

1. Cordón Pozo, Eulogio [et al.]. Estrategias de innovación y creación de conocimiento tecnológico en las empresas industriales españolas. Madrid: Cívitas, 2003. 273 p.  
ISBN 84-470-1950-0

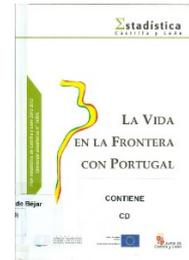
**Signatura: IB/658.001.76 EST las**



[Índice](#)

2. Junta de Castilla y León. La vida en la frontera con Portugal. Valladolid: Junta de Castilla y León, D.G. Estadística, D.L. 2010. 44 p.

**Signatura: IB/33(460) VID**



[Índice](#)

3. Blanco Ramos, Francisco, Ferrando Bolado, Máximo, Martínez Lobato, María Fuencisla. Teoría de la inversión. Madrid: Pirámide, 2015. 406 p.

ISBN 978-84-368-3307-2

**Signatura: IB/336.76 BLA teo**



[Índice](#)

4. Nafría García, David A. ... [et al.]. Atlas agroclimático Castilla León. Valladolid: Instituto Tecnológico Agrario de Castilla y León; Madrid: Agencia Estatal de Meteorología, 2013. 135p.

ISBN 978-84-7837-087-0

**Signatura: IB/551.58 ATL**

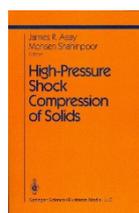


[Índice](#)

5. James R. Asay, M. Shahinpoor, editors. High-Pressure Shock Compression of Solids. Nueva York, Springer, 1993. 393 p.

ISBN 978-1-4612-6943-4

**Signatura: IB/MEC/620.1 HIG ids**



[Índice](#)

6. Heizer, Jay H. Dirección de la producción y de operaciones. Decisiones estratégicas. Madrid: Pearson Prentice Hall, 2015. 594 p.

ISBN 978-84-9035-287-8

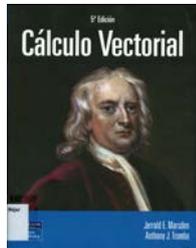
**Signatura: IB/658 HEI dir**



[Índice](#)

7. Marsden, Jerrold E. Cálculo Vectorial. México [etc.]: Addison Wesley Longman, D.L. 2004. 666 p. ISBN 8478290699

**Signatura: IB/517 MAR cal**



[Índice](#)

8. Alfonsa García López [y otros]. Cálculo II. Teoría y problemas de funciones de varias variables. [Madrid]: Clagsa,D.L. 2011. 623p. ISBN 84-921847-5-2

**Signatura: IB/517 CAL les**



[Índice](#)

9. González Monsalve, Mario. Geometría Descriptiva. Sevilla: Julián Palencia Pérez, 2013. 477 p. ISBN 84-604-0452-8

**Signatura: IB/514.18 GON geo**



[Índice](#)

10. Santiago García Garrido. Construcción de centrales de ciclo combinado (2 volúmenes). [Fuenlabrada (Madrid)]: Renovetec, D.L. 2014. ISBN 978-84-616-9925-4

**Signatura: IB/621.31 GAR con**



[Índice](#)

# Estrategias de innovación y creación de conocimiento tecnológico en las empresas industriales españolas

## ÍNDICE

Presentación . . . . .	15
------------------------	----

### PARTE I

#### FACTORES DETERMINANTES DE LA INNOVACIÓN

<b>Capítulo 1.—Determinantes, patrones y resultados del proceso de innovación de la empresa española, por <i>Jesús Galende del Canto</i> . . . . .</b>	<b>27</b>
1.1. INTRODUCCIÓN . . . . .	27
1.2. MARCO TEÓRICO DEL TRABAJO . . . . .	28
1.3. REVISIÓN DE LA LITERATURA . . . . .	29
1.3.1. <i>Factores y características innovadoras</i> . . . . .	29
1.3.2. <i>Patrones de innovación</i> . . . . .	32
1.4. MODELO E HIPÓTESIS . . . . .	35
1.5. METODOLOGÍA. . . . .	36
1.6. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS . . . . .	39
1.6.1. <i>Resumen y reducción de datos</i> . . . . .	39
1.6.2. <i>La incidencia de los factores internos y externos sobre el proceso de innovación</i> . . . . .	41
1.6.3. <i>Formación de patrones de innovación</i> . . . . .	44
1.6.4. <i>El resultado innovador</i> . . . . .	47
1.7. CONCLUSIONES . . . . .	48
BIBLIOGRAFÍA . . . . .	50
<b>Capítulo 2.—Capacidad de absorción, oportunidad tecnológica y esfuerzo innovador: Un estudio empírico de sus relaciones en las empresas manufactureras españolas, por <i>Pilar Quevedo Cano</i>. . . . .</b>	<b>55</b>
2.1. INTRODUCCIÓN . . . . .	55
2.2. MODELO ESPECÍFICO DE ANÁLISIS: ANTECEDENTES E HIPÓTESIS . . . . .	57
2.2.1. <i>La conducta innovadora</i> . . . . .	57
2.2.2. <i>La oportunidad tecnológica</i> . . . . .	58
2.2.3. <i>Capacidad de absorción</i> . . . . .	62
2.2.4. <i>El efecto moderador de la capacidad de absorción</i> . . . . .	67
2.3. METODOLOGÍA Y DESCRIPCIÓN DEL ESTUDIO EMPÍRICO . . . . .	68
2.3.1. <i>La muestra</i> . . . . .	68
2.3.2. <i>Las medidas del comportamiento innovador y de las variables estructurales</i> . . . . .	69

2.3.3.	<i>Índice de medida de la capacidad de absorción</i> . . . . .	71
2.3.4.	<i>Las herramientas estadísticas</i> . . . . .	74
2.4.	LOS RESULTADOS . . . . .	75
2.5.	CONCLUSIONES . . . . .	76
	BIBLIOGRAFÍA . . . . .	77
<b>Capítulo 3.—La innovación en la empresa española: Influencia de las características del entorno y de la estructura organizativa, por Ángeles Muñoz Fernández y Eulogio Cordón Pozo.</b> . . . . .		81
3.1.	INTRODUCCIÓN . . . . .	81
3.2.	CONSIDERACIONES TEÓRICAS PREVIAS . . . . .	82
3.2.1.	<i>Incertidumbre ambiental, estructura e innovación</i> . . . . .	82
3.2.2.	<i>Estructura organizacional e innovación</i> . . . . .	84
3.2.3.	<i>Hipótesis a contrastar por la investigación</i> . . . . .	88
3.3.	ESTUDIO EMPÍRICO . . . . .	90
3.3.1.	<i>Muestra utilizada en el estudio</i> . . . . .	90
3.3.2.	<i>Medidas: escalas utilizadas y su grado de fiabilidad</i> . . . . .	91
3.3.3.	<i>Metodología de la investigación</i> . . . . .	92
3.3.4.	<i>Resultados del tratamiento estadístico</i> . . . . .	92
3.4.	DISCUSIÓN, CONCLUSIONES Y LIMITACIONES . . . . .	97
	BIBLIOGRAFÍA . . . . .	99
PARTE II		
<b>INNOVACIÓN Y ESTRATEGIA EMPRESARIAL</b>		
<b>Capítulo 4.—Capital tecnológico y estrategia de diversificación: El caso de las empresas industriales de España, por Antonio Rodríguez Duarte</b> . . . . .		105
4.1.	INTRODUCCIÓN . . . . .	105
4.2.	ANTECEDENTES TEÓRICOS Y EMPÍRICOS . . . . .	106
4.3.	LA OBTENCIÓN DEL «CAPITAL TECNOLÓGICO» . . . . .	108
4.4.	METODOLOGÍA . . . . .	110
4.4.1.	<i>Descripción de la muestra</i> . . . . .	110
4.4.2.	<i>Modelo y variables</i> . . . . .	112
4.5.	RESULTADOS . . . . .	117
4.6.	CONCLUSIONES . . . . .	119
	BIBLIOGRAFÍA . . . . .	120
<b>Capítulo 5.—Análisis dinámico basado en los recursos de la relación entre recursos tecnológicos y diversificación producto-mercado. Evidencia en las empresas industriales españolas, por Francisco Javier Forcadell Martínez</b> . . . . .		123
5.1.	INTRODUCCIÓN . . . . .	123
5.2.	ANÁLISIS DINÁMICO DE LA RELACIÓN ENTRE INTANGIBLES TECNOLÓGICOS Y ESTRATEGIA DE DIVERSIFICACIÓN . . . . .	125

