

INDICE

Primera Parte. Principios del Razonamiento y Análisis Estadístico	1
Capítulo 1. El Papel de los Métodos Estadísticos en la Industria Moderna	2
1.1. Las distintas áreas funcionales en la industria	2
1.2. El dilema entre calidad y productividad	4
1.3. Extinción de incendios	6
1.4. Inspección de incendios	6
1.5. Control de procesos	9
1.6. Calidad por diseño	10
1.7. Resumen del capítulo	12
1.8. Ejercicios	13
Capítulo 2. Qué es la Variabilidad	14
2.1. Los fenómenos y la estructura de las observaciones	14
2.2. Exactitud y precisión de las mediciones	18
2.3. La población y la muestra	18
2.3.1. Toma de una muestra aleatoria de una población finita 0	19
2.3.2. Toma de una muestra aleatoria de una población infinita	20
2.4. Análisis descriptivo de los datos de la muestra	21
2.4.1. Distribuciones de frecuencia de variables aleatorias discretas	21
2.4.2. Distribuciones de frecuencia de variables aleatorias continuas	25
2.4.3. Estadísticas de la muestra ordenada	28
2.4.4. Estadísticas de ubicación u dispersión	30
2.5. Intervalos de predicción	34
2.6. Técnicas adicionales del análisis exploratorio de datos	35
2.6.1. Diagramas de caja y bigotes	35
2.6.2. Gráficas de cuantiles	36
2.6.3. Diagramas de tallo y hojas	37
2.6.4. Estadísticas robustas de ubicación y dispersión	38
2.7. Resumen del capítulo	40
2.8. Ejercicios	41
3. Capítulo 3. Variabilidad en Diversas Dimensiones	44
3.1. Presentación y análisis gráfico	44
3.1.1. Diagramas de dispersión	44
3.1.2. Diagramas de cajas múltiples	47
3.2. Gráficas dinámicas	49
3.2.1. Giro en 3 dimensiones	49
3.2.2. Iluminación, codificación y transformaciones	49
3.3. Distribuciones de frecuencia en varias dimensiones	50
3.3.1. Distribuciones bivariadas de frecuencias conjuntas	50
3.3.2. Distribuciones condicionales	54
3.4. Correlación y análisis de regresión	55
3.4.1. Covarianzas y correlaciones	55
3.4.2. Ajuste de las líneas de regresión a los datos	58
3.4.2.1. El método de los mínimos cuadrados	58
3.4.2.2. Intervalos de predicción y regresión	62
3.4.2.3. Métodos robustos de correlación y regresión	63
3.5. Tablas de contingencia	68

3.5.1. Estructura de las tablas de contingencia	68
3.5.2. Índice de asociación para tablas de contingencia	72
3.5.2.1. Variables escalonadas en dos intervalos	72
6.5.2.2. Índice de asociación para variables categóricas	73
3.6. Resumen del capítulo	77
3.7. Ejercicios	78
Capítulo 4. Modelos Básicos de Probabilidad y Funciones de Distribución	80
4.1. Probabilidad básica	80
4.1.1. Eventos y espacios muestrales: presentación formal de mediciones aleatorias	80
4.1.2. Reglas básicas de operaciones con eventos: uniones e intersecciones	82
4.1.3. Probabilidades de eventos	84
4.1.4. Funciones de probabilidad para muestreo aleatorio	86
4.1.5. Probabilidades condicionales e independencia de eventos	88
4.1.6. Fórmula de Bayes y sus aplicaciones	90
4.2. Variables aleatorias y sus distribuciones	92
4.2.1. Distribuciones discretas y continuas	93
4.2.1.1. Variables aleatorias discretas	93
4.2.1.2. Variables aleatorias continuas	94
4.2.2. Valores esperados y momentos de la distribución	97
4.2.3. Desviación estándar, cuantiles, medidas de asimetría y curtosis	99
4.2.4. Funciones generadoras de momentos	102
4.3. Familias de distribuciones discretas	103
4.3.1. La distribución binomial	103
4.3.2. La distribución hipergeométrica	105
4.3.3. La distribución de Poisson	109
4.3.4. Distribuciones geométrica y binomial negativa	110
4.4. Distribuciones continuas	113
4.4.1. La distribución uniforme en el intervalo (a,b) , $a < b$	113
4.4.2. Las distribuciones normal y log – normal	114
4.4.2.1. La distribución normal	114
4.4.2.2. La distribución log – normal	119
4.4.3. La distribución exponencial	120
4.4.4. Las distribuciones gamma y de Weibull	122
4.4.5. La distribución beta	125
4.5. Distribuciones conjunta, marginales y condicionales	126
4.5.1. Distribuciones conjuntas y marginales	126
4.5.2. Covarianza y correlación	129
4.5.3. Distribuciones condicionales	131
4.6. Algunas distribuciones multivariadas	134
4.6.1. La distribución multinomial	134
4.6.2. La distribución multi – hipergeométrica	136
4.6.3. La distribución normal bivariada	137
4.7. Distribuciones de estadísticas de orden	139
4.8. Combinaciones lineales de variables aleatorias	141
4.9. Aproximaciones para muestrales grandes	146
4.9.1. La ley de los números grandes	146

