertical obtenida ante la aplicación de una carga P , así como en el acortamiento o compresión anular que se presentará en la circunferencia del tubo.

$$K = P / d_e (15 - a)$$

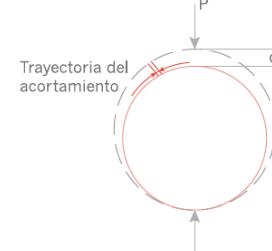


Figura 13.

Aplicando conceptos de resistencia de materiales (Timoshenko, Nota 8) y a su vez considerando el efecto de confinamiento a la deformación horizontal mediante la fuerza P_1 (ver figura 14), se obtiene la siguiente expresión:

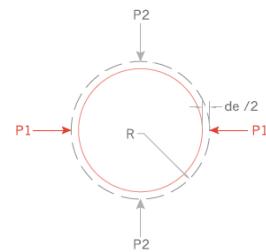


Figura 14.

MANUAL TÉCNICO

$$de = R^3 (2(4-\Pi P^2 - (\Pi^2 - 8)P1) / (4 \Pi))$$

Para el caso de $P2=0$ y $P1 = P$, la relación se simplifica a:

$$de = -R^3 (p^2 - 8p) / (EI * 4p) = -0.149 R^3 P / EI$$

La rigidez anular sería $P/de = RS$

$$RS = EI * C1 / (0.149 * R^3)$$

En donde:

$C1$: Constante para congruencia de unidades (1000, para este caso)

RS : Rigidez anular del tubo (KN / m²)

R : Radio del tubo (mm), medido desde el centroide del tubo hasta el eje neutro de la pared
 E : Módulo de elasticidad del material (2750MPA para el PVC según ASTM D2487)

I : Momento de inercia de la pared del tubo (m⁴/m)

Finalmente, se definirá un factor Z (con base en los métodos de la A.T.V. (AbwasserTechnische Vereinigung)), que permita contemplar el efecto de tener diferentes características mecánicas para el material de pared de zanja y el de entorno del tubo:

$$E_{eq} = E2 * Z$$

$$Z = 1.44 / (f_z + (1.44 - f_z) * E2 / E3)$$

En donde a su vez:

$$f_z = b / da - 1 / (1.154 + 0.444(b / da - 1))$$

Nota: estas son las unidades en que se planteó la ecuación original; como la ecuación es homogénea, se puede usar otras unidades guardando su consistencia.

La constante de encamado k acomoda la respuesta de la tubería flexible a la fuerza opuesta ejercida por la cama debajo de la misma. La constante k varía en relación al ángulo θ que se haya conseguido en la instalación (Tabla 4). Este valor es de suma importancia ya que es multiplicativo a la carga total sobre el tubo. Usualmente se toma este valor como $k = 0.1$ [1,2].

Ejemplo 5: Calcular la deflexión máxima que puede tener un tubo Rib Loc de 0.60 m de diámetro interno al estar instalado bajo las siguientes condiciones:

- Altura total de relleno sobre la corona $HR = 13$ m
- Carga de vehículos: despreciable a esa profundidad
- Peso específico del relleno $\gamma = 1700$ kg/m³
- Ancho de la zanja (Sobre Ancho Lateral-SAL- = 0.50m, $Bd=2x0.5+0.6=1.60$ m).
- Material alrededor del tubo: cuartilla: $E2 = 210$ kg/cm² (Anexo I) compactada del 85 al 95 % proctor.

Módulo de rigidez de la pared de zanja (arcilla compacta de 2 a 4 kg/cm²) $E3 = 22.5$ Kg/cm².

Rigidez anular del tubo Rib Loc de 600 mm, $SRT = 94$ kN/m² (Anexo II).

1. Cálculo de f_z (Ec. 16-b): = 0.88

$$f_z = \frac{[(1.6/0.6)-1]}{1.154+0.444(1.6/0.6-1)} = 0.88$$

2. Cálculo de Z (Ec. 16^a): = 0.236

$$Z = 1.44 / [0.88 + (1.44 - 0.88) * 210 / 22.5]$$

3. Cálculo de la deflexión (Ec. 16) :

$$D\% = \frac{(1700 * 13 + 0) / 1000}{(94 * 0.00152 * 0.61 * E2 * Z)}$$

En otras palabras, si el diámetro interno antes de colocado el relleno es de 600 mm, la deflexión a los 30 días debería estar cerca de los 42 mm y no superar los 45 mm.

Si se fuera a instalar un tubo de concreto del mismo diámetro y de la norma ASTM C-76, debería ser Clase III en cama tipo A (cama de concreto), o bien Clase IV en cama tipo B (apoyo granular compactado hasta 0.455 m) o Clase V en cama tipo C (apoyo granular compactado hasta 0.205 m), lo que resulte más económico.

Ejemplo 6: Con los datos del Ejemplo 5, ¿cuál será la máxima carga de relleno (m) que soportaría el tubo para que la deflexión máxima sea de 45 mm?

Reacomodando la Ec. 16 podemos obtener una expresión para HR en la cual el único cambio que habrá es $\Delta\% = 7.5$

$$HR = [D\% * (RS * 0.00152 + 0.0061 * E^2 / Z) * 1000 - Wv] / \gamma \quad (17)$$

Sustituyen valores se obtiene que

$$HR = 13.96 \text{ m} = 14 \text{ m}$$

No obstante aunque este gran relleno pueda permitirse en cuanto al límite por deflexión, deberán analizarse también los otros límites: pandeo y falla de pared para cumplir con un diseño adecuado y seguro. Los factores de seguridad para éstos límites son 1.8 y 1.6, respectivamente; pero este cálculo se detalla más adelante.

El siguiente ejemplo tomará en cuenta la influencia del tráfico pesado sobre las tuberías flexibles y su relación con el medio que la circunda, en cuanto a deflexión.

Ejemplo 7: Por razones del proceso constructivo el mismo tubo de los ejemplos 5 y 6 se va a instalar en una carretera con 0.85 m de recubrimiento mientras se coloca la carpeta asfáltica.

Se estima que la carga máxima del equipo de construcción la constituye un cargador cuyo eje más pesado es de 15000 kg. La instalación del tubo será sobre un relleno hecho con lastre compactado al 90% (tipo SM, $g = 2006 \text{ Kg/m}^3$) sobre el cual se excavará la zanja que tendrá 1.00 m de ancho y 1.55 m de profundidad total. El material alrededor del tubo será el mismo de la excavación del cual se eliminan los gruesos y se compactará también al 90% del proctor.

Suponer condiciones de saturación y calcular cuál debe ser el Módulo de Rígidez Mínimo que debe tener dicho lastre haciendo $E_2' = E_3'$ para que la deflexión en el tubo no exceda el 7.5% de su diámetro interno, ante la influencia de la carga viva y la carga muerta.

Cuando E_2 es igual a E_3 , el valor de zeta (Ec. 16 a) es igual a la unidad. Al reacomodar la Ec. 16 y resolver para E_2 se tiene (Ec. 18). La carga viva W_v se obtiene análogamente con las Ecs. 7a, 7.b y 8.

$$E_2 = \frac{(\gamma H_R + W_v)/(1000 \cdot D \cdot R_s \cdot 0.00152)}{0.061 \cdot Z}$$

$$\text{Y la carga viva } W_v = 0.395 \times 1.15 = 0.454 \text{ kg/cm}^2$$

$$W_v = 3950 \times 1.15 = 4540 \text{ Kg/m}^2$$

Sustituyendo los valores de este ejemplo en la Ec. 18 se obtiene: $E_2 = 11.31 \text{ kg/cm}^2$. En pruebas de laboratorio se ha demostrado que un lastre (SM) compactado al 90% del ensayo proctor estándar, en una prueba de consolidación a velocidad rápida, presenta un módulo de reacción de 46 kg/cm² [2]. Por lo tanto es muy confiable construir esta obra con tubería Rib Loc. En la adjunta se presenta la curva granulométrica de este lastre según fuera analizado por el CIVCO [11].

Mecánica del Suelo	Valores de Módulo de Reacción según grado de compactación del material, Kg/cm ²		
Características del material de encamado (Según SUCS)	Suelo	Poco compacto, Proctor<85%, DR<40%	Medio compacto, 85 a 95%, Proctor, DR de 40 a 70%
Suelos granulares finos (LL>50), suelos con plasticidad media a alta CH, MH, CH-MH, con menos del 25% en partículas granulares gruesas	Alto compacto, >95% Proctor, DR>70%		
Suelos granulares finos (LL>50), suelos con plasticidad media a nula CL, ML, CL-ML, con menos del 25% en partículas granulares gruesas	3,5	14	28
Suelos granulares finos (LL>50), suelos con plasticidad media a nula CL, ML, CL-ML, con más del 25% en partículas granulares gruesas. Suelos granulares gruesos con finos GM, GC, SM SC, co menos del 12% en finos	7	28	70
Suelos granulares gruesos co finos GW, GP, SW SP, con menos del 12% en finos	14	70	140
Roca triturada	70	210	210
Precisión en términos de % de flexión	+/-2	+/-2	+/-2

MANUAL TÉCNICO

Del ejercicio anterior se concluye que todo depende de la tolerancia que se quiera en el diseño. Los importante es trabajar siempre con factores de seguridad económicos que permitan absorber cualquier fenómeno no considerado en el diseño. Por ejemplo, al instalar el tubo del Ejemplo 7 con un lastre $E'2 = E'3 = 46 \text{ kg/cm}^2$, la deflexión que mostraría está alrededor del 2%, lo cual significa un factor de seguridad de 15 ya que las tuberías flexibles de PVC comienzan a presentar el fenómeno de "inversión de curvatura" a niveles deflexión del 30% de su diámetro interno. Según investigaciones realizadas en la Utah State University, las tuberías flexibles de PVC continúan aumentando su capacidad de soporte de carga aún más allá de este límite. En consideración a lo anterior, ASTMD-3034 recomienda un límite de deflexión del 7.5% para proporcionar un factor de seguridad amplio (4) ante la falla estructural del tubo por deflexión [1].

La deflexión y las zanjas pobres

No son pocos los casos en que las excavaciones se practican en terrenos saturados, inestables o con módulos $E'3$ relativamente bajos o casi nulos. ¿Qué sucede cuando se instalan tuberías flexibles en estas condiciones?

