

INDICE DE MATERIAS

Prólogo	V
Capítulo primero. — CIMENTACIONES	1
1.1. Introducción	1
1.2. Hundimiento de un silo de hormigón armado para almacenamiento de cereales en Transcona (Canadá, 1913)	2
1.3. Asientos en la cimentación de un silo de hormigón armado en Portland City (U.S.A.)	11
1.4. Hundimiento de un silo metálico para almacenamiento de cereales en Ogilvie Fort William (Canadá)	14
1.5. Hundimiento de un silo de hormigón armado para almacenamiento de cereales en Fargo, Dakota del Norte (U.S.A., 1955)	16
1.6. Hundimiento de un silo de hormigón armado para almacenamiento de cereales en Puerto Artur, Winnipeg (Canadá, 1959)	17
1.7. Hundimiento de un silo de hormigón armado para almacenamiento de cereales en Burg (Alemania, 1967)	19
1.8. Asientos en la cimentación de un silo metálico multicelular para almacenamiento de cereales en la provincia de Lérida (España, 1970)	23
Capítulo II. — SOBREPRESIONES DE VACIADO	37
2.1. Introducción	37
2.2. Deformación de un silo metálico multicelular en la Cooperativa Agrícola de Chateau-London (Francia)	42
2.3. Rotura de un silo de hormigón armado para almacenamiento de cereales en Kornenburg (Austria)	47
2.4. Deformación de un silo metálico para almacenamiento de cereales en Huesca (España)	49

Capítulo III. — DISEÑO INCORRECTO DE CELDAS E INTERCELDAS	61
3.1. Introducción	61
3.2. Rotura de un silo de hormigón armado para almacenamiento de cereales en Peavey Duluth (Minnesota, U.S.A.)	61
3.3. Deformaciones y fisuras en un silo de hormigón armado para almacenamiento en Wisconsin (U.S.A.)	63
3.4. Rotura de un silo de hormigón armado para almacenamiento de cereales en Viena (Austria)	66
3.5. Rotura de un silo de hormigón armado multicelular para almacenamiento de cereales en Saxman (Kansas, U.S.A.)	67
3.6. Hundimiento de un silo metálico para almacenamiento de 600 t de cereales en Guipúzcoa (España)	68
3.6.1. Descripción	68
3.6.2. Causas del hundimiento	71
3.6.3. Presiones laterales	72
3.6.4. Determinación de las fuerzas de rozamiento	77
3.6.5. Conclusiones	80
3.7. Hundimiento de un silo cilíndrico en Gerona (España)	82
3.7.1. Estudio de presiones laterales	83
3.7.2. Fuerzas de rozamiento	83
3.7.3. Estudio de esfuerzos	85
3.7.4. Conclusiones	96
3.8. Deformación de un silo metálico multicelular para almacenamiento de cereales en la provincia de Huesca (España)	97
3.9. Deformación de un silo metálico multicelular para almacenamiento de cereales en la provincia de Lérida (España)	107
3.10. Deformación de un silo metálico multicelular para almacenamiento de cereales en Asturias (España)	114
3.11. Deformación de un silo metálico en la provincia de Tarragona (España)	123
3.12. Rotura de la pared de un silo de hormigón armado en la provincia de Sevilla (España)	129
3.13. Deformación del edificio de una fábrica de piensos compuestos en la provincia de Toledo (España)	137
3.14. Hundimiento de un silo para almacenamiento de piedra en Blava (Suiza), 1953)	142
3.14.1. Introducción	142
3.14.2. Los silos de Blava	142
3.14.3. Teorías utilizadas en el cálculo	143
3.14.4. Hundimiento del silo y sus causas	150
3.14.5. Reconstrucción de los silos	151
3.14.6. Conclusiones	153

Capítulo IV. — VACIADO EXCÉNTRICO	157
4.1. Introducción	157
4.2. Silo de hormigón armado para almacenamiento de cemento, agrietado, y deformado (año 1956)	160
4.2.1. Descripción de la instalación	160
4.2.2. Causas de las grietas y deformaciones	163
4.3. Silo de hormigón armado para almacenamiento de cemento, agrietado, en Inglaterra	168
4.3.1. Descripción del silo	168
4.3.2. Ensayos a realizar	170
4.3.3. Causa de las grietas en el silo	172
4.3.4. Conclusiones	177
4.4. Silo metálico para almacenamiento de cemento, deformado, en Inglaterra (1958)	177
4.4.1. Introducción	177
4.4.2. Determinación de presiones y esfuerzos de la chapa	180
4.4.3. Causas de la deformación	182
4.5. Deformación de un silo metálico multicelular para almacenamiento de cereales en Valencia (España, 1972)	185
4.6. Deformación de un silo metálico en la provincia de Toledo (España, 1973)	192
4.6.1. Introducción	192
4.6.2. Causas de la deformación	194
4.6.3. Conclusiones	200
Capítulo V. — FUERZAS DE ROZAMIENTO	201
5.1. Deformación de un silo metálico cilíndrico debido a fuerzas de rozamiento, en la provincia de Sevilla (España, 1969)	203
5.1.1. Descripción de la instalación	203
5.1.2. Estudios a realizar	204
5.1.3. Conclusiones	208
5.2. Deformación de un silo metálico cilíndrico debido a fuerzas de rozamiento en Logroño (España, 1973)	210
5.2.1. Descripción de la instalación	210
5.2.2. Causas de la deformación	213
5.3. Silo metálico cilíndrico, deformado, en la provincia de Madrid (España, 1970)	216
5.3.1. Introducción	216
5.3.2. Determinación de presiones laterales y coeficientes de trabajo de la chapa	218
5.3.3. Fuerzas de rozamiento en las paredes y coeficiente de trabajo de la chapa a compresión	218
5.3.4. Consideración del pandeo	225
5.3.5. Conclusiones	228
5.4. Deformación de un silo metálico para almacenamiento de cereales, en la provincia de Tarragona (España, 1965)	228
5.4.1. Descripción de la instalación	228
5.4.2. Estudio de las causas que produjeron la deformación	229
5.4.3. Conclusiones	232