4.9.2. El teorema del límite central	147
4.9.3. Algunas aproximaciones a la distribución normal	148
4.10. Distribuciones adicionales de estadísticas de muestras con distribución normal	149
4.10.1. Distribución de la varianza de muestra	149
4.10.2. La estadística t de Student	151
4.10.3. Distribución de la relación de varianzas	152
4.11. Resumen del capítulo	153
4.12. Ejercicios	154
Capítulo 5. Muestreo para Estimar Cantidades en Poblaciones Finitas	160
5.1. El muestreo y el problema de estimar	160
5.1.1. Definiciones básicas	160
5.1.2. Estimadores de muestra de cantidades de población y sus distribución de muestras	161
5.2. Estimados con muestras aleatorias simples	165
5.2.1. Propiedades de X_n y S_2 usando muestreo aleatorio simple con reposición	166
5.2.2. Propiedades de X_n y S_{2n} con muestreo aleatoria simple sin reposición	168
5.3. Estimado del promedio con muestreo aleatorio estratificado sin reposición	172
5.4. Asignación proporcional y óptima	173
5.5. Modelos de predicción con covariadas conocidas	177
5.6. Resumen del capítulo	180
5.7. Ejercicios	182
Capítulo 6. Inferencia Estadística Paramétrica	183
6.1. Características de muestreo de los estimadores	183
6.2. Algunos métodos de estimación de punto	185
6.2.1. Estimadores de ecuación de momentos	186
6.2.2. El método de los mínimos cuadrados	187
6.2.3. Estimadores de posibilidad máxima	189
6.3. Comparación de estimadores de la muestra con normas específicas. Prueba de hipótesis estadística	191
6.3.1. Conceptos básicos	191
6.3.2. Algunas pruebas comunes de hipótesis con una muestra	195
6.4. Intervalos de confianza	202
6.4.1. Intervalos de confianza de u cuando se conoce σ	203
6.4.2. Intervalos de confianza de u cuando se desconoce σ	203
6.4.3. Intervalos de confianza de σ^2	203
6.4.4. Intervalos de confianza de p	204
6.5. Intervalos de tolerancia	206
6.5.1. Intervalos de tolerancia para las distribuciones normales	206
6.5.2. Intervalos de tolerancia sin distribución	209
6.6. Prueba de normalidad con gráficas de probabilidad	210
6.7. Pruebas de bondad de ajuste	214
6.7.1. La prueba de ji cuadrada (muestras grandes)	214
6.7.2. La prueba de Kolmogorov – Smirnov	216
6.8. Procedimientos de decisión bayesiana	218

6.8.1. Distribuciones a priori y a posteriori	219
6.8.2. Prueba y estimación bayesiana	222
6.8.2.1. Prueba bayesiana	222
6.8.2.2. Estimación bayesiana	225
6.8.3. Intervalos de credibilidad para parámetros reales	225
6.9. Resumen del capítulo	227
6.10. Ejercicios	227
Capítulo 7. Inferencia sin Distribución: Técnicas Intensivas en Cómputo	231
7.1. Muestreo aleatorio de distribuciones de referencia	231
7.2. Muestreo bootstrap	234
7.2.1. El método bootstrap	235
7.2.2. Examen del método bootstrap	235
7.2.3. Control del método bootstrap	236
7.3. Prueba bootstrap de hipótesis	236
7.3.1. Prueba bootstrap e intervalos de confianza para la media	237
7.3.2. Prueba estudentizada para la media	237
7.3.3. Prueba estudentizada para la diferencia de dos promedios	239
7.3.4. Pruebas bootstrap e intervalos de confianza para la varianza	240
7.3.5. Comparación de estadísticas de varias muestras	241
7.3.5.1. Comparación de varianzas de varias muestras	241
7.3.5.2. Comparación de varias medias: el análisis unilateral de varianza	272
7.4. Intervalos de tolerancia bootstrap	244
7.4.1. Intervalos de tolerancia bootstrap para muestras de Bernoulli	244
7.4.2. Intervalos de tolerancia para variables continuas	246
7.5. Pruebas no paramétricas	247
7.5.1. La prueba del signo	247
7.5.2. La prueba de aleatorización	249
7.5.3. La prueba de rango con signo de Wilcoxon	251
7.6. Macros de MINITAB y archivos ejecutables usados en el capítulo	252
7.7. Resumen del capítulo	253
7.8. Ejercicios	254
Capítulo 8. Regresión Lineal Múltiple y Análisis de Varianza	256
8.1. Regresión con dos variables	257
8.2. Regresión y correlación parcial	261
8.3. Regresión lineal múltiple	263
8.4. Pruebas F parciales y suma de cuadrados secuencial	267
8.5. Construcción de modelos. Regresión en etapas	269
8.6. Diagnóstico de la regresión	272
8.7. Análisis de la respuesta cuantil: regresión logística	275
8.8. El análisis de varianza: comparación de promedios	276
8.8.1. El modelo estadístico	276
8.8.2. El análisis unidireccional de varianza (ANOVA)	277
8.9. Intervalos de confianza simultáneos: comparación múltiples	281
8.10. Análisis de datos categóricos	283
8.10.1. Comparación de experimentos binomiales	284
8.10.2. La prueba de ji cuadrada para tablas de contingencia	285
8.11. Resumen del capítulo	287