La mayor parte del trabajo de investigación en este campo fue hecho por el profesor Reynld K. Watkins en la Universidad Estatal de Utah [16]. Sus hallazgos y conclusiones están resumidas en dos publicaciones: la primera se titula: "Principles of Structural Performance of Buried Pipes", marzo de 1977, y la segunda se titula "Structural Performance of Buried Corrugated Plastic

Tubing", hecho junto con Ronald C. Reeve y publicada por ASAE (American Society of Agricultural Engineers) en 1980. La pregunta que los ingenieros se hacen a menudo es, ¿cuánto material selecto alrededor del tubo es necesario? El profesor Watkins concluye en sus ensayos de laboratorio que, si la zanja posee muros de excavación rígidos, o al menos de igual rigidez que el material de relleno selecto (como es el caso de una zanja excavada en un terraplén compactado), entonces el espesor de material selecto será el mínimo tal que pueda compactarse sin problema.

Por otro lado, si las paredes son de materiales pobres (plástico), debe darse suficiente espesor al material selecto alrededor del tubo a fin de prevenir que la cuña de esfuerzos influya en la pared plástica de la zanja. Esto se puede lograr dando un espesor de material selecto igual al radio máximo de la sección transversal del tubo, tal como se ilustra en la Figura 15. Esto se basa en escoger un material selecto cuyo ángulo de fricción interna sea igual o superior a 30° , tal que el plano de falla forma un ángulo de 30° con la dirección del empuje lateral horizontal.

El ángulo descrito para la cuña de esfuerzos será pues el doble del ángulo de fricción o sea $2 \times 30^\circ = 60^\circ$. Obviamente, el espesor de relleno de $D/2$ es el mínimo que contiene la totalidad de la cuña desarrollada en material selecto alrededor del tubo. Se debe incluir un factor de seguridad adicionalmente si la pared es demasiado pobre. Por otro lado, si se cuenta con un material cuyo ángulo de fricción interna sea mayor a 30° (como arena SP de Motastepe [20] que tiene un ángulo

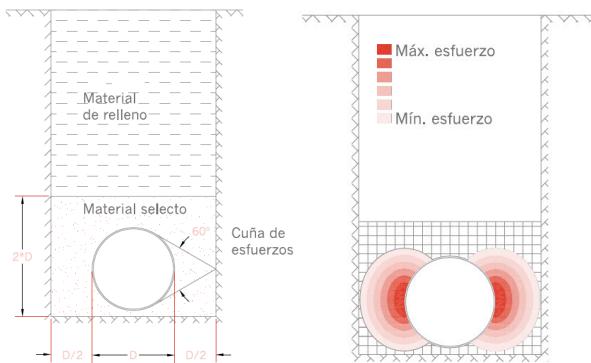
de 35°) la separación entre el tubo y el muro puede ser menor a $D/2$.

Los esfuerzos decaen según se ilustra en Figura 16. Cualquier esfuerzo cortante que se desarrolle en la pared ayudará a aumentar el factor de seguridad. No obstante debido a su difícil cuantificación, se recomienda no considerar estos esfuerzos en el diseño.

Si el suelo es tan pobre que ni siquiera puede mantenerse estable después del corte (Fig. 17), entonces el material selecto debe formar un montículo alrededor del tubo.

En resumen, se puede concluir que aún en las más severas condiciones de suelos pobres, un montículo de material selecto (cuartilla, gravas, canto rodado o similares) con espesor de un diámetro en el punto más ancho, será suficiente para tener una instalación segura. La vieja regla de los dos y medio diámetros es ya obsoleta y no tiene soporte técnico aparte de ser demasiado conservadora.

Finalmente hay que tomar en cuenta, contrario a lo que sucede con las tuberías rígidas, que una zanja ancha mejora el comportamiento a la deflexión de un tubo flexible. Por este motivo no hay necesidad estructural de preocuparse cuando la maquinaria, por razones de tamaño, produce sobre excavaciones laterales.



Figuras 15 y 16. Para facilitar la lectura sólo se indican presiones horizontales

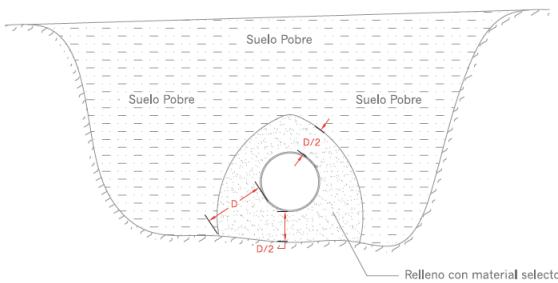


Figura 17. Instalación en Terraplén

Ejemplo 8: Una tubería Rib Loc de 1.00 m (1000 mm) (SRT = 23 kN/m² Anexo II) se va a usar para el entubamiento de una quebrada.

La carga máxima que irá a tener será de 8 m de relleno, de un material de préstamo con $\gamma = 1800 \text{ kg/m}^3$. Las paredes del lecho natural de la quebrada están formadas por materiales de desecho (basura) junto con el suelo, de resistencia muy pobre ($E'_3 @ 5 \text{ kg/cm}^2$).

Se irá a ejecutar una sustitución de suelo hacia los 60 cm abajo del nivel natural y se piensa colocar una grava simplemente vertida y acomodada a mano cuyo ángulo de resistencia al corte es de 36° y su módulo de reacción es de 70 kg/cm . El ancho natural del lecho es de 1.5 m, sin embargo el ingeniero a cargo ha recomendado ampliar a 2.00 m, de manera que se tengan 0.50 m libres a ambos lados del tubo.

Utilizando el concepto de la "cuña de esfuerzo" de Watkins, calcular la deformación que tendrá esta tubería.

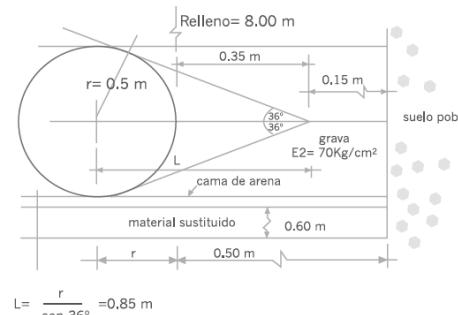


Figura 18. Acotamiento de cuña de esfuerzos

Primeramente es necesario acotar la instalación y ver hasta dónde llegará la cuña de esfuerzo:

Como se puede observar en la Fig. 18, la cuña de esfuerzos tiene un vértice a los 0.35 m del borde del tubo. Si se dispone de un sobre – ancho de 0.5 m y de acuerdo al experimento de Watkins, no llegará ninguna influencia al muro de excavación de suelo pobre. En este sentido, cabe igualar los valores E'_2 y E'_3 para que el valor de "zeta" (Ec. 16.a) sea igual a la unidad. Aplicamos pues la Ecuación 16 para el cálculo de deflexiones:

$$\Delta\% = \frac{0.1 * 1(1800 * 8 * 10^4 + 0)100}{(23 * 0.0102 * 0.149 + 0.061 * 70 * 1)} = 3.35$$

Cabe señalar que esta misma grava compactada por encima del 95% puede alcanzar módulos E'_2 de 210 kg/cm^2 en cuyo caso la deflexión sería ligeramente mayor al 1% del diámetro interno.

El experimento de Watkins pone de manifiesto que las limitaciones para usar tuberías flexibles son verdaderamente pocas. Como se comentó páginas atrás, el uso de piedra quebrada o gravas en las instalaciones de drenaje de agua con tuberías flexibles tiene la gran ventaja de controlar el nivel freático en el vecindario de la zanja; es decir, actúa como un "drenaje francés", a la vez que permite un ahorro en la mano de obra o obra de instalación.

La deflexión es un límite de comportamiento que no debe analizarse sólo. Seguidamente se verán los otros dos límites que también deben tomarse en cuenta en el diseño, a efecto de tener los criterios suficientes para poder definir especificaciones en instalaciones con tuberías flexibles.

MANUAL TÉCNICO

Segundo límite: el abollamiento o pared local (buckling)

En tubos deformados. Cuando están sometidos a una determinada carga crítica, puede producirse una aplastamiento y abolladura de su generatriz superior (Fig. 19)

Comprobación de la Estabilidad Dimensional – Cálculo de la Presión Crítica de Colapsado

La comprobación de la Estabilidad Dimensional consiste en determinar el margen de seguridad entre la carga crítica y la carga realmente existente. Se realiza teniendo en cuenta las influencias de la presión del terreno, presión exterior del agua (agua subterránea) y superposición de ambas presiones.

Esta estabilidad se puede expresar en términos de un Factor de Seguridad que relaciona la Rígidez del Sistema Suelo – Tubo a la Carga Impuesta, en el mismo sistema de unidades dimensionales.

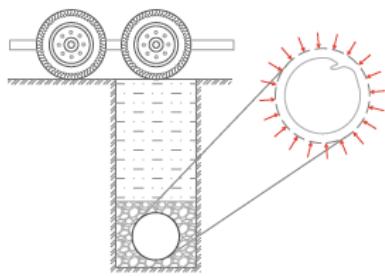


Figura 19. Abolladura localizada de pared, cargas externas

Para un anillo circular sujeto a presión uniforme externa o a vacío, la tensión crítica de aplastamiento (P_{cr}) es definida por Timoshenko como:

$$P_{cr} = (3EI)/r^3 \quad (19)$$

Donde:

r: radio interno del tubo (m)

I: momento de inercia de la pared del tubo (m⁴/m) (Ver Anexo II)

E: módulo de elasticidad del material del tubo (kg/m²)

P_{cr} : presión crítica de aplastamiento (kg/m²)

Para tubos largos, tal como el caso de líneas de tubería, el módulo E se remplaza por $E / (1-v^2)$ y la presión crítica es:

$$P_{cr} = (C^*3EI) / [(1-v^2) r^3]$$

Donde,

v: relación de Poisson = Contratación unitaria lateral = 0.38 para PVC
elongación unitaria axial

Las tuberías que al instalarse presentan ovalamiento horizontal o flexión poseen menos resistencia al abollamiento que las tuberías circulares. Debido a esto, la presión crítica de aplastamiento (P_{cr}) para estas formas elípticas incluyen un factor de reducción C (Fig. 20) para tomar en cuenta el ovalamiento de tal forma que,

$$P_{cr} = 3 CEI / [(1-v^2) r^3] \quad (21)$$

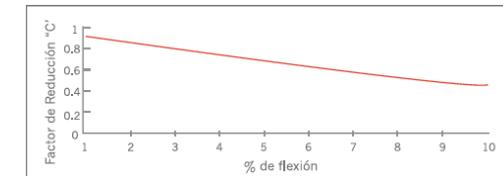


Figura 20. Factor de reducción "C" para el cálculo de la presión crítica de aplastamiento.