5.2.1.	<i>Influencia de los recursos tecnológicos sobre la estrategia de diversificación</i> . . . . .	127
5.2.2.	<i>Influencia de la estrategia de diversificación sobre los recursos tecnológicos</i> . . . . .	128
5.2.3.	<i>Interacción entre recursos tecnológicos y estrategia de diversificación</i> . . . . .	129
5.2.4.	<i>Diversificación por el lado de la demanda</i> . . . . .	131
5.3.	MÉTODOS . . . . .	133
5.3.1.	<i>Muestra</i> . . . . .	133
5.3.2.	<i>Medidas</i> . . . . .	133
5.3.3.	<i>Modelo econométrico</i> . . . . .	135
5.4.	RESULTADOS . . . . .	136
5.5.	DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES . . . . .	139
	BIBLIOGRAFÍA . . . . .	141
<b>Capítulo 6.—La consistencia entre la estrategia de negocios y la estrategia de innovación tecnológica, por <i>Ángela González Moreno</i></b> . . . . .		147
6.1.	INTRODUCCIÓN . . . . .	147
6.2.	FUNDAMENTO TEÓRICO . . . . .	148
6.3.	DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN . . . . .	152
6.3.1.	<i>Selección del sector y la muestra</i> . . . . .	152
6.3.2.	<i>Método de recogida de datos: diseño del cuestionario</i> . . . . .	153
6.3.3.	<i>Métodos estadísticos</i> . . . . .	154
6.4.	RESULTADOS . . . . .	157
6.4.1.	<i>Generación de factores</i> . . . . .	157
6.4.2.	<i>Clasificación de las estrategias de negocio</i> . . . . .	157
6.4.3.	<i>Equifinalidad de las estrategias de negocio</i> . . . . .	162
6.4.4.	<i>Generación empírica del perfil «ideal»</i> . . . . .	162
6.4.5.	<i>Medida de las desviaciones al perfil «ideal»</i> . . . . .	166
6.4.6.	<i>Análisis de las correlaciones entre desviaciones y resultado</i> . . . . .	168
6.4.7.	<i>Comprobación de la consistencia de los resultados</i> . . . . .	169
6.5.	CONCLUSIONES . . . . .	170
	BIBLIOGRAFÍA . . . . .	171
	ANEXO I.—VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN. . . . .	175
<b>Capítulo 7.—La influencia de las capacidades de innovación tecnológica sobre el desempeño exportador de la empresa. Una aplicación en la industria española de baldosas cerámicas, por <i>María Luisa Flor Peris</i> y <i>María José Oltra Mestre</i></b> . . . . .		177
7.1.	INTRODUCCIÓN . . . . .	177
7.2.	REVISIÓN DE LA LITERATURA Y PLANTEAMIENTO DE HIPÓTESIS . . . . .	178
7.2.1.	<i>Capacidades de inversión para la innovación tecnológica y desempeño exportador</i> . . . . .	181
7.2.2.	<i>Capacidades de producción ligadas a la generación de innovaciones y desempeño exportador</i> . . . . .	182
7.2.3.	<i>Capacidades de innovación relacionadas con la vinculación a otras organizaciones y desempeño exportador</i> . . . . .	183
7.3.	ÁMBITO DE LA INVESTIGACIÓN EMPÍRICA Y RECOGIDA DE DATOS . . . . .	184

7.4.	MEDIDA DE LAS VARIABLES . . . . .	185
7.4.1.	<i>Desempeño exportador</i> . . . . .	185
7.4.2.	<i>Capacidades de innovación tecnológica</i> . . . . .	186
7.4.3.	<i>Variables de control</i> . . . . .	187
7.5.	ANÁLISIS Y RESULTADOS . . . . .	188
7.5.1.	<i>Análisis factorial</i> . . . . .	188
7.5.2.	<i>Contraste de hipótesis</i> . . . . .	191
7.6.	CONCLUSIONES . . . . .	195
	BIBLIOGRAFÍA . . . . .	197

### PARTE III

## GENERACIÓN Y PROTECCIÓN DEL CONOCIMIENTO TECNOLÓGICO

<b>Capítulo 8.—Factores determinantes del éxito de los acuerdos de cooperación en I + D entre empresas y organismos de investigación, por Eva María Mora Valentín, M.<sup>a</sup> Ángeles Montoro Sánchez y Luis Ángel Guerras Martín . . . . .</b>			203
8.1.	INTRODUCCIÓN . . . . .		203
8.2.	FACTORES DETERMINANTES DEL ÉXITO DE LA COOPERACIÓN ENTRE EMPRESAS Y ORGANISMOS DE INVESTIGACIÓN. . . . .		205
8.2.1.	<i>Factores organizativos</i> . . . . .		205
8.2.2.	<i>Factores de contexto</i> . . . . .		208
8.3.	METODOLOGÍA. . . . .		212
8.3.1.	<i>Muestra</i> . . . . .		212
8.3.2.	<i>Medidas de las variables</i> . . . . .		213
8.4.	RESULTADOS. . . . .		216
8.5.	CONCLUSIONES . . . . .		220
	BIBLIOGRAFÍA . . . . .		222
<b>Capítulo 9.—La influencia de la transmisión de innovaciones en la elección y efectividad del método de apropiación: Un estudio de sus relaciones en las empresas manufactureras españolas, por Carmen Pérez Cano . . . . .</b>			229
9.1.	INTRODUCCIÓN . . . . .		229
9.2.	MODELO TEÓRICO E HIPÓTESIS OBJETO DE CONTRASTE . . . . .		231
9.2.1.	<i>La variable dependiente: los métodos de apropiación</i> . . . . .		231
9.2.2.	<i>Las características de la innovación y su facilidad de transmisión</i> . . . . .		236
9.3.	METODOLOGÍA DE ANÁLISIS. . . . .		239
9.3.1.	<i>Muestra</i> . . . . .		239
9.3.2.	<i>Fuentes de información</i> . . . . .		240
9.3.3.	<i>Medidas de las variables del modelo</i> . . . . .		241
9.3.4.	<i>Herramientas estadísticas empleadas para el contraste</i> . . . . .		243

9.4. RESULTADOS . . . . .	244
9.4.1. <i>Resultados asociados a la hipótesis I</i> . . . . .	244
9.4.2. <i>Resultados asociados a la hipótesis II.</i> . . . . .	245
9.5. CONCLUSIONES . . . . .	247
9.5.1. <i>Conclusiones asociadas a la hipótesis I</i> . . . . .	248
9.5.2. <i>Conclusiones asociadas a la hipótesis II.</i> . . . . .	248
BIBLIOGRAFÍA . . . . .	249
 <b>Capítulo 10.—La protección de las innovaciones: Un análisis empírico en las mayores empresas manufactureras españolas, por Nuria González Álvarez . . . . .</b>	
10.1. INTRODUCCIÓN. . . . .	253
10.2. FUNDAMENTO TEÓRICO Y MODELO ESPECÍFICO DE ANÁLISIS . . . . .	255
10.3. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS . . . . .	259
10.4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES . . . . .	268
BIBLIOGRAFÍA . . . . .	271



# Teoría de la inversión

## Índice

Prólogo.....	13
--------------	----

### PARTE PRIMERA Dirección financiera de la empresa: decisiones de inversión productivas

1. La dirección financiera de la empresa ( <i>F. Blanco Ramos y M. Ferrando Bolado</i> ) .....	21
1.1. La empresa como sistema.....	23
1.2. Los flujos financieros de la empresa y el equilibrio económico-financiero .....	29
1.3. La teoría financiera de la empresa.....	36
1.4. Riesgo económico y riesgo financiero.....	41
1.5. Un ejercicio de aplicación.....	52
Preguntas.....	56
2. El valor del dinero en el tiempo ( <i>M. Ferrando Bolado</i> ) .....	59
2.1. Significado económico de la capitalización y del descuento.....	61
2.2. Tipo de interés real y tipo de interés nominal sin riesgo.....	65
2.3. Tipos de interés nominal y real con riesgo y con impuestos.....	69
2.4. Tipos de interés trimestrales, mensuales y continuos.....	77
2.5. Un ejercicio de aplicación.....	80
Preguntas.....	84

3.	La decisión de invertir ( <i>F. Blanco Ramos y M. Ferrando Bolado</i> ) .	87
3.1.	Concepto de inversión .....	89
3.2.	Características financieras que definen una inversión .....	91
3.3.	Estimación de los flujos netos de caja.....	95
3.4.	Clasificación de las inversiones .....	106
3.5.	Un ejercicio de aplicación.....	109
	Preguntas.....	117

**PARTE SEGUNDA**  
**Selección de inversiones productivas con certeza**  
**y sin apalancamiento**

4.	El valor actual neto: fundamentos teóricos y coste de oportunidad del capital ( <i>F. Blanco Ramos y M. Ferrando Bolado</i> ).....	121
4.1.	Consideraciones generales .....	123
4.2.	Los mercados financieros y el ajuste de las pautas de consumo-inversión .....	126
4.3.	Existencia de oportunidades de inversión productiva e incremento de la riqueza del inversor: el teorema de la separación de Fisher .....	132
4.4.	El criterio del Valor Actual Neto ( <i>VAN</i> ) .....	138
4.5.	El coste de oportunidad del capital: primeras consideraciones.....	144
4.6.	Un ejercicio de aplicación.....	146
	Preguntas.....	148
5.	Otros criterios de valoración de inversiones ( <i>F. Blanco Ramos</i> )...	151
5.1.	El criterio de la Tasa Interna de Rentabilidad ( <i>TIR</i> ) .....	153
5.2.	El criterio del plazo de recuperación .....	163
5.3.	El criterio del índice de rentabilidad .....	166
5.4.	Un ejercicio de aplicación.....	168
	Preguntas.....	176
6.	Comparación de los criterios <i>VAN</i> y <i>TIR</i> ( <i>F. Blanco Ramos</i> ) .....	179
6.1.	La valoración de proyectos de inversión simples.....	181
6.2.	La ordenación de proyectos de inversión simples y homogéneos .....	185
6.3.	Discrepancias en la ordenación jerárquica .....	188
6.4.	La ordenación de proyectos no homogéneos.....	194
6.5.	Un ejercicio de aplicación.....	197
	Preguntas.....	204

