

BIBLIOGRAFÍA

1. H.A.Stoess, Jr., P.E., *Pneumatic Conveying*. Ed. John Wiley & Sons. 1983.
2. I.M. Hutchings, *Tribology: Friction and Wear Engineering Materials*. Edward Arnold, London and CRC Press, Boca Raton. 1992.
3. Y.I. Oka, M. Matsumara and T. Kawabata, *Relationship Between Surface Hardness and Erosion Damage Caused by Solid Particle Impact*, *Wear*. 1993.
4. G.P. Tilly, *Erosion Caused by Impact of Solid Particles*, *Treatise on Materials Science and Technology*, Vol. 13. Academic Press. Inc. 1979.
5. Horst Czichos. *BAM, Basical Tribological Parameters*, *ASM Handbook*, Vol. 18. 1992.
6. G. Rudinger, *Fundamentals of Gas - Particle Flow*, *Handbook of Powder Technology*, Vol.2. Ed. Elsevier. 1980.
7. K. Ikemori, H. Munakata, *On the Velocity of Solids and the Pressure Losses in the Pneumatic Pransport of Grains by Pipelines*, *Pneumotransport 1, First Conference of the Pneumatic Transport of Solids in Pipes*. 1971.
8. *Transporte Neumático de Materiales Pulverulentos*. Ed. Labor. 1974.
9. R. D. Marcus, L.S.Leung, G.E.Klinzing and F. Rizk, *Pneumatic Conveying of Solids, A theoretical and practical approach*. Ed. Chapman and Hall. 1990.
10. *Flow Phenomena and Measurement*, *Encyclopedia of Fluid Mechanics Vol.1*. Ed.. Nicholas P. Cheremisinoff. 1986.
11. *Alumina Ceramic - a Wear Resistant Material for Material for Mineral Processing, Bulk Handling & Processing*. Vol 7 No.1, January - March. 1995.
12. Frank J. Heymann, *Comitee G-2 on Wear and Erosion*, *ASTM Standarization News*, Mayo 1993.
13. Bharat Bhushan, B.K. Gupta, *Handbook of Tribology Materials, Coatings and Surface Treatments*. Ed. Mc Graw Hill. 1991.

14. S. Jahanmir, On the Wear Mechanisms and the Wear Equations, Fundamental of Tribology. 1981.
15. Dora Martínez. Desgaste de Aceros Aleados en Sistema de Transporte Neumático, Tesis de Maestría, UANL, Monterrey, México. 1996.
16. A.J. Burnett. Symposium on Attrition and Wear, Utrecht. Oct 1992.
17. M.S.Beck, J.H. Hobson, P.J.Mendies, Mass Flow and Solids Velocity Measurement in Pneumatic Conveyors.
18. G.W. Govier, K.Aziz, Flow of Complex Mixtures in Pipes. Ed.Van Nostrand Reinhold Company. 1972.
19. T. Jotaji, Y. Tonik, Solids Velocities and Pressure Drops in a Horizontal Pneumatic Conveying System. Pneumotransport 1, First Conference of the Pneumatic Transport of Solids in Pipes. 1971.
20. Francis W. Sears, Fundamentos de Física, Tomo I Mecánica, Calor y Sonido. Ed. Aguilar. 1975.
21. Raymond C. Binder, Mecánica de Fluidos. Ed. Trillas. 1978, pág.62.
22. D.R. Poirier, G.H. Geiger, Transport Phenomena in Materials Processing. Ed. The Minerals, Metals, & Materials Society. 1994.
23. Robert L. Mott, Applied Fluid Mechanics. Ed. Mc Graw Hill. 1994.
24. Robert H. Perry, Don W. Green, Chemical Engineer's Handbook. Ed. Mc Graw Hill. 1984.
25. L.K. Spink, Principles and Practice of Flow Meter Engineering. Reporte No.3 A.G.A. Ed.8
26. George G. Brown, Operaciones Básicas de la Ingeniería Química. Ed. Marín.1965.
27. R.W.Miller, Flow Measurement Engineering Handbook. Ed. Mc Graw Hill.