Rogers (1987) encontró [9] que al provocar un ovalamiento vertical del 2% por medio de la compactación lateral, preesfuerza el tubo ante las cargas con muy buenos resultados.

Esta práctica es recomendable ya que el factor de reducción "C" (Fig. 20) será ≈ 1 .

Para obtener el factor de reducción, la Ecuación 22 fue obtenida por regresión, con el objeto de incorporarla en la Ecuación 21 y entonces el cálculo de P_{cr} fuera inmediato.

$$C = 0.98e(-0.08\Delta\%) \quad (22)$$

Donde,

e: base de los logaritmos naturales = 2.718
 $\Delta\%$: porcentaje de flexión (e.g. 3%)

De esta forma, la Ec.21 puede escribirse así:

$$P_{cr} = \frac{1.02 \cdot e^{(-0.08\Delta\%)}}{0.86r^3} \cdot \frac{3 \cdot E_{pvc}}{10000} \cdot I$$

Donde:

P_{cr} : presión crítica de aplastamiento (kg/m²)

EPVC: módulo de elasticidad del PVC = 2750 Mpa
r: radio interno (m)

I: momento de inercia de la pared del tubo (mm⁴/mm) (se emplean milímetros en vez de metros por conveniencia de unidades).

La Auditoría de Calidad de Instalaciones de Durman promueve que, en ciertos casos, se provoque un ovalamiento vertical para pre-estirar el tubo y, una vez alcanzada la consolidación de los suelos, la deflexión final sea mínima o nula.

Los ingenieros, diseñadores e inspectores ven como provechosa la práctica constructiva que incluye ovalamientos verticales hasta de un 3% del diámetro interno del tubo.

En Escandinavia (Suecia, Noruega y Dinamarca) se ha encontrado una expresión para determinar la tensión de abollamiento (buckling pressure) cuando las tuberías flexibles se encuentran rodeadas de material que provea alguna resistencia a las deformaciones del tubo (Ec. 24),[1]. Este es sin duda el caso típico que encontramos en la mayoría de nuestras obras de drenaje. En la fórmula se relacionan el módulo de reacción del suelo con la presión crítica de aplastamiento:

$$Pb = 1.15 \sqrt{Pcr E' \frac{1000}{9.81}} \quad (24)$$

Donde:

Pb: presión de abollamiento en un suelo dado
E' es el módulo de reacción del suelo

Para tener un expresión más efectiva y realista, puede sustituirse el módulo E' por su verdadero valor que, como ya se dijo, está afectado por el módulo E3 del suelo natural del muro de excavación y por el sobre-ancho lateral de la zanja, así como por el parámetro "zeta". Finalmente la Ec 25 calcula la presión tomando en cuenta todos los aspectos que deben considerarse.

$$Pb = 11.61 \sqrt{Pcr (E2 / 0.0102)} \text{zeta} \quad (25)$$

La carga existente es la suma de la carga de prisma más la sobre carga debida al tráfico. La Ec 27 determina el factor de seguridad por abollamiento. La carga existente, conocida aquí como q_v , expresada en kN/m² es:

$$q_v = \gamma^* H_R + W_v \quad (26)$$

y el factor de seguridad contra aplastamiento será:

$$\eta_{bu} = \frac{Pb}{q_v} \quad (27)$$

Donde,

HR: profundidad del relleno sobre la corona del tubo (m)

Wv: carga viva (Kg/m²)

qv: carga existente (Kg/m²)

Pb: presión de abollamiento (Kg/m²)

η_{bu} : factor de seguridad contra el aplastamiento

mm, r=0.225 m, para que el factor d de seguridad al abollamiento sea igual a 2?

Se sabe que el material tiene un g = 1920 kg/m³ y que el tubo se cubrirá con una "quintilla" que tiene un E2 = 150 kg/cm² compactada al 90% P.S. y un ángulo de fricción interna mayor a 30°.

La zanja se construirá de 1.05 m de ancho y el material de las paredes es estable. Las cargas de tráfico son despreciables y también se quiere evaluar la deflexión esperada a ese nivel de profundidad.

Primeramente, al tener el material un ángulo de resistencia al corte mayor a 30° y al ser el sobre-ancho lateral mayor a 0.236 m (D/2), se toma E'3 = E'2 basados en el experimento de Watkins.

Se partirá del supuesto que el tubo no sufrirá ninguna deflexión $\Delta\% = 0$, de tal forma que C = 0.98 (Ec. 22). El momento de inercia de la pared del tubo de 450 mm es (Anexo II).

I = 31.33 mm⁴/mm, de tal forma que la presión crítica es (Ec. 23)

$$P_b = 11.61 \sqrt{26.42(150/0.0102)} = 72366 \text{ Kg/m}^2$$

Seguidamente se calcula la presión de abollamiento en ese suelo (Ec. 25):

$$P_{cr} = \frac{(1.02 * e^0 * 2750 * 3 * 31.33)}{0.86 * 0.225^3 * 1000} = 2642 \text{ kg/m}^2$$

Ahora, como no se conoce HR para calcular la carga actual (Ec. 26), entonces se utiliza la Ec. 27 ya que

MANUAL TÉCNICO

se conoce el factor de seguridad $\eta_{bu} = 2$ y se despeja q_v sustituyéndola por sus valores:

$$q_v = Pb = 1920 * H_R + 0 = 72366/2$$

obteniéndose un valor de $H_R = 18.82$ m

Ahora es prudente analizar el comportamiento a la deflexión con la carga de relleno obtenida (Ec.16) $\Delta\% = 3.92$, lo cual afecta el factor de reducción "C = 0.716", con esto se obtiene un valor más realista para $Pb = 600$ kN/m². Finalmente se calcula HR por el procedimiento anterior y se obtiene $HR = 16$ m. Una iteración más lleva a $\Delta\% = 3.32$ y $Pb = 606$ kN/m², con lo cual la altura de relleno de diseño será $HR = 16.09$ m, para que el factor de seguridad sea $\eta_{bu} = 2$. No son necesarias más iteraciones.

En el Anexo III se presenta un modelo de programación en GW BASIC que el lector puede tomar como referencia para introducirlo en una computadora personal. Es un programa sencillo con el cual se pueden hacer diseños de Sistemas Tubo Flexible-Suelo con mucha rapidez y seguridad. No obstante, con las ecuaciones aquí publicadas el lector puede confeccionar sus propios programas de cálculo de acuerdo a sus necesidades, tanto de forma como de unidades dimensionales.

Acción del nivel freático en tuberías flexibles enterradas

En algunos casos las excavaciones se practican en terrenos que originalmente poseen una tabla de agua elevada. Son casos comunes aquellas zonas

cercañas al nivel del mar donde el nivel freático puede ser un cuña de intrusión salina o bien un manto de agua dulce "empujado" por ésta, o simplemente un suelo con alto nivel freático. En tuberías cuyas juntas son herméticas, como el caso del Rib Loc, la presión hidrostática en el exterior del tubo es uniforme alrededor de la circunferencia y dirigida hacia el centro del tubo.

Esta presión hidrostática no debe exceder la rigidez combinada del Sistema Suelo-Tubo con un cierto factor de seguridad. En estas condiciones, se impone al tubo una doble carga: carga de prisma (Ec.4) más la carga debida al peso del agua (Fig. 21).

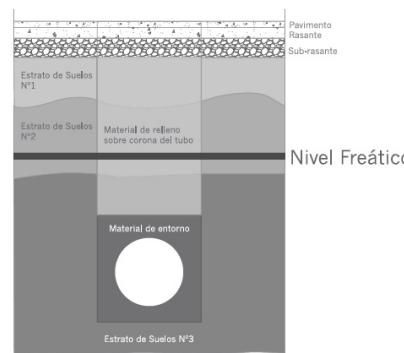


Figura 21. Tubo enterrado bajo la acción del agua subterránea.

No obstante lo anterior, el suelo una vez saturado después de haber alcanzado su humedad óptima, reduce su peso volumétrico. Por esto es necesario introducir un factor de flotabilidad R (Referirse a la Fig. 22) que toma en cuenta este aspecto a la hora de calcular la carga del prisma (Ec. 28).

$$R = 1-0.33 \left(\frac{H_w+D}{H_R} \right) \quad (28)$$

Donde,

H_w , HR y D en metros [19].

La presión crítica de abollamiento cuando el tubo está sumergido, es decir, con presión hidrostática externa es [6]:

$$P_{w-crit} = \alpha_D SRT \quad (29)$$

Donde,

α_D : coeficiente de penetración para el PVC (Fig. 23, Ec.32)

SRT : rigidez anual del tubo (kN/m²), (Ec. 15-b o ver Anexo II)

El coeficiente α_D depende de la relación de rigidez que existe entre el tubo mismo y el medio que lo circunda. Para obtenerlo es necesario calcular primero el factor VRB definido como

$$VRB = \frac{SRT}{SBh} \quad (30)$$

Donde:

SRT : rigidez anular (Ec. 1-b) en kN/m² y SBh se define como, $S_{Bh} = 610 * E_2 * \zetaeta$

Donde:

S_{Bh} : rigidez del medio que circunda el tubo (kg/m²)

E_2 : módulo de rigidez del material alrededor del tubo (kg/cm²)

zeta: factor de correlación definido en Ec. 16-a



Figura 22. Coeficiente de penetración aD

Una expresión que calcula aproximadamente el coeficiente α_D en función de VRB con el modelo de mejor ajuste es:

$$\alpha_D = 2.903(V_{RB})^{-0.279}$$

El coeficiente de seguridad al aplastamiento será entonces,

$$n_{bw} = \frac{P_{w-crit}}{P_w}$$

siendo P_w la presión externa del agua o presión hidrostática referida al eje del tubo y que se calcula según (Referirse a Fig. 21):

$$P_w = \gamma_w (H_w + D) \quad (34)$$

(El peso específico del agua $\gamma_w = 1000 \text{ Kg/m}^3$). P_w en kg/m²

Acción simultánea de presión del suelo y agua externa

Como se anotó anteriormente, en los casos en que se espera una elevación del nivel freático del agua (Fig. 21), la superposición de dos caras, tomando en consideración la Ec. 26, Ec. 29 y la Ec. 34, y el efecto de la fuerza boyante en el cálculo de qV (Ec. 26), permite determinar el factor de seguridad por abollamiento (n_w) como:

$$n_w = \frac{1}{\frac{q_v}{P_b} + \frac{P_w}{P_{w-crit}}} \quad (35)$$

Al considerar la fuerza boyante sobre la carga qV es necesario introducir el factor de flotabilidad R (Ec. 28) al calcular la carga del prisma. Esta carga será ahora igual a:

$$y^* H_R^* R + P_w$$

Acoplando esta expresión en la Ec. 26, obtenemos una carga qvw que toma en cuenta la acción del agua freática sobre el tubo, así como las cargas muertas y vivas (Ec. 36).

$$qvw = (y^* H_R^* R + P_w) + W_v \quad (36)$$

en unidades kN/m². La Ec. 35 se verá ahora como:

$$n_w = \frac{1}{\frac{q_{vw}}{P_b} + \frac{P_w}{P_{w-crit}}} \quad (37)$$

En ausencia de información más exacta, los ingenieros de la ATV (Waste Water Engineers Association) de Alemania [6] utilizan la siguiente información para determinar el módulo de deformación de los suelos según su clasificación y su grado de densidad proctor (%), de acuerdo a DIN 18196 (Tabla 6).