Capítulo VI. — PRESIONES SOBRE EL FONDO.	233
6.1. Deformación de un silo metálico para almacenamiento de cereales en la provincia de Zaragoza (España, 1971)	234
6.1.1. Descripción de la instalación	234
6.1.2. Estudio de las causas que produjeron la deformación	234
6.1.3. Conclusiones	238
 Capítulo VII. — TENSIONES DE ORIGEN TERMICO	 239
7.1. Rotura de un silo en San José, Missouri (U.S.A., 1963)	239
7.1.1. Introducción	239
7.1.2. Tensiones térmicas	242
7.1.3. Causas del hundimiento	244
 Capítulo VIII. — EXPLOSIONES EN SILOS	 251
8.1. Teorías y ensayos realizados	251
8.1.1. Introducción	251
8.1.2. Calentamiento espontáneo	255
8.1.3. Estudio cuantitativo de los factores que influyen en una explosión de polvo de productos combustibles	256
8.1.4. Análisis matemático de ua explosión de polvo	257
8.1.5. Conclusiones	265
8.2. Explosión en un silo de hormigón armado para almacenamiento de cereales (España, 1976)	266
8.2.1. Introducción	266
8.3. Explosión en una fábrica de piensos en la provincia de Barcelona (España, 1976)	272
8.3.1. Descripción de la instalación y de la explosión	272
8.3.2. Estudio de una celda de 2,14 m de lado y 9 m de altura. Probabilidad de explosión	272
8.4. Incendio de la mayor fábrica de harinas de Valladolid (España, 1977)	277
8.5. Explosión en una fábrica para elaboración de maíz en Waynesboro (U.S.A.)	281
8.6. Explosión en una fábrica de alimentación en Memphis, Tennessee (U.S.A., 1955)	282
8.7. Explosión en una fábrica de harinas de Newport (U.S.A., 1943)	284
8.8. Explosión en una fábrica de harinas en North Kansas City (U.S.A.)	284
8.9. Explosión en una fábrica de harinas en St. Boniface. Man. (U.S.A.)	286
8.10. Explosión en un silo de hormigón armado para almacenamiento de cereales en Puerto Arturo, Ontario (Canadá)	286

Capítulo IX. — SILOS PARA ALMACENAMIENTO DE HARINAS	289
9.1. Teorías sobre el flujo de vaciado de productos pulverulentos cohesivos	289
9.2. Teorías sobre el diseño de silos para almacenamiento de harinas	292
9.2.1. Consideraciones generales sobre las harinas	292
9.2.2. Peso específico aparente de la harina	295
9.2.3. Angulo de rozamiento interno	297
9.2.4. Influencia de la rugosidad de la pared	297
9.2.5. Presiones producidas por llenado rápido de la celda	299
9.2.6. Vaciado neumático	300
9.2.7. Cálculo de la presión en el caso de homogeneización	300
9.2.8. Cálculo de una celda para almacenamiento de harina provista de nariz de descompresión	301
9.2.9. Cálculo de una celda con tirantes interiores	301
9.2.10. Formación de bóvedas en una celda para almacenamiento de harinas y posterior rotura de la misma	303
9.2.11. Cálculo de una celda para almacenamiento de harinas, de dimensiones $5 \times 5 \times 27$ m	309
9.3. Silo de hormigón armado para almacenamiento de harina de soja, agrietado, en Hamburgo (Alemania)	322
9.3.1. Descripción de la instalación	322
9.3.2. Determinación de las presiones laterales y causas de la rotura	324
9.4. Deformación de un silo metálico multicelular para almacenamiento de harina de soja en Guipúzcoa (España, 1971)	327
9.4.1. Descripción de la instalación	327
9.4.2. Causas de la deformación	333
9.5. Deformación de un silo metálico multicelular para almacenamiento de harinas en la provincia de Sevilla (España)	334
9.5.1. Descripción de la instalación	334
9.5.2. Causas de la deformación	340
9.6. Silo de hormigón armado para almacenamiento de harina de soja, fisurado, en la provincia de Sevilla (España)	343
9.7. Deformación de un silo metálico multicelular destinado a almacenamiento y expedición de pienso compuesto a granel, en la provincia de Zaragoza (España, 1973)	346
9.7.1. Introducción	346
9.7.2. Causas de la deformación	348
9.8. Silos cilíndricos de chapa lisa para almacenamiento de harinas	353
Capítulo X. — EFECTOS DEL VIENTO	357
10.1. Deformación de dos silos metálicos cilíndricos en la provincia de Lérida (España, 1971)	357
Bibliografía	363