**PARTE TERCERA**  
**Selección de inversiones productivas con riesgo**  
**y/o apalancamiento**

<b>7. Selección de inversiones productivas con riesgo (F. Martínez Lobato)</b> .....	<b>209</b>
7.1. Métodos sencillos de introducción del riesgo: el método de la tasa de descuento ajustada al riesgo y el método de los equivalentes de certeza ..	211
7.2. Análisis de sensibilidad.....	215
7.3. Punto de equilibrio .....	220
7.4. El modelo de Hillier.....	223
7.5. Análisis de las decisiones secuenciales: árboles de decisión.....	229
7.6. Un ejercicio de aplicación.....	243
Preguntas.....	248
<b>8. Interrelación entre las decisiones de inversión y de financiación (M. Ferrando Bolado)</b> .....	<b>251</b>
8.1. Efecto de las decisiones de financiación sobre los flujos netos de caja esperados y sobre la tasa de actualización .....	253
8.2. El método del valor actual ajustado.....	258
8.3. El método del coste medio ponderado del capital.....	268
8.4. El método del flujo de caja de los accionistas .....	276
8.5. Un ejercicio de aplicación.....	278
Preguntas.....	283

**PARTE CUARTA**  
**Inversiones financieras y tasa de retorno requerida**

<b>9. Rentabilidad y riesgo de las carteras de inversión (M. Ferrando Bolado y F. Martínez Lobato)</b> .....	<b>289</b>
9.1. Las inversiones financieras en un universo media varianza.....	291
9.2. Rentabilidad y riesgo de un título.....	295
9.3. Rentabilidad y riesgo de una cartera .....	298
9.4. Ventajas de la diversificación. Riesgo sistemático y riesgo específico...	305
9.4.1. Ventajas de la diversificación.....	305
9.4.2. La diversificación ingenua. Riesgo sistemático y riesgo específico .....	316
9.5. Un ejercicio de aplicación.....	319
Preguntas.....	326

10. Selección de carteras y valoración de activos ( <i>M. Ferrando Bolado y F. Martínez Lobato</i> ) .....	329
10.1. Selección de carteras: modelo de Markowitz y modelo de Tobin .....	331
10.1.1. Modelo de Markowitz de selección de carteras.....	332
10.1.2. El modelo de Tobin y el teorema de la separación .....	350
10.2. Equilibrio del mercado de capitales: modelo CAPM y la línea del mercado de capitales ( <i>Capital Market Line, CML</i> ).....	356
10.3. La línea del mercado de títulos ( <i>Security Market Line, SML</i> ) .....	362
10.4. Valoración de activos financieros y de inversiones productivas .....	381
10.5. Un ejercicio de aplicación.....	389
Preguntas.....	394
Respuestas a las preguntas.....	397
Bibliografía .....	399

# Atlas agroclimático Castilla León

<b>Introducción</b> .....	13
<b>Climatología</b> .....	17
<i>Mapa de estaciones meteorológicas</i> .....	21
Estaciones meteorológicas .....	22
<i>Mapas de temperatura</i> .....	23
Media anual .....	24
Media de enero.....	25
Media de julio .....	26
Media de las mínimas diarias de enero .....	27
Media de las máximas diarias de julio .....	28
<i>Mapas de heladas e integrales térmicas</i> .....	29
Día de la última helada de primavera .....	32
Día de la primera helada de otoño .....	33
Fecha recomendada de siembra para maíz y otros cultivos sensibles a la helada.....	34
Fecha recomendada de fin de ciclo para el maíz y otros cultivos sensibles a la helada.....	35
Periodo libre de heladas .....	36
Integral térmica del maíz: Grados-día acumulados anuales en el periodo libre de heladas.....	37
Inicio periodo de crecimiento .....	38
<i>Mapas de precipitaciones</i> .....	39
Media anual .....	40
Media de primavera.....	41
Media de verano.....	42
Media de otoño .....	43

Media de invierno .....	44
Días de precipitación al año .....	45
<i>Viento</i> .....	46
<i>Mapa de radiación solar</i> .....	68
Radiación solar media anual .....	69
<i>Mapas de índices climáticos</i> .....	70
Clasificación climática de Köppen .....	71
Evapotranspiración potencial.....	72
Índice de aridez .....	73
<b>Edafología y ocupación del suelo</b> .....	77
<i>Mapas edafológicos</i> .....	77
Clases de suelos según clasificación WRB (FAO) .....	78
Fases limitantes para el cultivo .....	79
<i>Mapas de ocupación del suelo</i> .....	80
Coberturas del suelo dominantes SIOSE .....	81
Espacios naturales .....	82
<b>Actividad agraria</b> .....	85
<i>Mapas de agricultura</i> .....	86
Porcentaje de la superficie considerada como tierra arable por cada kilómetro cuadrado .....	87
Regadíos .....	88
Superficie total cultivada de herbáceos .....	89
Superficie cultivada de herbáceos: Cereales-grano .....	90
Superficie cultivada de herbáceos: Hortalizas.....	91
Superficie cultivada de herbáceos: Leguminosas-grano .....	92

Superficie cultivada de herbáceos: Tubérculos .....	93
Superficie cultivada de herbáceos: Cultivos industriales.....	94
Superficie cultivada de herbáceos: Cultivos forrajeros .....	95
Superficie total de cultivos leñosos .....	96
Superficie de cultivos leñosos: Frutales.....	97
Superficie de cultivos leñosos: Viñedo .....	98
<i>Mapas de ganadería .....</i>	<i>99</i>
Carga ganadera total .....	100
Densidad ganadera total porcina .....	101
Densidad ganadera total ovina-caprina.....	102
Densidad ganadera ovina-caprina de carne .....	103
Densidad ganadera ovina-caprina de leche.....	104
Densidad ganadera total bovina.....	105
Densidad ganadera bovina de carne .....	106
Densidad ganadera bovina de leche y cuota láctea .....	107
<i>Mapas de industrias agroalimentarias.....</i>	<i>108</i>
Distribución general de las industrias agroalimentarias .....	109
Industrias agroalimentarias: Sector lácteo .....	110
Industrias agroalimentarias: Sector cárnico .....	111
Industrias agroalimentarias: Sector derivados de cereales.....	112
Industrias agroalimentarias: Sector frutas y hortalizas .....	113

Industrias agroalimentarias: Sector legumbres .....	114
Industrias agroalimentarias: Sector vinícola .....	115
Industrias agroalimentarias: Sector otras bebidas.....	116
Industrias agroalimentarias: Sector alimentación no humana .....	117
Figuras de calidad del vino .....	118
Figuras de calidad de las carnes frescas .....	119
Figuras de calidad de los productos cárnicos transformados .....	120
Figuras de calidad de productos lácteos .....	121
Figuras de calidad de productos vegetales .....	122
Figuras de calidad de legumbres.....	123
Figuras de calidad de derivados de cereales.....	124
<i>Mapas de bioenergía .....</i>	<i>125</i>
Potencial energético de los residuos agrarios.....	126
<b>Hidrografía y relieve.....</b>	<b>129</b>
<i>Mapa de hidrografía.....</i>	<i>129</i>
Demarcaciones hidrográficas .....	130
<i>Mapa de relieve .....</i>	<i>131</i>
Altitud.....	132
<b>Bibliografía .....</b>	<b>135</b>

# High-Pressure Shock Compression of Solids

## Contents

Preface .....	v
Contributors .....	xiii
CHAPTER 1	
Introduction to High-Pressure Shock Compression of Solids .....	1
R.A. Graham	
1.1. Shock-Compression Science .....	1
1.2. Shock-Compression Events .....	2
1.3. Responses of Shock-Compressed Solids .....	3
1.4. Reviews .....	5
1.5. References .....	5
CHAPTER 2	
Basic Principles of Shock Compression .....	7
M.B. Boslough and J.R. Asay	
2.1. Shock-Wave Concept .....	7
2.2. Conservation Equations .....	8
2.3. The “Beads on a Wire” Model .....	12
2.4. Thermodynamic Effects of Shock Compression and the Hugoniot Curve .....	15
2.5. Hugoniot Differential Equation .....	16
2.6. Graphical Representations and the Rayleigh Line .....	17
2.7. Shock Stability .....	18
2.8. Expansion Waves .....	21
2.9. $x-t$ Diagrams .....	22
2.10. Eulerian and Lagrangian Coordinates .....	24
2.11. Flow Equations in One Dimension .....	26
2.12. $P-u$ Diagrams .....	28
2.13. Surface-Surface Interactions .....	30
2.14. Wave-Surface Interactions .....	32
2.15. Wave-Wave Interactions .....	34
2.16. Entropic Effects .....	36
2.17. Riemann Integral .....	37
2.18. Summary .....	38
2.19. Acknowledgments .....	39