- Grupo 1: Suelos no cohesivos (GP, GW, SP, SW)
- Grupo 2: Suelos ligeramente cohesivos (GM, GC, SM, SC)
- Grupo 3: Suelos cohesivos mezclados. Limos (arenas y gravas con cohesión, material rocoso natural cohesivo) (GW-GC, GP-GM, SW-SC, SP-SM)
- Grupo 4: Suelos cohesivos (e.g. arcillas) (CN, CL, MH, M, OH, OL, T)

Grup	Ángulo de Fricción Interna	Tipos de Suelo					
		Módulo de Deformación (kg/cm ²) según grado de compactación (Proctor)					
		85	90	92	95	97	100
G1	35	20	61	92	163	235	408
G2	30	12	31	41	82	112	204
G3	25	8	20	31	51	82	133
G4	20	6	15	20	41	61	102

Tabla 6. Tipos de suelo

MANUAL TÉCNICO

Ejemplo 10: Una tubería Rib Loc® de 500mm se ha de instalar en el desfogue de un sistema pluvial el cual se halla bajo la influencia del agua subterránea.

Al final del tubo se ha instalado una compuerta tipo "flap" para impedir el ingreso de agua durante la marea alta. El desfogue tiene 50m de longitud, la profundidad de relleno sobre la corona del tubo es $HR=5.00$ m de un material $\gamma=1800 \text{ kg/m}^3$ y la altura del nivel freático sobre el tubo es $H_w=2.00$ m, en promedio.

En el sitio existe un banco de material granular con un ángulo de fricción interna de 25° que clasifica en tipo G3 (Tabla 6) y se especifica compactación de campo a un 95% ($E_2=51 \text{ kg/cm}^2$). Se ha especificado también un ancho de zanja $B=1.25$ m para que la cuña de esfuerzos no toque el material natural de la pared. El material G3 (suelo pumítico) no alcanza saturación plena por lo que sus propiedades de resistencia no se ven alteradas a densidades altas (mayores al 90%). Se espera una deformación inicial de $\Delta\% = 3$ aunque se provocará una ligera flecha vertical positiva una vez colocado el material alrededor del tubo. El ingeniero desea calcular el factor de seguridad al aplastamiento en esta instalación.

Por cuanto la cuña de esfuerzos no llega a la pared de la zanja natural, basados en el experimento de Watkins tomamos $E_2=E_3=51 \text{ kg/cm}^2$ (ver Ejemplos 8 y 9). El momento de inercia de la pared del tubo (Anexo II) $I=31.33 \text{ mm}^4/\text{mm}$ y el radio externo es $r=0.26$ m, luego $D=0.520$ m.

Con estos datos se obtiene la tensión crítica de aplastamiento por la Ec. 23, obteniéndose,

$$P_{cr} = \frac{1.02e^{(0.08*3)*3*2750*31.33}}{0.86*10000} = 1372 \text{ Kg/m}^2 (13*4\text{KN}) \text{ m}^2$$

Luego obtenemos la presión de abollamiento P_b con la Ec. 25 tomando $\zeta=1$:

$$P_b = 30109 \text{ kg/m}^2$$

La rigidez anular de este tubo (Anexo II) es

$$S_{Rt} = 35.45 \text{ kN/m}^2 (3614 \text{ kg/m}^2)$$

El valor de rigidez del medio es (Ec. 31):

$$S_{Bh} = 610 * E_2 * \zeta = 610 * 51 * 1 = 31110 \text{ kg/m}^2$$

Ya con estos valores y la Ec. 30, se obtiene la relación de rigidez:

$$V_{RB} = 36.14 / 31110 = 0.116$$

y con la Ec. 32 encontramos el coeficiente de penetración

$$a_D = 2.903 * (0.116) - 0.279 = 5.3$$

El cálculo de la presión crítica de abollamiento para tubos sumergidos es inmediato con la Ec. 29:

$$P_{w-crit} = 5.3 * 3614 = 19154 \text{ kg/m}^2,$$

y la presión hidrostática se calcula con la Ec. 34:

$$P_w = 1000 (2.0 + 0.52/2) = 2260 \text{ kg/m}^2$$

Sólo falta encontrar la carga existente q_{vw} con la Ec. 36. Pero antes es necesario calcular el factor de flotación R con la Ec. 28:

$$R = 1 - 0.33 * (2.0 + 0.52) / 5 = 0.834$$

Luego, $q_{vw} = (1800 * 5.0 * 0.834 + 2260) + 0.00 = 9766 \text{ kg/m}^2$ (.) la carga viva es despreciable a estas profundidades.

Finalmente, el factor de seguridad buscado es, $a_D = 2.903(V_{RB}) - 0.279$

En realidad, como se provocará una flecha positiva al momento de la instalación, la deflexión a los treinta días se espera que sea ligeramente hacia arriba de cero, no obstante, si fuera igual a cero, el factor de seguridad sería $n_w = 3$.

Existe también la posibilidad de que ocurra falla por pandeo cuando el tubo está completamente lleno (a presión) y cambios en el flujo producen vacíos. En este caso, el diseño debe considerar métodos de eliminación del vacío en aquellos puntos donde se estima que va a ocurrir el fenómeno.

Tercer límite: Rotura de la pared (Wall Crushing)

Bajo este concepto se describe la condición en la cual el esfuerzo en el material de la pared del tubo pasa su límite de proporcionalidad hasta llegar a la fluencia, provocando la falla. La localización de estos esfuerzos es como se describe en la Fig. 23.

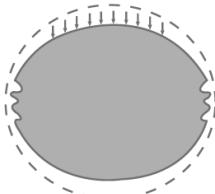


Figura 23. Falla de la pared en las posiciones de las 3 y las 9 horas.

Contrario a lo que pasaría si el tubo estuviera sometido a presión interna, donde la pared estaría sometida a una tracción, en este caso el esfuerzo es de compresión.

El perfil con el que se fabrica el tubo de Rib Loc® proviene de compuestos del PVC que están normados por ASTM -1784.

Aquí se establece el módulo de elasticidad en tensión que debe tener el material. Por ejemplo, para el compuesto tipo 12454-B (que es el que se utiliza) este módulo debe ser $E=2750 \text{ MPa}$ (28000 kg/cm^2). El esfuerzo a la tensión debe ser de 48.3 MPa , osea, 493 kg/cm^2 . Como no se indica el Esfuerzo Máximo a la Compresión, en agosto de 1993 se solicitó al Laboratorio de Materiales y Modelos Estructurales de la UCR; se ejecutara un ensayo para determinar este valor en unas muestras aportadas por Grupo Durman, fabricadas con el mismo compuesto (12454-B), siguiendo el procedimiento descrito en ASTM D-695 (Método de Prueba Estándar para determinar las Propiedades de Compresión en Plásticos Rígidos). Tomando los resultados indicados en el informe, de un total de seis muestras (descartando una de ellas), se obtuvo que el

valor promedio del Esfuerzo Máximo de Compresión fue: $\sigma_c=325 \text{ kg/cm}^2$, es decir, aproximadamente un 65% del esfuerzo a la tensión.

El fenómeno de falla en la pared se aprecia al estudiar la compresión anular producida por la fuerza compresora que actúa sobre el diámetro del tubo en una longitud unitaria. Esta fuerza compresora es la carga del prisma que ya se analizó en la Ec. 4, sumada, si hubiere, a la carga superpuesta que puede ser proveniente de un vehículo, alguna acumulación de material, etc. El esfuerzo de compresión anular es el principal contribuyente en este límite de comportamiento [1] y se define como:

$$\text{Compresión anular} = \frac{Pv D}{2 A} \quad (38)$$

Donde,

Pv : presión vertical debida a la carga (Kg/m^2)

D : diámetro externo del tubo (m)

A : área de sección de la pared del tubo / unidad de longitud (m^2/m ó mm^2/mm)

Utilizando la Ec. 4 para calcular la presión máxima del prisma de suelo, se obtiene la expresión:

$$\sigma_c = \frac{(\gamma)H_R D}{2 A} \quad (39)$$

Donde,

σ_c : esfuerzo de compresión en la pared del tubo ($\text{Kg/m}^2/\text{m}$)

H_R : altura de relleno (m)

γ : peso volumétrico total del suelo (Kg/m^3)

A : área de sección de la pared del perfil por unidad de longitud: m^2/m

Este esfuerzo de compresión no debe superar el σ_{max} del PVC en compresión, por lo tanto, el factor de seguridad al límite de este esfuerzo en la pared es:

$$n_{\text{cru}} = \frac{\sigma_{\text{max}}}{(\gamma)H_R * D} \quad (40)$$

Donde,

$$\sigma_{\text{max}} = \sigma_c = 3250000 \text{ Kg/m}^2 \quad (325 \text{ Kg/cm}^2) \quad [10]$$

Cabe indicar aquí que para obtener este límite de comportamiento no se toma en cuenta el apoyo que el tubo adquiere del suelo circundante, tal como en el caso del límite por abollamiento. Más bien, el fenómeno de falla en la pared ocurre, según investigaciones [1], cuando la tubería se instala bajo condiciones de cargas muertas extremas en rellenos altamente compactados.