LISTA DE TABLAS

Tabla	Página
1. Rango de tamaño de partículas comunes	14
2. Designación de procesos de desgaste	19
3. Composición típica de gases (% en volumen).	39
4. Composición química del acero ASTM A106-B (% en peso).	40
5. Experimentos para la obtención de la velocidad de las partículas en aire.	49
6. Experimentos para pruebas de desgaste.	49
7. Condiciones de prueba para el cálculo de velocidad de las partículas.	50
8. Condiciones de prueba para desgaste.	50
9. Desplazamientos detectados por el péndulo en aire a temperatura ambiente.	56
10. Desplazamientos detectados por el péndulo con gas R a temperatura ambiente.	56
11. Valores de la constante k de desgaste por erosión, por unidad de área, del acero ASTM A106-B a diferentes temperaturas.	64
12. Tabla de valores experimentales y teóricos para flujo y velocidad del gas, Número de Reynolds de las partículas y velocidad relativa gas-partícula.	68

LISTA DE FIGURAS

Figura	Página
1. Fotografía de un codo de acero al carbono fallado por transporte de pelets y trozo de mineral en caliente.	3
2. Técnicas de Transporte Neumático	7
3. Dispositivos para introducir polvo fluidizado en una corriente de aire de acarreo.	9
4. Zonas de un sistema de transporte neumático.	10
5. Zonas estables e inestables y formas de flujo en una tubería de transporte neumático.	12
6. Flujo horizontal de mezcla gas - partícula	13
7. Fotografía de un codo fallado al trabajar en transporte neumático.	15
8. Técnicas de transporte neumático para reforzamientos de codos	16
9. Dispositivos empleados para cambiar la dirección en líneas de transporte neumático.	16
10. Esquema de clasificación de desgaste	18
11. Procesos típicos de desgaste	21
12. Formación de una aspereza.	21
13. Diferencias entre a)abrasión de dos cuerpos, b)tres cuerpos y c)erosión.	23
14. Fuerzas que actúan en una partícula en contacto con una superficie sólida.	24
15. Dependencia típica de la erosión con el ángulo de impacto	26

16.	Sitios de impacto formados por partículas duras en un metal dúctil. Con dirección de impacto de izquierda a derecha. a)Tipo surcado, b)Tipo de corte I, c)Tipo de corte II	26
17.	Instrumentos para medir velocidad de partículas, a)fotografía tomando la interacción de partículas de vidrio con el choque de onda, b)por medio de señales de un transductor, c)con péndulo balístico, d)fotografía de un arreglo péndulo - transductor.	31
18.	Esquema de un tiro horizontal.	33
19.	Microestructura del acero ASTM A106-B a 200 X. Atacada con Nital 2%	41
17.	Esquema de la planta con las zonas básicas de transporte neumático	41
18.	Cupón de acero colocado en un portamuestras	42
19.	Esquema de placa de orificio y registrador de presión (frpr).	43
20.	Fotografía de la zona de transporte, descarga y salida de partículas.	44
21.	Fotografía de los contenedores utilizados en el tiro horizontal	45
22.	Péndulos balísticos utilizados.	45
23.	Fotografía del transductor.	46
24.	Desplazamientos registrados por el YEW.	46
25.	Gráfica de masa de mineral de fierro esponja contra alcance. Con placa de 1 cm para a) y b), mientras que c), d) e) y f) con orificio de 1.3 cm. Los flujos F dados en mcnh, y w en rev/min.	54
26.	Gráfica de flujo de aire a temperatura ambiente contra velocidad de las partículas con dos placas de orificio y con descargas de la dosificadora de a)w=15 rev/min, b)w=3 rev/min.	55
27.	Datos experimentales de velocidad de las partículas y flujo de aire y gas R a temperatura ambiente.	57
28.	Datos teóricos de flujo de gas R contra velocidad de la partícula a diferentes temperaturas	58

29.	Cupones de acero ASTM A106-B	59
30.	Fotografía digitalizada de acero al carbono desgastada por transporte de 200 kg de fierro esponja a 400 °C.	60
31.	Remoción de material de acero al carbono a 2 kX.	61
32.	Esquema de un cupón con dos áreas de desgaste: a)severo y b)leve	63
31.	Razón área dañada - área trabajo para el acero al carbono a diferentes temperaturas de trabajo	63
32.	Gráfica Número de Reynolds - Coeficiente de arrastre para diferentes partículas	69

RESUMEN AUTOBIOGRÁFICO

Esperanza Teófila Deaquino Aguirre

Candidato para el Grado de Maestro en Ciencias de la Ingeniería con Especialidad en
Materiales

Tesis: Desgaste en Transporte Neumático

La Lic. Esperanza Teófila Deaquino Aguirre nació el 7 de Agosto de 1971 en Monterrey, Nuevo León, México. Es hija del Sr. Juventino Deaquino Gutiérrez. y de la Sra. María de Jesús Aguirre Garza. Cursó sus estudios profesionales en la Facultad de Ciencias Físico Matemáticas de la Universidad Autónoma de Nuevo León y obtuvo el título de Licenciado en Física en 1992.

En Febrero de 1994 inicia sus estudios de Maestro en Ciencias de la Ingeniería Mecánica con especialidad en Materiales en la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica de la UANL apoyada por una beca del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT).