2.20. Problems .....	39
2.21. Glossary .....	40
2.22. References .....	42
CHAPTER 3	
Experimental and Diagnostic Techniques .....	43
L.M. Barker, M. Shahinpoor, and L.C. Chhabildas	
3.1. Introduction .....	43
3.2. Experimental—Production of Planar Shock Compression .....	44
3.3. Explosives .....	44
3.4. Guns .....	45
3.5. Energy Deposition .....	53
3.6. Prompt Shock-Wave Diagnostics .....	54
3.7. Arrival-Time Gauges .....	54
3.8. Particle Velocity Gauges .....	56
3.9. Stress Gauges .....	62
3.10. Temperature Gauges .....	66
3.11. Delayed Shock-Wave Diagnostics .....	66
3.12. Optical Photography .....	68
3.13. Flash X-Ray Photography .....	68
3.14. Post-Mortem Examinations .....	68
3.15. Summary .....	69
3.16. Problems .....	69
3.17. References .....	70
CHAPTER 4	
Equation of State .....	75
T.J. Ahrens	
4.1. Introduction .....	75
4.2. Shock-Wave Equations of State .....	76
4.3. Finite-Strain Equations of State .....	82
4.4. Pressure–Particle Velocity Curves .....	83
4.5. Shock-Induced Dynamic Yielding and Phase Transitions .....	90
4.6. Dynamic Yielding .....	93
4.7. Equation of State of Porous Materials .....	95
4.8. Sound Speed Behind Shock Fronts .....	98
4.9. Shock Temperatures .....	102
4.10. Acknowledgments .....	110
4.11. Problems .....	110
4.12. References .....	110
CHAPTER 5	
Inelastic Constitutive Relations .....	115
W. Herrmann	
List of Symbols .....	115
5.1. Introduction .....	118

5.2. Small Deformation Theory .....	121
5.3. Classical Plasticity .....	142
5.4. Large Deformation Theory .....	148
5.5. Acknowledgments .....	169
5.6. References .....	170
5.7. Appendix: Kinematics .....	171

CHAPTER 6

Influence of Shock-Wave Deformation on the Structure/Property Behavior of Materials .....	187
G.T. Gray III	

6.1. Introduction .....	187
6.2. Influence of Shock-Wave Propagation on Materials .....	188
6.3. Shock-Recovery Techniques .....	194
6.4. Shock Parameter Effects on Material Response .....	202
6.5. Summary .....	212
6.6. References .....	213

CHAPTER 7

Micromechanical Considerations in Shock Compression of Solids ...	217
J.N. Johnson	

7.1. Introduction .....	217
7.2. Microscale, Mesoscale, and Macroscale .....	218
7.3. Micromechanical Plasticity in Shock Compression .....	222
7.4. Shock-Amplitude/Pulse-Duration Hardening .....	234
7.5. Internal Stresses: Micromechanical Effects upon Release from the Shocked State .....	237
7.6. Heterogeneous Micromechanics .....	241
7.7. Other Micromechanics .....	245
7.8. Summary .....	250
7.9. Problems .....	250
7.10. References .....	256
7.11. Appendix: The Shock-Change Equation .....	260

CHAPTER 8

Dynamic Fracture and Fragmentation .....	265
D.E. Grady and M.E. Kipp	

8.1. Introduction .....	265
8.2. Spall Strength of Condensed Matter .....	266
8.3. Fragment Size Predictions in Dynamic Fragmentation .....	278
8.4. Fragment Size Distributions in Dynamic Fragmentation .....	295
8.5. Continuum Modeling of Dynamic Fracture and Fragmentation .....	312
8.6. References .....	319

CHAPTER 9	
Large Deformation Wave Codes .....	323
J.M. McGlaun and P. Yarrington	
9.1. Introduction .....	323
9.2. Governing Equations .....	325
9.3. Spatial Meshes .....	327
9.4. Temporal Mesh .....	330
9.5. Discrete Forms of Governing Equations .....	330
9.6. Lagrangian Codes .....	331
9.7. Eulerian Codes .....	337
9.8. Arbitrary-Lagrangian–Eulerian (ALE) Codes .....	340
9.9. Example Problems .....	341
9.10. Summary .....	349
9.11. References .....	349
CHAPTER 10	
Concluding Remarks .....	355
J.R. Asay and M. Shahinpoor	
APPENDIX A	
A Chronological Bibliography on Shock Compression of Solids .....	361
J.R. Asay and M. Shahinpoor	
APPENDIX B	
Tables and Hugoniot of Different Materials .....	377
APPENDIX C	
GMX-6 Hugoniot Data .....	379
Author Index .....	383
Subject Index .....	389

## Resumen del contenido

<b>PRIMERA PARTE</b>	<b>INTRODUCCIÓN A LA DIRECCIÓN DE OPERACIONES . . . . .</b>	<b>1</b>
<b>Capítulo 1</b>	<b>Operaciones y productividad . . . . .</b>	<b>1</b>
<b>Capítulo 2</b>	<b>Estrategia de operaciones en un entorno global. . . . .</b>	<b>35</b>
<b>Capítulo 3</b>	<b>Dirección de proyectos . . . . .</b>	<b>73</b>
<b>Capítulo 4</b>	<b>Previsión . . . . .</b>	<b>131</b>
<b>SEGUNDA PARTE</b>	<b>DISEÑO DE OPERACIONES . . . . .</b>	<b>199</b>
<b>Capítulo 5</b>	<b>Diseño de bienes y servicios. . . . .</b>	<b>199</b>
Suplemento 5	Sostenibilidad en la cadena de suministros. . . . .	243
<b>Capítulo 6</b>	<b>Gestión de la calidad. . . . .</b>	<b>267</b>
Suplemento 6	Control estadístico de procesos. . . . .	307
<b>Capítulo 7</b>	<b>Estrategia y diseño de procesos. . . . .</b>	<b>349</b>
Suplemento 7	Capacidad y gestión de restricciones . . . . .	385
<b>Capítulo 8</b>	<b>Estrategias de localización. . . . .</b>	<b>421</b>
<b>Capítulo 9</b>	<b>Estrategias de layout . . . . .</b>	<b>459</b>
<b>Capítulo 10</b>	<b>Recursos humanos, diseño del trabajo y medición del trabajo . .</b>	<b>509</b>
<b>Apéndices</b>	<b>. . . . .</b>	<b>555</b>
<b>Bibliografía</b>	<b>. . . . .</b>	<b>571</b>
<b>Índice de nombres</b>	<b>. . . . .</b>	<b>575</b>
<b>Índice analítico</b>	<b>. . . . .</b>	<b>579</b>

# Contenido

Acerca de los autores .....	VI
Prefacio .....	XV

## PRIMERA PARTE Introducción a la dirección de operaciones ..... 1

<b>Capítulo 1 Operaciones y productividad</b> .....	<b>1</b>	Cuestiones éticas y culturales .....	42
<b>PERFIL DE UNA EMPRESA GLOBAL: HARD ROCK CAFE</b> .....	2	Desarrollo de misiones y estrategias .....	42
¿Qué es la dirección de operaciones? .....	4	Misión .....	43
Organización para producir bienes y servicios .....	5	Estrategia .....	43
La cadena de suministros .....	6	Cómo lograr ventaja competitiva mediante las operaciones .....	44
Por qué estudiar Dirección de Operaciones .....	7	Competencia mediante la diferenciación .....	45
Qué hacen los directores de operaciones .....	8	Competencia en coste .....	46
Historia de la dirección de operaciones .....	11	Competencia en respuesta .....	46
Operaciones para bienes y servicios .....	12	Cuestiones relativas a la estrategia de operaciones .....	48
Crecimiento de los servicios .....	14	Desarrollo e implementación de la estrategia .....	50
Remuneración en los servicios .....	14	Factores críticos de éxito y competencias fundamentales .....	50
El reto de la productividad .....	15	Integración de la dirección de operaciones con otras actividades .....	51
Medición de la productividad .....	16	Crear la organización y dotarla de personal .....	53
Variables de la productividad .....	19	Implementación de las 10 decisiones estratégicas de la dirección de operaciones .....	53
La productividad y el sector servicios .....	21	Planificación estratégica, competencias fundamentales y externalización ( <i>outsourcing</i> ) .....	54
Nuevos desafíos en la dirección de operaciones .....	23	La teoría de la ventaja comparativa .....	56
Ética, responsabilidad social y sostenibilidad .....	24	Riesgos de la externalización .....	56
Resumen .....	25	Evaluación de los proveedores de externalización .....	57
Términos clave .....	25	Opciones estratégicas para las operaciones globales .....	59
Dilema ético .....	25	Resumen .....	61
Cuestiones para el debate .....	26	Términos clave .....	62
Problemas resueltos .....	26	Dilema ético .....	62
Problemas .....	27	Cuestiones para el debate .....	62
<b>CASOS DE ESTUDIO</b> .....	29	Uso de software para resolver problemas de externalización .....	63
<i>National Air Express</i> .....	29	Problemas resueltos .....	64
<i>Frito-Lay: Dirección de operaciones en la industria</i> .....	30	Problemas .....	65
<i>Hard Rock Cafe: dirección de operaciones en los servicios</i> .....	31	<b>CASOS DE ESTUDIO</b> .....	67
Revisión rápida .....	32	<i>Minit-Lube</i> .....	67
Autoevaluación .....	34		
<b>Capítulo 2 Estrategia de operaciones en un entorno global</b> .....	<b>35</b>		
<b>PERFIL DE UNA EMPRESA GLOBAL: BOEING</b> .....	36		
Una visión global de las operaciones y la cadena de suministros .....	38		