H.L. White y J.P. Layer fueron los que propusieron la teoría de "compresión anular" para analizar este límite [1]. El método supone que las deflexiones que se provocarían a esos niveles de compactación son despreciables.

MANUAL TÉCNICO

Ejemplo 11: Una tubería Rib Loc® de 0.60 m se instalará en una cama de concreto similar a la especificada para tuberías rígidas (cama tipo A) ¿A qué altura de relleno sobre la corona del tubo se podría esperar una falla por compresión anular si el suelo tiene $ung=1900 \text{ Kg/m}^3$?

Se considera un esfuerzo máximo a la compresión para el PVC tipo 12454-B de $\sigma_c=325 \text{ Kg/cm}^2$. Área de sección (Anexo II) $A=0.003814 \text{ m}^2/\text{m}$

Despejando el valor HR de la Ec. 39 y sustituyendo valores se obtiene:

$$H_R = \frac{\sigma_c \cdot 2 \cdot A}{D \cdot \gamma} = \frac{325000 \cdot 2 \cdot 0.003814}{0.6039 \cdot 1900} = 21.61 \text{ m}$$

De aquí en adelante, dependiendo del factor seguridad que se estime en el diseño, así será el relleno máximo recomendado en este caso particular.

Los suelos están definidos de acuerdo a la norma ASTM D2487 a excepción del material Clase I, definido en la norma ASTM D2321 de Compresión fue: $sc=325 \text{ kg/cm}^2$, es decir, aproximadamente un 65% del esfuerzo a la tensión.

5. Rib Steel



Figura 24

Se trata de una familia de Tuberías Perfiladas de PVC producidas por Grupo Durman, para el mercado Latinoamericano, Rib Steel es Rib Loc rigidizado con acero.

Es un sistema que combina todas las ventajas del Rib Loc tradicional, con la adición rigidizadores externos de acero galvanizado.

Se logra así la durabilidad, estabilidad y el desempeño hidráulico del tubo Rib Loc de PVC, presente en el mercado latinoamericano desde 1990, a la vez que se obtienen importantes ventajas constructivas y estructurales con la adición de un perfil helicoidal de acero.

Los tubos Rib Steel pertenecen a la familia estructural de las tuberías flexibles, al igual que el Rib Loc autoportante (tradicional), así como las tuberías de metal corrugado, usualmente de acero galvanizado.

Las tuberías flexibles tienen la gran ventaja de que gracias a sus propiedades estructurales y materiales constitutivos pueden interactuar con el material

circundante, tanto el de fundación, el de acostillado, entorno y pared de zanja para generar un esquema de distribución de esfuerzos e interacción suelo-tubo ideal para alturas de relleno en rangos muy amplios, superando en mucho las posibilidades y rendimientos de las tuberías rígidas.

Las tuberías Rib Steel están disponibles principalmente en diámetros desde 1050mm hasta 3050mm, siendo su principal campo de aplicación los diámetros de 1550mm en adelante.

Existen varios parámetros que son de importancia en la definición estructural de una tubería flexible, entre ellos el que indica la rigidez a flexión de la pared del tubo.

Este parámetro designado como EI , es el producto del módulo de elasticidad (E) del material a partir del cual se hace el tubo, por el momento de inercia (I), que se calcula a partir de la geometría del tubo.

El momento de inercia es especialmente alto en secciones "estructuradas" ya sean perfiladas o ya sean corrugadas, con lo que con poca área, y en consecuencia menor peso, se logran secciones de mucha rigidez. Característica innata de los tubos Rib Loc, así como también, por ejemplo, de las secciones de vigas de acero en I que se encuentran en puentes, muelles, edificios, etc.

El acero que se emplea en los tubos Rib Steel se coloca como un clip o inserto que se aloja entre y sobre las tees del perfil del tubo Rib Loc (Figura 6.1).

Este inserto actuará mediante compatibilidad de deformaciones con el perfil de PVC gracias al efecto de llave de cortante que se produce entre

los tees del PVC y las aletas del fleje de acero galvanizado, que hace que la deflección anclar de ambos sea compatible.

Ahora bien, el parámetro EI es básicamente relacionado a la pared del tubo, pero es independiente del diámetro del mismo.

Para relacionarlo con la rigidez del tubo, basta con dividirlo entre el radio del mismo elevado a la tercera potencia:

$$SR = E * I / R^3 \quad (6.1)$$

Donde:

E : Módulo de Elasticidad del material (kPa, en este caso)

I : Momento de inercia de la pared del tubo (m⁴/m)

R : radio de la tubería, medido del centro del tubo (m)

Este dato constituye la rigidez anular teórica del tubo, existiendo múltiples procedimientos y especificaciones para verificar el valor real para un espécimen o el estadístico para un lote dado. Lo más usual es basarse en procedimientos de ASTM (American Society for Testing and Materials) o DIN (Deutsche Institute für Normung).

Para el caso de Rib Steel se tiene que son dos tubos que tienen compatibilidad de deformaciones en cuanto a la deflexión anular, a la vez que no se vinculan por flujo de cortante, por lo que el resultado es que se tienen dos rigideces en paralelo, en vez de un solo tubo

de sección compuesta (si se diese transferencia del flujo de cortante).

La principal ventaja de este concepto es que ambos materiales y perfiles interactúan estructuralmente sin requerir de complicados transmisores del flujo de cortante, a lo largo de la espiral.

La sección tendrá, por lo tanto, las siguientes propiedades:

$$SR_c = E_{pvc} I_{pvc} / R_{pvc}^3 + E_{ac} * I_{ac} / R_{ac}^3 \quad (6.2)$$

En donde:

SR_c = Rigidez anular del tubo compuesto (kN/m²)

E_{pvc} = Módulo de elasticidad del PVC

I_{pvc} = Momento de inercia del perfil de PVC

R_{pvc}^3 = Radio a la fibra neutra, del PVC

E_{ac} = Módulo de elasticidad del acero

I_{ac} = Momento de inercia del fleje metálico

R_{ac}^3 = Radio a la fibra neutra del acero

En la parte experimental, la norma DIN 16961 establece que para el cálculo del valor de EI a partir de los resultados de laboratorio, se debe incluir el efecto de acortamiento que experimenta la sección del tubo por las cargas de compresión, también presentes.

Siendo la fórmula recomendada:

$$SR = F / Dd L * e \quad (6.3)$$

F = Carga aplicada (kN)

Dd = Deformación del diámetro interno (m)

L = Longitud del espécimen de prueba (m)

e = Coeficiente de deformación

A partir de la ecuación 6.3 se procede a despejar el valor experimental de EI , que se utiliza en la ecuación 6.1.

Como referencia, en el caso de una tubería de 2000mm, si esta es en Rib Steel, su rigidez anular es en el orden de 30 veces la rigidez del tubo en variedad autoportante.

Paralelamente se aumenta su capacidad de carga, tanto en virtud a su mayor rigidez como a la mayor área y la mayor resistencia al fallo por pandeo de la pared.

Al momento de definir la capacidad del tubo Rib Steel, se deben considerar dos escenarios:

- Capacidad de carga a corto plazo
- Capacidad de carga al largo plazo

La capacidad al corto plazo se hace considerando la tubería de materiales compuestos, al 100% de su capacidad.

La capacidad al largo plazo dependerá de las condiciones en que le tubo se ha de instalar y el efecto de estas sobre la durabilidad del acero. En este caso, el cálculo deberá contemplar la relación entre vida útil requerida del tubo y la vida útil esperada para el fleje metálico.

Las condiciones de instalación más frecuentes son en suelos con un PH de 6.0 o más (de poco ácido a neutro o alcalino), en cuyo caso la vida útil del fleje fácilmente supera los 15 o 20 años, por lo que se diseña contemplando la sección completa.

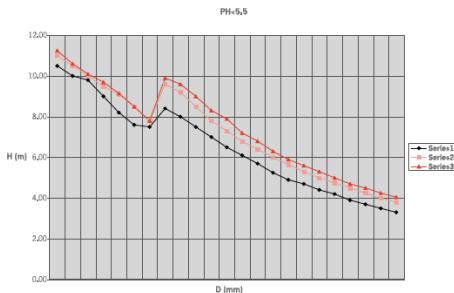


Gráfico 6.1. Rellenos máximos y mínimos, $\text{PH}>=6.0$

En otros casos el suelo es relativamente ácido, con un PH de 5.5 a 6.0, en cuyo caso la vida útil del fleje será de 10 a 15 años y se recomienda entonces diseñar considerando las teorías de Marston y Spangler, sacando adecuada y comprobable ventaja de la condición de que en el momento en que el fleje ya no esté, la distribución de esfuerzos hacia las paredes de la zanja y del material circundante se dará de la forma más ideal para una tubería flexible.

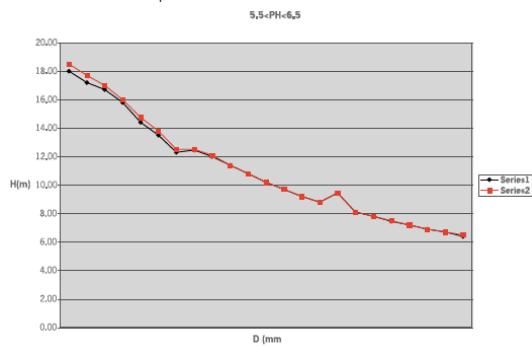


Gráfico 6.2. Rellenos máximos y mínimos, $5.5>\text{PH}>6.0$

El caso más extremo es aquel en el que el suelo circundante tiene valores de PH inferiores a 5.0, lo que hará que la vida útil del tubo sea de menos de 10 años, en cuyo caso se debe prestar especial atención a las instalaciones en las que el relleno es poco y hay tráfico vehicular pesado o cargas vivas importantes, en general. En cuanto al comportamiento para alturas de relleno máximas, priva un criterio similar al expuesto en el caso anterior.