8.12. Ejercicios	288
Segunda Parte. Métodos de la Estadística Industrial	291
Capítulo 9. Planes de Muestreo para Inspección de Productos	292
9.1. Descripción general	292
9.2. Planes de muestreo de una etapa para atributos	294
9.3. Determinación aproximada del plan de muestreo	297
9.4. Planes de muestreo doble para atributos	299
9.5. Muestreo secuencial	303
9.6. Planes de muestreo de aceptación para variables	307
9.7. Inspección rectificadora de lotes	310
9.8. Normas nacionales e internacionales	312
9.9. Planes de muestreo de lotes salteados para atributos	314
9.9.1. Procedimientos ISO 2859 de muestreo de lote salteado	314
9.10. El criterio de inspección de Deming	317
9.11. Tablas publicadas para muestreo de aceptación	318
9.12. Resumen del capítulo	319
9.13. Ejercicios	320
Capítulo 10. Métodos y Principios Básicos del Control Estadístico de Proceso	322
10.1. Conceptos básicos del control estadístico de procesos	322
10.2. Manejo de un proceso con gráficas de control	332
10.3. Establecimiento de una gráfica de control: estudios de capacidad del proceso	336
10.4. Índices de capacidad del proceso	338
10.5. Siete herramientas para controlar y mejorar el proceso	341
10.6. Análisis estadístico de los diagramas de Pareto	345
10.7. Las gráficas de control de Shewhart	348
10.7.1. Gráficas de control para atributos	350
10.7.2. Gráficas de control para variables	352
10.7.2.1. Gráficas X	352
10.7.2.2. Gráficas S y R	354
10.8. Resumen del capítulo	357
10.9. Ejercicios	358
Capítulo 11. Métodos Avanzados de Control Estadístico de Proceso	360
11.1. Pruebas de aleatoriedad	360
11.1.1. Pruebas de la cantidad de corridas	361
11.1.2. Corridas arriba y debajo de un nivel específico	362
11.1.3. Corridas hacia arriba y abajo	365
11.1.4. Prueba de la longitud de corridas hacia arriba y hacia abajo	366
11.2. Gráficas modificadas de control de Shewhart para X	367
11.3. Tamaño de muestra y frecuencia de muestreo para las gráficas de control de Shewhart	370
11.3.1. Diseño económico para las gráficas X	370
11.3.2. Aumento de la sensibilidad de las gráficas p	370
11.4. Gráficas de control multivariadas	373
11.5. Gráficas de control de suma acumulada	376
11.5.1. Esquema superior de Page	376
11.5.2. Algunos fundamentos teóricos	378
11.5.3. Esquemas inferior y bilateral de Page	381