<i>La estrategia de Regal Marine</i> . . . . .	68	<b>Capítulo 4</b> <b>Previsión</b> . . . . .	<b>131</b>
<i>La estrategia global de Hard Rock Cafe</i> . . . . .	68	PERFIL DE UNA EMPRESA GLOBAL: <i>WALT DISNEY</i>	
<i>Darden y la externalización en países</i>		<i>PARKS &amp; RESORTS</i> . . . . .	132
<i>extranjeros</i> . . . . .	69	¿Qué es la previsión? . . . . .	134
Revisión rápida . . . . .	70	Horizontes temporales de la previsión . . . . .	135
Autoevaluación . . . . .	72	Tipos de previsiones . . . . .	135
<b>Capítulo 3</b> <b>Dirección de proyectos</b> . . . . .	<b>73</b>	La importancia estratégica	
PERFIL DE UNA EMPRESA GLOBAL: <i>BECHTEL</i>		de la previsión . . . . .	136
<i>GROUP</i> . . . . .	74	Gestión de la cadena de suministros . . . . .	136
La importancia de la dirección de proyectos.	76	Recursos humanos . . . . .	137
Planificación del proyecto . . . . .	77	Capacidad . . . . .	137
El director del proyecto . . . . .	77	Siete etapas en el sistema de previsión . . . . .	137
Estructura de trabajo desagregada . . . . .	78	Enfoques de la previsión. . . . .	138
Programación del proyecto . . . . .	79	Resumen de los métodos cualitativos. . . . .	139
Control del proyecto . . . . .	81	Resumen de los métodos cuantitativos . . . . .	139
Técnicas de dirección de proyectos: PERT		Previsión de series temporales. . . . .	140
y CPM . . . . .	81	Descomposición de una serie temporal . . . . .	140
El marco de PERT y CPM . . . . .	82	Enfoque simple . . . . .	141
Diagramas de red y enfoques . . . . .	83	Medias móviles . . . . .	142
Ejemplo de actividad en nodo . . . . .	84	Alisado exponencial. . . . .	145
Ejemplo de actividad en flecha (AOA) . . . . .	86	Medición del error de previsión . . . . .	147
Determinación del programa (calendario)		Alisado exponencial con ajuste	
de un proyecto . . . . .	87	de tendencia . . . . .	151
Programación directa . . . . .	88	Proyecciones de tendencia . . . . .	154
Programación inversa . . . . .	91	Variaciones estacionales en los datos. . . . .	157
Cálculo del tiempo de holgura (margen)		Variaciones cíclicas en los datos . . . . .	163
e identificación del camino crítico . . . . .	92	Métodos de previsión causal: análisis	
Variabilidad en las duraciones		de regresión y correlación . . . . .	164
de las actividades . . . . .	96	Utilización del análisis de regresión para	
Tres estimaciones de duración		realizar previsiones . . . . .	164
en el método PERT . . . . .	96	Error estándar de la estimación. . . . .	166
Probabilidad de finalización del proyecto . . . . .	98	Coeficientes de correlación para las	
Equilibrio entre coste y duración,		rectas de regresión . . . . .	168
y aceleración de un proyecto . . . . .	102	Análisis de regresión múltiple . . . . .	170
Crítica a los métodos PERT y CPM . . . . .	106	Seguimiento y control de las previsiones . . . . .	171
Cómo utilizar Microsoft Project para		Alisado adaptativo . . . . .	173
gestionar proyectos . . . . .	107	Previsión enfocada . . . . .	173
Resumen. . . . .	110	Previsión en el sector servicios. . . . .	174
Términos clave . . . . .	111	Resumen. . . . .	176
Dilema ético . . . . .	111	Términos clave . . . . .	176
Cuestiones para el debate . . . . .	111	Dilema ético . . . . .	177
Uso de software para resolver problemas		Cuestiones para el debate . . . . .	177
de gestión de proyectos. . . . .	112	Uso de software para hacer previsiones . . . . .	178
Problemas resueltos . . . . .	113	Problemas resueltos . . . . .	179
Problemas. . . . .	116	Problemas. . . . .	183
<b>CASOS DE ESTUDIO</b> . . . . .	122	<b>CASOS DE ESTUDIO</b> . . . . .	192
<i>Universidad de Southwestern: (A)</i> . . . . .	122	<i>Universidad de Southwestern: (B)</i> . . . . .	192
<i>Dirección de proyectos en el Arnold Palmer</i>		<i>Previsión de los ingresos por venta</i>	
<i>Hospital</i> . . . . .	124	<i>de entradas para los partidos</i>	
<i>Organización del festival Rockfest de Hard</i>		<i>de baloncesto de Orlando Magic.</i> . . . . .	193
<i>Rock</i> . . . . .	125	<i>Previsión en Hard Rock Cafe.</i> . . . . .	194
Revisión rápida . . . . .	127	Revisión rápida . . . . .	196
Autoevaluación . . . . .	129	Autoevaluación . . . . .	198

**SEGUNDA PARTE Diseño de operaciones . . . . . 199****Capítulo 5 Diseño de bienes y servicios . . . . . 199**

PERFIL DE UNA EMPRESA GLOBAL: <i>REGAL MARINE</i> . . . . .	200
Selección de bienes y servicios . . . . .	202
Las opciones en la estrategia de producto dan soporte a la ventaja competitiva . . . . .	203
Ciclos de vida de los productos . . . . .	205
Ciclo de vida y estrategia . . . . .	205
Análisis del producto por valor . . . . .	206
Generación de nuevos productos . . . . .	207
Desarrollo del producto . . . . .	207
Sistema de desarrollo de productos . . . . .	207
Despliegue de la función de calidad (DFC) . . . . .	208
Organización para el desarrollo de un producto . . . . .	213
Diseño para la fabricación (manufacturabilidad) e ingeniería del valor . . . . .	214
Cuestiones relativas al diseño del producto . . . . .	215
Diseño robusto . . . . .	215
Diseño modular . . . . .	215
Diseño asistido por computadora y fabricación asistida por computadora (CAD/CAM) . . . . .	215
Tecnología de realidad virtual . . . . .	217
Análisis del valor . . . . .	217
Sostenibilidad y evaluación del ciclo de vida (LCA) . . . . .	218
Continuo de desarrollo del producto . . . . .	218
Compra de tecnología mediante la adquisición de una empresa . . . . .	220
Empresas conjuntas ( <i>joint ventures</i> ) . . . . .	220
Alianzas . . . . .	220
Definición del producto . . . . .	221
Decisiones de fabricar o comprar . . . . .	222
Tecnología de grupos . . . . .	223
Documentos para la producción . . . . .	224
Gestión del ciclo de vida del producto (PLM) . . . . .	225
Diseño de servicios . . . . .	226
Análisis de la red de la cadena del proceso (PCN) . . . . .	226
Aumento de la eficiencia en los servicios . . . . .	227
Documentación de los servicios . . . . .	228
Aplicación de árboles de decisión al diseño de productos . . . . .	229
Transición a la producción . . . . .	231
Resumen . . . . .	232
Términos clave . . . . .	232
Dilema ético . . . . .	233
Cuestiones para el debate . . . . .	233

Problemas resueltos . . . . .	234
Problemas . . . . .	235
CASOS DE ESTUDIO . . . . .	237
<i>Estrategia de producto de De Mar</i> . . . . .	237
<i>Diseño del producto en Regal Marine</i> . . . . .	238
Revisión rápida . . . . .	239
Autoevaluación . . . . .	239

**Suplemento 5 Sostenibilidad en la cadena de suministros . . . . . 243**

Responsabilidad social corporativa . . . . .	244
Sostenibilidad . . . . .	245
Visión de sistemas . . . . .	245
Lo público . . . . .	245
El triple resultado . . . . .	246
Diseño y producción para la sostenibilidad . . . . .	249
Diseño del producto . . . . .	249
Proceso de producción . . . . .	252
Logística . . . . .	252
Fase final de la vida del producto . . . . .	255
Regulaciones y normas industriales . . . . .	256
Políticas y estándares medioambientales internacionales . . . . .	257
Resumen . . . . .	259
Términos clave . . . . .	259
Cuestiones para el debate . . . . .	259
Problemas resueltos . . . . .	259
Problemas . . . . .	261
CASOS DE ESTUDIO . . . . .	262
<i>Creando sostenibilidad en el Centro Amway de Orlando Magic</i> . . . . .	262
<i>Fabricación «verde» y sostenibilidad en Frito-Lay</i> . . . . .	263
Revisión rápida . . . . .	265
Autoevaluación . . . . .	266

**Capítulo 6 Gestión de la calidad . . . . . 267**

PERFIL DE UNA EMPRESA GLOBAL: <i>HOSPITAL ARNOLD PALMER</i> . . . . .	268
Calidad y estrategia . . . . .	270
Definición de la calidad . . . . .	271
Implicaciones de la calidad . . . . .	272
Premio Nacional Malcolm Baldrige a la Calidad . . . . .	272
Normas internacionales de calidad ISO 9000 . . . . .	273
Coste de la calidad . . . . .	273
Ética y gestión de la calidad . . . . .	274
Gestión de calidad total . . . . .	275
Mejora continua . . . . .	276
Seis Sigma . . . . .	276