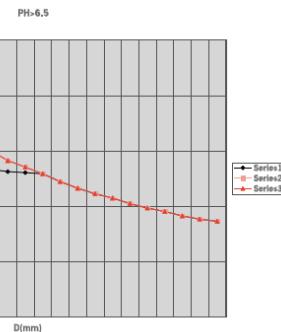


Tabla 6.3. Rellenos máximos y mínimos, $\text{PH}<5.5$

La vida útil del fleje metálico, implicaciones en el comportamiento del tubo instalado

Las tuberías Rib Steel se han conceptualizado como un sistema mixto capaz de brindar una altísima rigidez anular durante el proceso constructivo y los primeros estados de carga del tubo.

La rigidez anular, si bien no es la más importante de las variables para definir la capacidad estructural de un tubo, sí tiene una importancia notoria

cuando se trata de tuberías de grandes diámetros, usualmente de 1800mm en adelante.

Esto debido a que la relación del diámetro del tubo a las dimensiones del equipo de densificación, alturas de relleno, procesos constructivos, etc., es mucho más importantes que en los demás rangos de diámetros.

Es por ello que existen varios sistemas que usan dispositivos que aumenten la rigidez durante el proceso de construcción, siendo un interesante caso el de las bóvedas de acero corrugado para pasos viales y ferroviarios, en las que teniendo dimensiones internas de 4.60m o más, se suele apuntalar la sección para acelerar el procesos constructivo. Una vez instalado el ducto, se retiran los puntales y el sistema actúa como se previó en el diseño.

Así mismo, el denominado "efecto de arco", mediante el cual las cargas permanentes (peso del relleno) llegando a un tubo son sustancialmente menores que el peso del prisma de suelo sobre él proyectado, implicará mayores beneficios si se combina una rigidez alta en los primeros meses y que luego disminuya.

Así entonces, a medida que el fleje vaya finalizando su vida útil, que según sean las condiciones de acidez del suelo demorará de 9 años (condiciones muy extremas) a mucho más de 25 años, el patrón de distribución de cargas variará de manera que el tubo de PVC deberá soportar valores mucho menores que los que le corresponderían si se instalase sin el fleje metálico.

Desde luego que para el caso de aplicaciones superficiales ($HR \leq 0.75 D$) con cargas VIVAS o TEMPORALES de importancia, se debe verificar si la vida útil del fleje para esas condiciones es igual o superior a la esperada para la obra, caso contrario se debe diseñar considerando que el fleje no está, salvo para los procesos constructivos y las cargas y efectos asociados a este.

Es sumamente importante considerar que el fleje se encuentra protegido del flujo del agua y del aire en movimiento dado que queda contra el terreno. Esto hace una vital diferencia entre las tuberías estándar de metal corrugado y las Rib Steel.

En las TMC la corrosión y oxidación del acero se ven aceleradas por el paso del agua que además de oxigenar una de las caras, arrastra la capa externa de óxidos y sales del metal.

Esta capa, conocida en muchos lugares como herrumbre constituye una barrera iónica que retarda el desgaste por abrasión del hierro y del acero.

Dado que en el Rib Steel esta capa queda lejos del alcance del agua y su capacidad oxigenadora y abrasiva, el proceso de deterioro del fleje por condiciones ambientales es veces menor que el que se da un tubo de metal corrugado en el que una pared se ve atacada por la acidez del suelo y su patrón de humedad y la otra por el agua y sus materiales en arrastre.

En el Rib Steel la cara expuesta al flujo del agua es de PVC, verdaderamente inerte a los efectos descritos en el anterior párrafo. Como punto de referencia

histórico se puede analizar el caso de los tubos de metal corrugado, conocidos como TMC.

El capítulo 5 del *Manual de Productos de Acero para Drenaje y Construcción Vial* de la firma ARMCO define claramente el proceso de desgaste de la pared como una combinación del efecto de abrasión (cara expuesta al agua) y migración iónica (cara en contacto con el terreno).

La tabla 5.4 del mencionado manual señala un tiempo estimado para perforación de la pared por combinación de estos dos efectos de 49 años para un tubo de 1.626mm de espesor, para un PH de 5.8 o mayor.

Para efectos de la resistividad iónica del suelo circundante, para un valor de 100 000ohm-cm, una lámina de 1.519mm tendrá una vida útil del orden de 45 años en un PH de 6.0.

Estos datos permiten, con gran seguridad, establecer la vida útil en 40 a 50 años, más aún si se considera que los suelos son más bien de vocación calcárea.

6. Hidráulica de sistemas por gravedad

Por simplificación académica muchas de las exposiciones técnicas sobre conducciones por gravedad se centran en el empleo de estas en condiciones en donde la fórmula de Manning aplica directamente, además que la mayoría de las tuberías que suelen consumir son para condiciones de este tipo.

Como ejemplo favorito está el empleo en desfogues pluviales y colectores sanitarios, así como en aplicaciones especiales como tomas de agua para embalses.

Quedan entonces por fuera, sin embargo, aplicaciones que son de gran importancia para las obras de infraestructura vial, como el caso de los pasos de alcantarilla.

Se define como paso de alcantarilla aquella conducción, generalmente por gravedad, que se hace para permitir el paso del agua de escorrentía pluvial o permanente cuando una vía o un relleno para cualesquiera aplicación, va a interceptar el libre discurrir de esa agua por un canal existente, muchas veces natural.

Para estos tipos de conducciones se puede hacer una clasificación por condiciones hidráulicas:

1. Alcantarillados con control a la entrada:

En estas la pendiente del tubo es al menos un 15% mayor que la pendiente crítica, la salida es completamente libre (no sumergida).

Hidráulicamente su capacidad de entrada depende sobre todo de la configuración geométrica del conducto y de la configuración a la entrada de la

MANUAL TÉCNICO

conducción. Independientemente de la rugosidad del sistema, para una entrada circular será:

$$Q = k_1 \cdot D^{2.5}$$

Ahora bien, se debe verificar la capacidad energética para todo el sistema. Un diseño detallado deberá contemplar las pérdidas energéticas a la entrada, a la salida y por fricción a lo largo del conducto.

Pérdidas a la entrada:

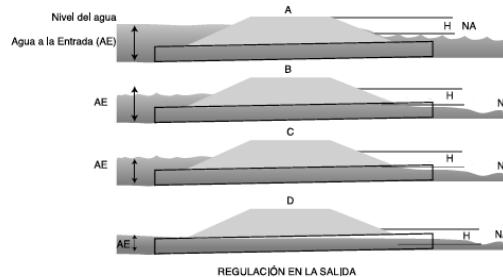
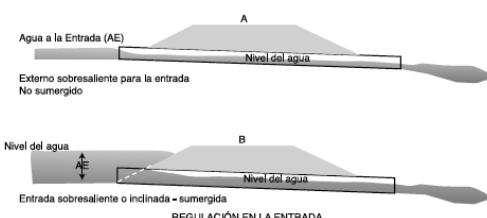
$$H_e = C_g V^2 / (2g)$$

H_e : Pérdida energética a la entrada (pérdida localizada)

C_g : Constante geométrica que va desde 0.25 (para entradas geométricamente atenuadas, muy favorables al flujo ordenado) hasta 0.90 para entradas muy burdas, en las que sobresale el tubo, invadiendo aguas arriba de la "entrada".

V: Velocidad media del flujo en el tubo

g: Aceleración de la gravedad (9.81 m/s^2 , 32.2 ft/s^2)



Pérdidas por fricción en el cuerpo del tubo:

$$H_f = 19.51 n^2 L / R^{4/3} (V^2 / 2g)$$

H_f : Pérdidas energéticas a lo largo del tubo (m, en este caso)

n: n de Manning

L: Longitud del ducto (m, en este caso)

R: Radio hidráulico del ducto para el calado dado (m, en este caso)

V: Velocidad media en el cuerpo del tubo (m/s en este caso)

g: Aceleración de la gravedad (9.81 m/s^2 , en este caso)

2. Alcantarillas con control a la salida:

Se dan generalmente cuando la pendiente de la tubería es igual o inferior a la crítica, lo que hace que el nivel del agua a la salida sumerja a la tubería, pasando entonces a gobernar la capacidad aspectos que incluyen la pendiente del conducto y la rugosidad de la misma. Las pérdidas energéticas serán determinantes en el desempeño del sistema.

Este desempeño se hace también sobre la base del balance energético, que contempla:

1. Pérdidas a la entrada (H_e)
2. Pérdidas por fricción a lo largo del cuerpo del tubo (H_f)
3. Pérdidas a la salida (H_s)
4. Pérdidas por cambios de dirección (H_b)
5. Pérdidas en las juntas (H_j)
6. Pérdidas por dispositivos adicionales (H_g)

Muy usualmente en el diseño se obtiene suficiente precisión usando las tres primeras, de donde que la energía total requerida para trasegar el fluido (H_t) será:

$$H_t = H_e + H_f + H_s$$

H_e y H_f se pueden calcular según se explicó para el caso de Control a la Entrada

H_s se calcula a partir de la ecuación

$$H_s = 1.0 (V^2 / 2g - V_d^2 / 2g)$$

Siendo V_d la velocidad aguas abajo del desfogue de la alcantarilla.

Para el caso particular en que la velocidad aguas abajo es demasiado baja en relación a la velocidad media de la alcantarilla, la fórmula se simplifica a:

$$H_s = V^2 / 2g$$

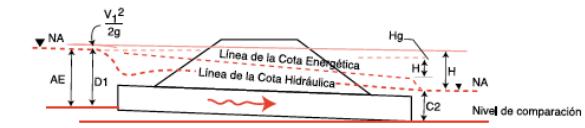


Fig. 4-14. Se ilustra aquí la diferencia entre la finca de la cota energética y la línea de la cota hidráulica.

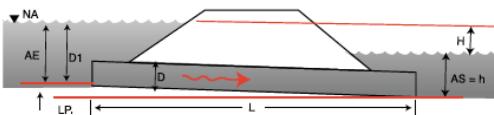


Fig. 4-15. Relación del agua a la entrada con el agua alta a la salida y los demás términos de la fórmula.

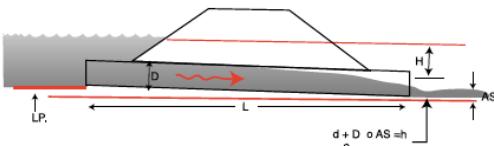


Fig. 4-16. Línea de agua baja a la salida en relación con los términos de la ecuación de flujo.