11.5.4. Longitud promedio de corrida, probabilidad de falsa alarma y demora esperada condicional	385
11.6. Detección bayesiana	388
11.7. Seguimiento del proceso	392
11.7.1. El procedimiento de promedios móviles ponderados exponencialmente (EWMA)	393
11.7.2. El procedimiento de estimación de Bayes de la media actual (EBPA)	395
11.7.3. El filtro de Kalman	396
11.7.4. Plan de medición de calidad (QMP) de hoadley	398
11.8. Control automático de proceso	401
11.9. Resumen del capítulo	403
11.10. Ejercicios	404
Capítulo 12. Diseño y Análisis Clásico de Experimentos	408
12.1. Principios directivos y pasos básicos	408
12.2. Bloqueo y aleatorización	412
12.3. Modelos lineales aditivos y no aditivos: efectos principales e interacciones	413
12.4. Análisis de diseños completos de bloques aleatorizados	415
12.4.1. Varios bloques, dos tratamientos por bloque: comparación apareada	415
12.4.1.1. La prueba t	416
12.4.1.2. Pruebas de aleatorización	416
12.4.2. Varios bloques, t tratamientos por bloque	419
12.5. Diseños de bloques incompletos balanceados	422
12.6. Diseños con cuadrados latinos	426
12.7. Experimentos factoriales completos	432
12.7.1. Estructura de los experimentos factoriales	432
12.7.2. Análisis de varianza de diseños factoriales completos	432
12.7.3. Estimación de efectos principales e interacciones	438
12.7.4. Diseños factoriales 2_m	439
12.7.5. Diseños factoriales 3_m	448
12.8. Bloqueo y réplica fraccionarias de diseños factoriales 2_m	454
12.9. Exploración de las superficies de respuesta	459
12.9.1. Diseños de segundo orden	460
12.9.2. Algunos diseños específicos de segundo orden	463
12.9.2.1. Diseños 3_k	463
12.9.2.2. Diseños compuestos centrales	464
12.9.3. Acercamiento a la región de rendimiento óptimo	468
12.9.4. Representación canónica	468
12.10. Resumen del capítulo	470
12.11. Ejercicios	470
Capítulo 13. Calidad por Diseño	473
13.1. Control de calidad fuera de línea, diseño de parámetros y el método de Taguchi	474
13.1.1. Optimización de producto y proceso usando funciones de pérdida	474
13.1.2. Etapas principales en el diseño de productos y procesos	476
13.1.3. Parámetros de diseño y factores de ruido	478
13.1.4. Experimentos de diseño de desempeño	480

13.1.5. Medidas estadísticas de desempeño	480
13.2. Los efectos de la no linealidad	481
13.3. Diseños de Taguchi	484
13.4. Diseños asistidos por computadora	487
13.5. Diseños de tolerancia	489
13.6. Estudios de caso	491
13.6.1. El experimento de Quinlan en Flex Products	491
13.6.2. Optimización en computadora del tiempo de respuesta	495
13.7. Resumen del capítulo	498
13.8. Ejercicios	498
Capítulo 14. Análisis de Confiabilidad	500
14.1. Nociones básicas	502
14.1.1. Categorías de tiempo	502
14.1.2. Confiabilidad y funciones afines	503
14.2. Confiabilidad del sistema	505
14.3. Disponibilidad de los sistemas que se pueden reparar	508
14.4. Tipos de observaciones del tiempo hasta la falla	514
14.5. Análisis gráfico de datos de duración	515
14.6. Estimación no paramétrica de la confiabilidad	519
14.7. Estimado de características de vida	521
14.7.1. Estimadores de máxima posibilidad para distribuciones exponenciales de tiempo hasta la falla	521
14.7.2. Estimando de máxima posibilidad de los parámetros de Weibull	524
14.8. Demostración de confiabilidad	526
14.8.1. Prueba binomial	526
14.8.2. Distribuciones exponenciales	527
14.8.3. Prueba secuencial de confiabilidad	529
14.8.3.1. Prueba de confiabilidad para datos binomiales	529
14.8.3.2. La prueba de relaciones secuenciales de probabilidad para procesos de Poisson	531
14.8.3.3. La prueba de relaciones secuenciales de probabilidad para procesos de Poisson	534
14.9. Prueba acelerada de vida	536
14.9.1. El modelo de temperaturas de Arrhenius	536
14.9.2. Otros modelos	537
14.10. Procedimientos de quemado	537
14.11. Resumen del capítulo	539
14.12. Ejercicios	539
Referencias	542
Apéndice I. Repaso de álgebra de matrices para estadísticas, con cálculos en MINITAB	547
Apéndice II. Simuladores	552
Apéndice III. Información sobre archivos de datos y programas	556
Apéndice IV. Información detallada sobre archivos de datos	558
Apéndice V. Información detallada sobre archivos ejecutables de BASIC y macros de MINITAB	563
Apéndice VI. Procedimientos con S – PLUS	565
Apéndice VII. Soluciones	579
Apéndice VIII. Operaciones y comandos con MINITAB	605

Apéndice IX. Lista de abreviaturas	610
Apéndice X. El alfabeto griego	612
Índice de autores	613
Índice de materias	615