## XII CONTENIDO

Potenciación de los empleados. . . . .	278	Curva característica operativa . . . . .	328
Definición de referencias ( <i>benchmarking</i> ). . . . .	279	Calidad media de salida . . . . .	330
Justo a tiempo (JIT). . . . .	281	Resumen . . . . .	331
Conceptos de Taguchi. . . . .	281	Términos clave . . . . .	332
Conocimiento de las herramientas de TQM. . . . .	282	Cuestiones para el debate . . . . .	332
Herramientas de TQM. . . . .	283	Uso de software para CEP . . . . .	332
Hojas de control. . . . .	283	Problemas resueltos . . . . .	334
Diagramas de dispersión. . . . .	284	Problemas. . . . .	336
Diagramas de causa-efecto. . . . .	284	<b>CASOS DE ESTUDIO . . . . .</b>	<b>342</b>
Diagramas de Pareto. . . . .	285	<i>Bayfield Mud Company</i> . . . . .	342
Diagramas de flujo. . . . .	286	<i>Las patatas fritas con calidad controlada</i> <i>de Frito-Lay.</i> . . . . .	344
Histogramas. . . . .	287	<i>De la granja a la mesa: calidad</i> <i>en los restaurantes Darden</i> . . . . .	344
Control estadístico de procesos (SPC) . . . . .	287	Revisión rápida . . . . .	346
El papel de la inspección . . . . .	288	Autoevaluación . . . . .	348
Cuándo y dónde inspeccionar. . . . .	289		
Inspección en la fuente . . . . .	290	<b>Capítulo 7 Estrategia y diseño de procesos . . . . .</b>	<b>349</b>
Inspección en el sector servicios. . . . .	291	<b>PERFIL DE UNA EMPRESA GLOBAL:</b>	
Inspección de atributos frente a inspección de variables. . . . .	291	<b>HARLEY-DAVIDSON</b> . . . . .	350
La TQM en los servicios . . . . .	292	Cuatro estrategias de procesos . . . . .	352
Resumen . . . . .	294	Enfoque a proceso. . . . .	353
Términos clave . . . . .	295	Enfoque repetitivo . . . . .	354
Dilema ético . . . . .	295	Enfoque a producto. . . . .	354
Cuestiones para el debate . . . . .	295	Enfoque de personalización en masa . . . . .	354
Problemas resueltos . . . . .	297	Comparación de las diferentes estrategias de proceso . . . . .	357
Problemas. . . . .	297	Selección de equipos . . . . .	360
<b>CASOS DE ESTUDIO . . . . .</b>	<b>299</b>	Análisis y diseño de procesos . . . . .	361
<i>Universidad de Southwestern: (C)</i> . . . . .	299	Diagrama de flujo. . . . .	362
<i>La cultura de calidad en el hospital Arnold</i> <i>Palmer</i> . . . . .	301	Mapas en función del tiempo . . . . .	362
<i>La calidad en la empresa de hoteles</i> <i>Ritz-Carlton.</i> . . . . .	301	Mapa del flujo de valor . . . . .	362
Revisión rápida . . . . .	303	Gráficos de proceso . . . . .	364
Autoevaluación . . . . .	305	Diagrama de servicio (Service Blueprinting) . . . . .	364
		Consideraciones especiales para el diseño de procesos de servicio . . . . .	365
<b>Suplemento 6 Control estadístico     de procesos . . . . .</b>	<b>307</b>	Tecnología de producción. . . . .	368
Control estadístico de procesos (SPC). . . . .	308	Tecnología de mecanización . . . . .	368
Gráficos de control para variables. . . . .	311	Sistemas de identificación automática (AIS) y RFID. . . . .	369
El teorema central del límite . . . . .	311	Control de procesos . . . . .	369
Fijación de los límites del gráfico de medias (gráfico $\bar{x}$ ) . . . . .	312	Sistemas de visión. . . . .	370
Fijación de límites del gráfico de rangos (gráfico $R$ ) . . . . .	316	Robots . . . . .	370
Utilización de los gráficos de medias y los gráficos de rangos . . . . .	317	Sistemas automatizados de almacenamiento y recuperación (ASRS). . . . .	370
Gráficos de control para atributos. . . . .	318	Vehículos autoguiados (AGV). . . . .	371
Cuestiones directivas y gráficos de control . . . . .	322	Sistema de fabricación flexible (FMS) . . . . .	371
Capacidad del proceso. . . . .	324	Fabricación integrada por computadora (CIM) . . . . .	372
Ratio de capacidad del proceso ( $C_p$ ). . . . .	325	Tecnología en los servicios. . . . .	372
Índice de capacidad del proceso ( $C_{pk}$ ) . . . . .	326	Rediseño (reingeniería) de procesos. . . . .	374
Muestreo de aceptación. . . . .	326	Resumen. . . . .	375

Términos clave .....	376	<b>Capítulo 8 Estrategias de localización .....</b>	<b>421</b>
Dilema ético .....	376	PERFIL DE UNA EMPRESA GLOBAL: <i>FedEx</i> .....	422
Cuestiones para el debate .....	376	Importancia estratégica de la localización .	424
Problemas resueltos .....	377	Factores que afectan a la decisión	
Problemas .....	377	de localización .....	426
<b>CASOS DE ESTUDIO .....</b>	<b>379</b>	Productividad de la mano de obra .....	427
<i>Elección del tipo de proceso en Rochester</i>		Tipos de cambio y riesgo cambiario .....	428
<i>Manufacturing</i> .....	379	Costes .....	428
<i>Análisis de procesos en el hospital Arnold</i>		Riesgo político, valores y cultura .....	429
<i>Palmer</i> .....	379	Proximidad a los mercados .....	429
<i>Estrategia de procesos en Wheeled Coach</i> ..	380	Proximidad a los proveedores .....	430
Revisión rápida .....	382	Proximidad a los competidores	
Autoevaluación .....	384	(clustering) .....	430
<b>Suplemento 7 Capacidad y gestión</b>		Métodos de evaluación de las alternativas	
<b>de restricciones .....</b>	<b>385</b>	de localización .....	431
Capacidad .....	386	Método de los factores ponderados .....	431
Capacidad diseñada o proyectada		Análisis coste-volumen de la localización .	433
y capacidad efectiva o real .....	387	Método del centro de gravedad .....	435
Capacidad y estrategia .....	389	Modelo del transporte .....	437
Consideraciones sobre la capacidad ..	389	Estrategia de localización en servicios .....	437
Gestión de la demanda .....	390	Sistemas de información geográfica .....	439
Gestión de la demanda y de la capacidad		Resumen .....	442
en el sector servicios .....	392	Términos clave .....	442
Análisis de los cuellos de botella y teoría		Dilema ético .....	442
de las restricciones .....	393	Cuestiones para el debate .....	442
Teoría de las restricciones .....	396	Utilización de Software para resolver	
Gestión de los cuellos de botella .....	397	problemas de localización .....	443
Análisis del umbral de rentabilidad o punto		Problemas resueltos .....	444
de equilibrio .....	398	Problemas .....	446
Caso de un único producto .....	399	<b>CASOS DE ESTUDIO .....</b>	<b>452</b>
Caso de múltiples productos .....	400	<i>Southern Recreational Vehicle Company</i> .....	452
Reducción del riesgo mediante cambios		<i>Seleccionando la localización del siguiente</i>	
incrementales .....	402	<i>restaurante Red Lobster</i> .....	453
Aplicación del valor monetario esperado		<i>Dónde situar el Hard Rock Café</i> .....	454
(VME) a las decisiones sobre		Revisión rápida .....	456
capacidad .....	404	Autoevaluación .....	458
Aplicación del análisis de inversiones a las		<b>Capítulo 9 Estrategias de layout .....</b>	<b>459</b>
inversiones de carácter estratégico ..	405	PERFIL DE UNA EMPRESA GLOBAL: <i>McDONALD'S</i> .	460
Inversión, coste variable y flujos de caja .	405	Importancia estratégica de las decisiones	
Valor actual neto .....	405	de layout .....	462
Resumen .....	408	Tipos de layout .....	463
Términos clave .....	408	Layout de oficinas .....	464
Dilema ético .....	408	Layout de comercios (minoristas/retail) ..	466
Cuestiones para el debate .....	408	Entorno del servicio .....	468
Utilización de software para el análisis		Layout de almacenes .....	469
del umbral de rentabilidad .....	409	Cross docking .....	470
Problemas resueltos .....	409	Almacenamiento aleatorio .....	470
Problemas .....	411	Personalización .....	471
<b>CASOS DE ESTUDIO .....</b>	<b>416</b>	Layout de posición fija o de proyecto .....	471
<i>Planificación de la capacidad en el hospital</i>		Layout orientado al proceso .....	472
<i>Arnold Palmer</i> .....	416	Programas informáticos para layouts	
Revisión rápida .....	417	orientados al proceso .....	477
Autoevaluación .....	419	Células de trabajo .....	478