Comportamiento según Manning

Se debe determinar si el flujo será crítico, sub-crítico o supercrítico y desde luego si se trata de flujo espacial o temporalmente variado y el efecto en los cambios de diámetro y de pendiente en las alturas de calado de la tubería.

En primer lugar se tiene que el caudal a lo largo de la conducción será siempre el mismo, por lo que para obtener un flujo uniforme basta con cumplir con:

1. La pendiente del fondo del canal será uniforme en todo el tramo
2. Área transversal del canal sea constante
3. La velocidad sea la misma en todos los tramos

La pendiente se verificará en el proyecto por medio de latopografía, buscando que sea constante, salvo que por algún motivo especial sea conveniente variarla. Dado que se tienen dos tramos con diámetros diferentes se asumen dos conducciones separadas y se analizan así, para luego complementar el estudio

con un análisis y definición de la transición de la misma y de este modo la sección del canal será constante en cada uno a al vez que la velocidad también (la n de Manning será la misma).

Al cumplir con estos requisitos la ecuación de Manning para flujo uniforme en canal abierto es aplicable:

$$Q = AR^{2/3}S^{1/2}/n$$

En donde A es el área o sección del canal que es atravesada por el flujo, R es el radio hidráulico de la sección del canal que es atravesada por el flujo, R es el radio hidráulico de la sección con flujo, mismo que se obtiene de dividir el área mojada entre el perímetro del canal que está en contacto con el agua.

Para el caso particular de tuberías circulares, por medio de una simplificación geométrica (relacionando los rayos que van de los extremos de contacto con el agua al ángulo entre cada uno de ellos y la vertical) se tiene que:

$$A = 1/8 (\theta - \sin \theta) D^2$$

$$R = 1/4 (1 - \sin \theta) / D$$

En donde D es el diámetro del tubo; n es el coeficiente de Manning para la tubería, mismo que, da manera muy conservadora, se puede estimar en 0.010, un valor muy apropiado para este diámetro de tubo y material de pared del mismo.

7. Usos, Aplicación e Instalación del Sistema

Producción

La tubería del sistema Rib Loc es elaborado mediante secuencia helicoidal de una banda de perfil estructurado fabricado con resinas de P.V.C. mediante proceso de extorsión.

Entre las aplicaciones mas comunes tiene esta tubería se encuentran: Drenaje, Alcantarillas, Entubado de Quebradas, sustitución de Canales de Riego, Sifones, Tanques Sépticos, Tanques de Agua.

En la práctica se tiene una enorme combinación de casos y situaciones específicas como el diámetro de la tubería, cargas super impuestas tanto permanentes como temporales, profundidad de enterramiento y material de contorno. Esto genera cantidad de casos particulares y en aras de puntualizar el trabajo, nos centramos en los casos más típicos de nuestro medio.

Manipulación y almacenamiento



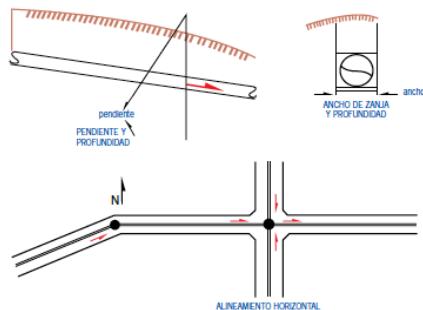
MANUAL TÉCNICO

La tubería para su almacenamiento debe acomodarse en un terreno uniforme, libre de piedras, troncos u objetos similares para que los tubos se apoyen a todo su largo. Además, deberán apilarse preferiblemente a la sombra sin exceder tres filas si se trata de diámetros menores de 550 mm., en el caso de diámetros que oscilan de 600mm. A 1000.. en una máximo de dos filas. Si se trata de diámetros mayores a 1000mm. No se debe almacenar uno encima de otro.

Para su manipulación se requiere tener cuidado para no golpearlo fuertemente cuando se transporta al punto de colocación, especialmente en su descenso a la zanja.

8. Instalación

Elaboración de la zanja:



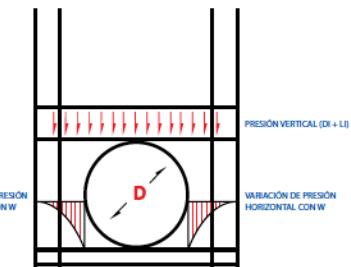
Antes de excavar una zanja se debe conocer bien el alineamiento que ha de seguir el tramo, así como la pendiente longitudinal y el ancho de zanja.

Existen diferentes equipos y procedimientos de campo que permiten cumplir adecuadamente con lo estipulado en el diseño. Un equipo muy adecuado para la mayoría de los casos se constituye de niveletas (marcos temporales para señalar niveles) y escotillones (varas o segmentos de metal con una longitud dada). Esto permite lograr adecuado alineamiento tanto en el sentido horizontal como vertical a todo lo largo de cada tramo. Siempre que sea posible, las paredes deberán ser verticales (salvo que el diseño o las recomendaciones del ingeniero especifiquen otra conducción) y en el fondo deberá tener firmeza, regularidad y una sola pendiente entre el inicio y el final de cada tramo.

Generalmente, el ancho de la zanja para tubos con diámetros menores a 1000mm. (100 cm.) deberá ser, al menos, igual diámetro mas 40 cm. ($D+40$ cm.).

Si el diámetro de a tubería es mayor o igual a 1000mm. El ancho de la zanja oscilara entre ($D+60$ cm.) y ($D+80$ cm.), según la magnitud del diámetro, el tipo de material selecto y el equipo de compactación a utilizar. Lo anterior con el objeto de facilitar la compactación y poder conferirle un adecuado apoyo en el entorno de la tubería, lo cual dará como resultado un excelente comportamiento de la misma.

En condiciones sumamente adversas, de mucha profundidad y suelos de muy mal calidad el ancho de la zanja se incrementara según la rigurosidad de las condiciones del sitio, hasta un máximo de dos veces el diámetro ($2D$). Anchos mayores no retribuyen beneficios adicionales en la respuesta estructural de la tubería, si bien es cierto incrementan el costo de la obra. Debiéndose siempre verificar con el ingeniero



La Cama

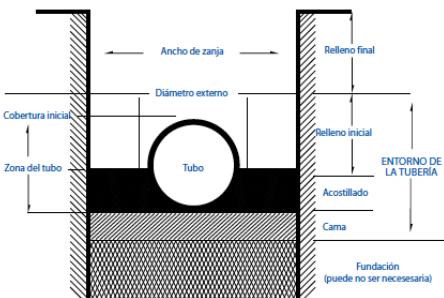
La función primordial de la cama o fundación es ofrecer un apoyo firme continuo y homogéneo en donde se pueda posar convenientemente la tubería.

La cama se deberá elaborar colocando una capa continua de material selecto con un espesor que

oscile de 5 a 10 cm, esto permitirá absorber o eliminar las irregularidades que siempre quedan en el fondo de la zanja al ejecutar su excavación. Ademas ayudara a definir la adecuada pendiente y alineamiento. Si se presentara el caso de un material poco consistente en el fondo de la zanja, se deberá llevar a cabo una sustitución o mejoramiento del mismo.

Usualmente una sustitución de 30cm. Es suficiente, pero las condiciones propias del sitio y el profesional a cargo tiene la ultima palabra. Dicha sustitución se deberá efectuar con un material grueso como material de cantera, gravas y gravas de diámetro grande, hasta lograr proporcionalmente una buena consistencia.

En el caso de existir sumideros de agua, se recomienda un encamado de piedra o piedrilla con suficiente espesor como para drenar el agua y así poder "trabajar en seco". El uso de geosintéticos, como por ejemplo geotextiles no tejidos, para mejorar el desempeño estructural e hidráulico.



Colocación y unión de tubería

Colocación:

Por su bajo peso este tipo de tubería puede ser colocada fácilmente sin tener que hacer uso en la mayoría de los diámetros y casos, de medios mecánicos.

Para bajar los tubos al fondo de la zanja, si esta no es muy profunda, se puede hacer por medio de dos personas. Cuando se trata de una zanja de más de dos metros de profundidad, debe colocarse un mecate a cada extremo del tubo para luego bajarlo lentamente hasta el fondo de la zanja, o en casos muy específicos y cuando se trata de Rib Steel, con retroescabadores livianos.



Unión de la tubería:

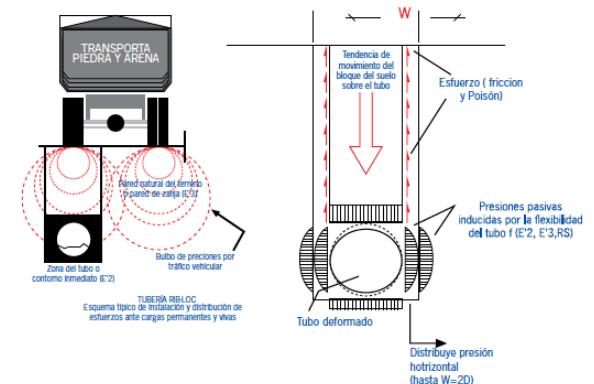
La unión que se practica entre los tubos Rib Loc es una unión cementada de fusión química (SHTOM-304), por tanto es hermética. Los tubos traen una espiga en uno de sus extremos, el otro extremo actúa como campana (hembra). Dicha espiga tiene lengüeta la cual preferiblemente debe quedar en la parte superior del tubo ya instalado.



En el momento de realizar la union, tanto la espiga como la campana deben limpiarse bien con acetona, o diluyente aprobado en el país como equivalente, lo cual sirve tanto para quitar cualquier suciedad como para preparar químicamente las superficies a unir.

Posteriormente, se le coloca una capa uniforme de pegamento de secado lento para Rib Loc (blanco), en ambas superficies y finalmente se introduce la espiga en la campana, conformado así una union cementada hermética.

Relleno:



MANUAL TÉCNICO

La figura 3 representa un corte transversal típico de una zanja en una instalación con el Rib Loc. En dicha figura se denotan dos zonas específicas, la zona del tubo y la zona sobre el tubo.

Zona del tubo:

El relleno alrededor del tubo se debe realizar con material adecuado. Se pueden usar arenas arcillosas, arenas limosas, gravas arcillosas, gravas limosas, arenas limpias, gravas limpias, piedras quebrada o cualquier subproducto de triturado entre 6 y 40 mm.