Requisitos de las células de trabajo . . . .	479	Clasificaciones y definiciones de los puestos de trabajo . . . . .	515
Dotación de personal y equilibrado de células de trabajo . . . . .	480	Diseño del trabajo . . . . .	515
El centro de trabajo enfocado y la fábrica enfocada . . . . .	482	Especialización de la mano de obra . . . .	515
Layout repetitivo y orientado al producto . .	483	Diversificación del trabajo . . . . .	516
Equilibrado de la línea de montaje . . . . .	485	Componentes psicológicos en el diseño del trabajo . . . . .	517
Resumen . . . . .	489	Equipos autodirigidos . . . . .	517
Términos clave . . . . .	489	Motivación y sistemas de incentivos . . . .	519
Dilema ético . . . . .	490	Ergonomía y entorno de trabajo . . . . .	520
Cuestiones para el debate . . . . .	490	Estudio de métodos . . . . .	523
Utilización de software para resolver problemas de layout . . . . .	490	El lugar de trabajo visual . . . . .	525
Problemas resueltos . . . . .	492	Estándares de trabajo . . . . .	525
Problemas . . . . .	494	Experiencia histórica . . . . .	527
<b>CASOS DE ESTUDIO . . . . .</b>	<b>501</b>	Estudio de tiempos (cronometrajes) . . . .	527
<i>Renovación de los permisos de conducir</i> . . .	501	Sistemas de tiempos predeterminados . .	534
<i>Definiendo el layout del nuevo edificio     del hospital Arnold Palmer . . . . .</i>	502	Muestreo del trabajo . . . . .	536
<i>Layout de instalaciones en Wheeled     Coach . . . . .</i>	504	Resumen . . . . .	540
Revisión rápida . . . . .	505	Términos clave . . . . .	540
Autoevaluación . . . . .	507	Dilema ético . . . . .	541
<b>Capítulo 10 Recursos humanos, diseño del trabajo y medición del trabajo . 509</b>		Cuestiones para el debate . . . . .	541
PERFIL DE UNA EMPRESA GLOBAL: <i>EL EQUIPO DE CARRERAS NASCAR DE RUSTY WALLACE</i> .	510	Problemas resueltos . . . . .	542
Estrategia de recursos humanos para conseguir una ventaja competitiva . . . .	512	Problemas . . . . .	544
Restricciones en la estrategia de recursos humanos . . . . .	512	<b>CASOS DE ESTUDIO . . . . .</b>	<b>549</b>
Planificación de la mano de obra . . . . .	513	<i>Jackson Manufacturing Company . . . . .</i>	549
Políticas de estabilidad en el empleo . . .	513	<i>La estrategia de recursos humanos de Hard     Rock . . . . .</i>	549
Horario laboral . . . . .	514	Revisión rápida . . . . .	551
		Autoevaluación . . . . .	553
		<b>Apéndices . . . . .</b>	<b>555</b>
		<b>Bibliografía . . . . .</b>	<b>571</b>
		<b>Índice de nombres . . . . .</b>	<b>575</b>
		<b>Índice analítico . . . . .</b>	<b>579</b>

# Cálculo Vectorial

---

## Contenido

---

Prefacio .....	vii
Agradecimientos .....	ix
Introducción histórica .....	xi
<b>1. La geometría del espacio euclídeo</b> .....	<b>1</b>
1.1. Vectores en los espacios de dos y de tres dimensiones .....	1
1.2. Producto escalar, longitud y distancia .....	22
1.3. Matrices, determinantes y el producto vectorial .....	36
1.4. Coordenadas cilíndricas y esféricas .....	61
1.5. El espacio euclídeo $n$ -dimensional .....	70
Ejercicios de repaso del Capítulo 1 .....	84
<b>2. Diferenciación</b> .....	<b>89</b>
2.1. La geometría de las funciones con valores reales .....	90
2.2. Límites y continuidad .....	101
2.3. Diferenciación .....	121
2.4. Introducción a trayectorias y curvas .....	134
2.5. Propiedades de la derivada .....	144
2.6. Gradientes y derivadas direccionales .....	156
Ejercicios de repaso del Capítulo 2 .....	167
<b>3. Derivadas de orden superior: máximos y mínimos</b> .....	<b>175</b>
3.1. Derivadas parciales iteradas .....	176
3.2. El teorema de Taylor .....	187
3.3. Extremos de funciones con valores reales .....	196
3.4. Extremos condicionados y multiplicadores de Lagrange .....	217
3.5. El teorema de la función implícita .....	237
Ejercicios de repaso del Capítulo 3 .....	247

<b>4. Funciones con valores vectoriales</b> .....	253
4.1. La aceleración y la segunda ley de Newton .....	253
4.2. Longitud de arco .....	266
4.3. Campos vectoriales .....	276
4.4. La divergencia y el rotacional .....	286
Ejercicios de repaso del Capítulo 4 .....	305
<b>5. Integrales dobles y triples</b> .....	309
5.1. Introducción .....	309
5.2. La integral doble sobre un rectángulo .....	319
5.3. La integral doble sobre regiones más generales .....	331
5.4. Cambio del orden de integración .....	339
5.5. La integral triple .....	345
Ejercicios de repaso del Capítulo 5 .....	356
<b>6. La fórmula del cambio de variables y aplicaciones de la integración</b> .....	359
6.1. La geometría de las aplicaciones de $\mathbb{R}^2$ en $\mathbb{R}^2$ .....	360
6.2. El teorema del cambio de variables .....	367
6.3. Aplicaciones .....	384
6.4. Integrales impropias .....	396
Ejercicios de repaso del Capítulo 6 .....	406
<b>7. Integrales sobre curvas y superficies</b> .....	411
7.1. La integral a lo largo de una trayectoria .....	411
7.2. La integral de línea .....	419
7.3. Superficies parametrizadas .....	439
7.4. El área de una superficie .....	448
7.5. Integrales de funciones escalares sobre superficies .....	460
7.6. Integrales de campos vectoriales sobre superficies .....	468
7.7. Aplicaciones a la geometría diferencial, la Física y a las formas de la vida .....	483
Ejercicios de repaso del Capítulo 7 .....	496
<b>8. Los teoremas de integración del análisis vectorial</b> .....	499
8.1. El teorema de Green .....	499
8.2. El teorema de Stokes .....	513
8.3. Campos conservativos .....	530
8.4. El teorema de Gauss .....	541
8.5. Algunas ecuaciones diferenciales de la mecánica y la tecnología .....	555
8.6. Formas diferenciales .....	567
Ejercicios de repaso del Capítulo 8 .....	584
Respuestas a los ejercicios impares .....	587
Índice alfabético .....	645
Créditos de las ilustraciones .....	655

# Cálculo II

## Índice general

<b>PRIMERA PARTE: CÁLCULO DIFERENCIAL</b>	<b>1</b>
<b>Capítulo 1. El conjunto <math>\mathbb{R}^n</math>. Primeras nociones sobre funciones de varias variables</b>	<b>3</b>
1. El conjunto $\mathbb{R}^n$ .....	3
2. Coordenadas en $\mathbb{R}^n$ .....	4
3. Primeras nociones sobre las funciones de varias variables .....	7
4. Interpretación geométrica de algunas funciones .....	9
TEST DE AUTOEVALUACIÓN .....	10
PROBLEMAS RESUELTOS .....	11
PROBLEMAS PROPUESTOS .....	23
<b>Capítulo 2. Breves nociones de topología en <math>\mathbb{R}^n</math></b>	<b>27</b>
1. Definiciones generales .....	27
2. Clasificación de los puntos de un conjunto .....	28
3. Conjuntos acotados, compactos y conexos .....	30
TEST DE AUTOEVALUACIÓN .....	32
PROBLEMAS RESUELTOS .....	32
PROBLEMAS PROPUESTOS .....	40
<b>Capítulo 3. Límites y continuidad</b>	<b>43</b>
1. Límites de funciones $f : \mathbb{R}^2 \rightarrow \mathbb{R}$ .....	43
2. Límites de funciones $f : \mathbb{R}^n \rightarrow \mathbb{R}$ .....	46
3. Propiedades de los límites .....	47
4. Límite de funciones vectoriales .....	48
5. Infinitésimos .....	49
6. Continuidad de funciones de varias variables .....	49
7. Continuidad en conjuntos .....	51
TEST DE AUTOEVALUACIÓN .....	52
PROBLEMAS RESUELTOS .....	53
PROBLEMAS PROPUESTOS .....	63

<b>Capítulo 4. Derivadas parciales y direccionales</b>	<b>65</b>
1. Derivadas parciales y direccionales de funciones escalares .....	65
2. Relación entre las derivadas parciales, direccionales y la continuidad .....	67
3. Función derivada parcial. Derivadas sucesivas .....	68
4. Derivadas parciales y direccionales de funciones vectoriales .....	69
TEST DE AUTOEVALUACIÓN .....	70
PROBLEMAS RESUELTOS .....	71
PROBLEMAS PROPUESTOS .....	82
<b>Capítulo 5. La diferencial</b>	<b>85</b>
1. Conceptos generales .....	85
2. Diferenciabilidad de funciones escalares .....	87
3. Vector gradiente .....	89
4. Diferenciales sucesivas .....	91
TEST DE AUTOEVALUACIÓN .....	93
PROBLEMAS RESUELTOS .....	94
PROBLEMAS PROPUESTOS .....	113
<b>Capítulo 6. Diferenciación de funciones compuestas. Funciones homogéneas</b>	<b>117</b>
1. Diferenciación de funciones compuestas .....	117
2. Cálculo de la diferencial de la función inversa .....	121
3. Funciones homogéneas .....	122
TEST DE AUTOEVALUACIÓN .....	123
PROBLEMAS RESUELTOS .....	124
PROBLEMAS PROPUESTOS .....	142
<b>Capítulo 7. Funciones implícitas e inversas</b>	<b>147</b>
1. Funciones implícitas .....	147
2. Funciones inversas .....	150
TEST DE AUTOEVALUACIÓN .....	152
PROBLEMAS RESUELTOS .....	153
PROBLEMAS PROPUESTOS .....	180