Como guía del comportamiento del material o zona del tubo, según el tipo del suelo y su densidad, se remite la tabla siguiente.

La conformación de esta zona es de vital importancia, por lo que existe la necesidad de ponerle una atención especial, ya que el material y la manera en que se coloquen van a influir directamente en el comportamiento mecánico del sistema Rib Loc-Suelo.

Para ejecutar el relleno de esta zona, lo primero que hay que realizar es la conformación de la cama de acuerdo con la ya expuesto en el punto 3.2. Luego se deberá continuar colocando capa por capa del relleno con material selecto alternado de un lado a otro y compactando cada capa de material, usualmente hasta el 90% de Proctor Standard, si se tratara de un material cohesivo, o densificandolo convenientemente si fuera arena o gravilla de río, y se colocara piedra triturada acomodándola bien. Esto se deberá hacer hasta cubrir todo el diámetro del tubo, salvo que se especifique otra cosa.

El grosor de cada capa depende, principalmente, del tipo de material selecto y del equipo de densificación con que se cuente. Se se trata de un material cohesivo, arena o gravilla deberán ser capas aproximadamente 15 cm., si la densificación va a ser manual, de 25 a 30 cm., con el empleo de tampers (rincones o sapos), usando material pétreo triturado (segunda) las capas no deberán exceder 25 cm. Esto con el propósito de proporcionar un acomodo conveniente de sus partículas. Este tipo de material, por ser muy fácil de acomodar, genera un significativo ahorro en equipo mecánico y en mano de obra con el consiguiente mejoramiento en los rendimientos. Paralelamente, provee un muy conveniente drenaje subterráneo.

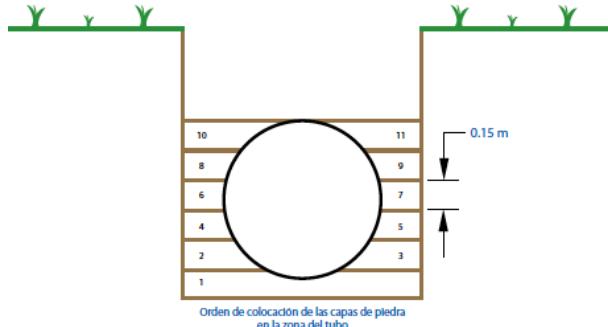
Lo mismo que por sus excelentes características como drenaje subterráneo. Lo mismo que por sus excelentes características como drenaje, funciona muy bien cuando se presentan sumideros de agua en las zanjas.



Mecánica del Suelo	Valores de Módulo de Reacción según grado de compactación del material. Kg/cm ²			
Características del material de encamado (Según SUCS)	Suelo	Poco compacto, Proctor < 85%, DR < 40%	Medio compacto, 85 a 95%, Proctor, DR de 40 a 70%	Alto compacto, > 95% Proctor, DR > 70%
Suelos granulares finos (LL>50), suelos con plasticidad media a alta CH, MH, CH-MH, con menos del 25% en partículas granulares gruesas			No datos disponibles, consulte un ingeniero de suelo o use E'=0	
Suelos granulares finos (LL>50), suelos con plasticidad media a nula CL, ML, CL-ML, con menos del 25% en partículas granulares gruesas	=□%>	14>	□\$>	70
Suelos granulares finos (LL>50), suelos con plasticidad media a nula CL, ML, CL-ML, con Más del 25% en partículas granulares gruesas. Suelos granulares gruesos co finos GM, GC, SM SC, con menos del 12% en finos	,>	28>	,>	140
Suelos granulares gruesos co finos GW, GP, SW SP, con menos del 12% en finos	14>	,>	9(>	210
Roca triturada	,>	□9 >	□9 >	210
Precisión en términos de % de flexión	+/-2>	?□5□>	+/-2>	?/-2

Zona sobre el tubo:

El material que se usa mas frecuentemente para el relleno de esta zona es el mismo que se saca al excavar la zanja. Este relleno se realiza en capas de 25 a 30cm., hasta llegar al nivel deseado, corrientemente se exige una densificación mínima de 90% del Proctor Standard. Si en el trabajo de compactación se va a emplear tamper (sapo), hay que tener cuidado al densificar la primera capa y no pasar el cante del sapo exactamente sobre la linea de centro del tubo. En las capas subsiguientes se puede perder cuidado al respecto.



9. Anexos

Anexo I. Clasificación de suelos y valores del E2 (Módulo de reacción del suelo Kg/cm²)

Clase de Suelo	Suelo según ASTM D2487	Suelto	Grado de compactación Próctor Standard		
			Compactación ligera < 85%	Compactación moderada 85-95%	Muy compacto > 95%
VI	Suelos orgánicos del tipo OL, OH, y suelos que contienen desechos y otros materiales extraños		No se acepta en ningún caso este material como material de encamado o relleno		
V	Suelos finos LL>50 suelos con media a alta plasticidad CH MH, CH-MH		No existe información, consulte con un mecánico de suelos o utilice E2=0		
Va	Suelos finos, LL<50 plasticidad media a sin plasticidad, CL, ML, ML-CL con menos de 25% de partículas gruesas	3.5	14	28	70
Vb	Idem anterior pero con más de 25% de partículas gruesas	7	28	70	140
III	Suelos gruesos con más de 12% de finos GM, GC, SM, SC	7	28	70	140
II	Suelos gruesos con menos de 12% de finos GW, GP, SW, SP	14	70	140	210
I	Piedra quebrada	70	210	210	210

MANUAL TÉCNICO

Tipo de Suelo	Descripción
-	Piedra quebrada, angular de 6 a 40 mm de tamaño tipo gravilla
GW	Gravas limpias bien graduadas con poco o sin material fino. 50% ó más retenido en malla N° 4. Más del 95% retenido en malla N° 200 limpios.
GP	Gravas limpias mal graduadas con poco o sin material fino. 50% ó más retenido en malla N° 4. Más del 95% retenido en malla N° 200
SW	Arenas limpias bien graduadas con poco o sin material fino (malla N° 200)
SP	Arenas limpias mal graduadas con poco o sin material fino (malla N° 200)
GM	Gravas limosas. 50% ó más retenido en malla N° 4. Más del 50% retenido en malla N° 200
GC	Gravas arcillosas. 50% ó más retenido en malla N° 4. Más del 50% retenido en malla N° 200
SM	Arenas limosas, mezcla arenolimo. Más del 50% pasa malla N° 4. Más del 50% retenido en malla N° 200
SC	Arenas arcillosas, mezclas arena-arcilla. Más del 50% pasa malla N° 4. Más del 50% retenido en malla N° 200
ML	Limos inorgánicos, arenas muy finas, polvo de roca, arenas finas limosas o arcillosas. Límite líquido 50% ó menos. 50% ó más pasa malla N° 200
CL	Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas riposas, arcillas arenosas, arcillas limosas, arcillas magras. Límite líquido 50% ó menos. 50% ó más pasa la malla N° 200
MH	Limos inorgánicos, arenas finas o limos micáseos o diatomáceo, limos elásticos. Límite líquido > 50%. 50% pasa malla N° 200 ó más
CH	Arcillas inorgánicas de alta plasticidad. Límite líquido > 50%. 50% ó más pasa malla N° 200
OL	Limos orgánicos y arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad. Límite líquido 50% ó menos. 50% ó más pasa malla N° 200
OH	Arcillas orgánicas de plasticidad media a alta. Límite líquido > 50%. 50% ó más pasa malla N° 200
PT	Turba y otros suelos altamente orgánicos

Anexo II. Magnitudes físicas y propiedades mecánicas de los tubos Rib Loc®

Diámetro interno (mm)	Diámetro externo (mm)	Área de la pared A (mm ² /mm)	Momento de inercia I (mm ⁴ /mm)	Rigidez anular SRT (kN/m ²)	Diámetro interno (mm)	Diámetro externo (mm)	Área de la pared A (mm ² /mm)	Momento de inercia I (mm ⁴ /mm)	Rigidez anular SRT (kN/m ²)
75	76.2	0.000975	1.95	617	1050	1056.4	0.00618	428.36	52
100	101.2	0.000975	1.95	267	1100	1106.4	0.00618	428.36	45.4
150	151.2	0.000975	1.95	81	1150	1156.4	0.00618	428.36	398
200	201.57	0.00126	4.44	78	1200	1206.4	0.00618	428.36	35.1
250	251.57	0.00126	4.44	40	1250	1256.4	0.00618	428.36	31.1
300	302.4	0.0023	31.33	161	1300	1306.4	0.00618	428.36	27.7
350	352.4	0.0023	31.33	103	1350	1356.4	0.00618	428.36	24.8
400	402.4	0.0023	31.33	69	1400	1406.4	0.00618	428.36	22.2
450	452.4	0.0023	31.33	49	1450	1456.4	0.00618	428.36	20.0
500	502.4	0.0023	31.33	36	1500	1506.4	0.00618	428.36	18.1
550	552.4	0.0023	31.33	27	1550	1559.66	0.00901	1055.33	40
600	603.86	0.003814	146	94	1600	1609.66	0.00901	1055.33	37
650	653.86	0.003814	146	75	1650	1659.66	0.00901	1055.33	33
700	703.86	0.003814	146	60	1700	1709.66	0.00901	1055.33	31
750	753.86	0.003814	146	49	1750	1759.66	0.00901	1055.33	28
800	803.86	0.003814	146	40	1800	1809.66	0.00901	1055.33	26
850	853.86	0.003814	146	34	1850	1859.66	0.00901	1055.33	24
900	903.86	0.003814	146	29	1900	1909.66	0.00901	1055.33	22
950	953.86	0.003814	146	24	1950	1959.66	0.00901	1055.33	20
1000	1003.86	0.003814	146	21	2000	2009.66	0.00901	1055.33	19



Durman
by aliaxis

by aliaxis



Costa Rica

Tel: +506.2436.4700
Email: costarica@aliaxis-la.com



El Salvador

Tel: +503.2220.5000
Email: elsalvador@aliaxis-la.com



Honduras

Tel: +504.2246.8044
Email: honduras@aliaxis-la.com



Guatemala

Tel: +502.6636.1111
Email: guatemala@aliaxis-la.com



Panamá

Tel: +507-271-62.00
Email: panama@aliaxis-la.com



Nicaragua

Tel.: +505 2270 9777
Email.: nicaragua@aliaxis-la.com

aliaxis