<b>Capítulo 8. Teorema de Taylor y Optimización</b>	<b>183</b>
1. Teorema de Taylor .....	183
2. Extremos relativos .....	185
3. Extremos condicionados .....	187
TEST DE AUTOEVALUACIÓN .....	190
PROBLEMAS RESUELTOS .....	191
PROBLEMAS PROPUESTOS .....	222
<b>Capítulo 9. Algunas ideas sobre curvas y superficies</b>	<b>227</b>
1. Curvas .....	227
2. Superficies .....	231
3. Coordenadas curvilíneas ortogonales .....	235
4. Estudio del movimiento de una partícula .....	239
TEST DE AUTOEVALUACIÓN .....	240
PROBLEMAS RESUELTOS .....	241
PROBLEMAS PROPUESTOS .....	260
<b>Capítulo 10. Operadores diferenciales en <math>\mathbb{R}^3</math></b>	<b>263</b>
1. Gradiente de un campo escalar .....	263
2. Divergencia de un campo vectorial .....	264
3. Rotacional de un campo vectorial .....	265
4. Laplaciano de un campo escalar .....	267
5. Algunas relaciones entre operadores .....	268
PROBLEMAS RESUELTOS .....	268
PROBLEMAS PROPUESTOS .....	273
<b>SEGUNDA PARTE: CÁLCULO INTEGRAL</b>	<b>275</b>
<b>Capítulo 11. Integrales dobles</b>	<b>277</b>
1. Integración sobre rectángulos .....	277
2. Integrales iteradas. Teorema de Fubini .....	281
3. Integración sobre conjuntos más generales .....	282
4. Algunas técnicas para el cálculo de integrales dobles .....	285
5. Integrales impropias .....	286
TEST DE AUTOEVALUACIÓN .....	287
PROBLEMAS RESUELTOS .....	289
PROBLEMAS PROPUESTOS .....	307

<b>Capítulo 12. Integral de Riemann en <math>\mathbb{R}^n</math>. Integral triple</b>	<b>311</b>
1. Integral de Riemann en $\mathbb{R}^n$ .....	311
2. Teorema de Fubini en recintos estándar de $\mathbb{R}^3$ .....	316
3. El cambio de variable y las simetrías en el cálculo de la integral triple .....	319
4. Integrales impropias en $\mathbb{R}^3$ .....	321
TEST DE AUTOEVALUACIÓN .....	323
PROBLEMAS RESUELTOS .....	324
PROBLEMAS PROPUESTOS .....	338
<b>Capítulo 13. Integrales dependientes de un parámetro</b>	<b>341</b>
1. Integrales dependientes de un parámetro .....	341
2. Integrales impropias dependientes de un parámetro .....	344
TEST DE AUTOEVALUACIÓN .....	347
PROBLEMAS RESUELTOS .....	348
PROBLEMAS PROPUESTOS .....	363
<b>Capítulo 14. Integral de línea</b>	<b>367</b>
1. Integral de línea. Definición y propiedades .....	367
2. Otra visión de las integrales de línea. Formas diferenciales .....	369
3. Función potencial .....	371
4. Campos conservativos. Independencia del camino .....	373
5. Teorema de Green .....	374
6. Algunos criterios prácticos .....	375
TEST DE AUTOEVALUACIÓN .....	376
PROBLEMAS RESUELTOS .....	377
PROBLEMAS PROPUESTOS .....	390
<b>Capítulo 15. Integral de superficie</b>	<b>393</b>
1. Integral de superficie .....	393
2. Integrales de superficie en coordenadas no cartesianas .....	396
3. Los teoremas de Stokes y de Gauss-Ostrogradski .....	397
4. Algunas consideraciones prácticas .....	400
TEST DE AUTOEVALUACIÓN .....	401
PROBLEMAS RESUELTOS .....	401
PROBLEMAS PROPUESTOS .....	413

<b>Capítulo 16. Aplicaciones de la integral</b>	<b>415</b>
1. Cálculo de áreas y volúmenes .....	415
2. Cálculo de centros de masa .....	416
3. Momentos de inercia .....	418
4. Evaluación de integrales .....	421
PROBLEMAS RESUELTOS .....	421
PROBLEMAS PROPUESTOS .....	446
<b>TERCERA PARTE: CÁLCULO EN VARIAS VARIABLES CON MATHEMATICA</b>	<b>449</b>
<b>Capítulo 17. Gráficas asociadas a superficies</b>	<b>451</b>
1. Representación de superficies expresadas en forma explícita .....	451
2. Curvas de nivel .....	454
3. Representación de superficies no expresadas en forma explícita .....	455
<b>Capítulo 18. Límites</b>	<b>459</b>
1. Cálculo de límites .....	459
2. Límites reiterados .....	460
3. Desarrollando estrategias a partir de las gráficas .....	461
4. Pasando a coordenadas polares .....	463
<b>Capítulo 19. Derivadas parciales y direccionales. El vector gradiente. La matriz jacobiana</b>	<b>465</b>
1. Derivadas parciales .....	465
2. Derivadas direccionales .....	468
3. La matriz jacobiana .....	472
4. La diferencial .....	474
<b>Capítulo 20. Funciones compuestas, homogéneas e implícitas</b>	<b>475</b>
1. Funciones compuestas .....	475
2. Funciones homogéneas .....	477
3. Funciones implícitas .....	479
<b>Capítulo 21. Extremos</b>	<b>485</b>
1. Extremos relativos .....	485
2. Extremos condicionados .....	486

<b>Capítulo 22. Operadores diferenciales</b>	<b>489</b>
1. Comandos relativos al uso de coordenadas .....	489
2. Comandos asociados a operadores .....	490
<b>Capítulo 23. Integrales múltiples</b>	<b>493</b>
1. Integrales dobles .....	493
2. Integrales triples .....	498
<b>Capítulo 24. Integrales de línea y superficies</b>	<b>503</b>
1. Integrales de línea .....	503
2. Integrales de superficie .....	510
<b>CUARTA PARTE: CÁLCULO EN VARIAS VARIABLES CON MAPLE</b>	<b>517</b>
<b>Capítulo 25. Gráficas asociadas a superficies</b>	<b>519</b>
1. Representación de superficies en forma explícita .....	519
2. Superficies expresadas en forma paramétrica .....	521
3. El paquete plots .....	522
4. Representación de superficies implícitas .....	524
<b>Capítulo 26. Cálculo de límites dobles con Maple</b>	<b>525</b>
1. La función limit .....	525
2. Cálculo de límites en coordenadas polares .....	526
3. Límites según un subconjunto .....	528
4. Estrategias de aproximación .....	529
<b>Capítulo 27. Derivadas parciales y diferencial con Maple</b>	<b>531</b>
1. Derivadas parciales .....	531
2. Diferencial de una función escalar .....	534
3. Plano tangente .....	534
4. Derivadas direccionales y vector gradiente .....	535
5. Interpretación geométrica del vector gradiente .....	538
6. Matriz jacobiana y diferencial de una función vectorial .....	539
<b>Capítulo 28. Funciones compuestas, homogéneas e implícitas</b>	<b>541</b>
1. Funciones compuestas .....	541
2. Funciones homogéneas .....	544
3. Funciones implícitas .....	546

<b>Capítulo 29. Cálculo de extremos</b>	<b>551</b>
1. Puntos críticos .....	551
2. Extremos relativos de funciones de dos variables .....	552
3. Extremos condicionados .....	554
<b>Capítulo 30. Operadores diferenciales y distintos tipos de coordenadas</b>	<b>557</b>
1. Uso, en Maple, de distintos sistemas de coordenadas .....	557
2. Operadores diferenciales .....	558
3. Manejo de expresiones formales .....	561
<b>Capítulo 31. Integrales múltiples</b>	<b>563</b>
1. Integrales dobles .....	563
2. Cambios de variable en integrales dobles .....	565
3. Integrales triples .....	568
4. Cambio de variable en integrales triples .....	570
5. Algunas aplicaciones .....	571
<b>Capítulo 32. Integrales de línea</b>	<b>575</b>
1. Integrales de línea .....	575
2. Integrales de trayectoria .....	579
3. Función potencial. Independencia del camino .....	581
4. El teorema de Green .....	584
<b>Capítulo 33. Integrales de superficie</b>	<b>587</b>
1. Cálculo de integrales de superficie .....	587
2. Flujo de un campo vectorial .....	592
3. Teorema de Stokes .....	594
4. Teorema de Gauss o de la divergencia .....	597
<b>Apéndice: Información sobre el CD</b>	<b>601</b>
<b>Respuestas a los test de autoevaluación</b>	<b>605</b>
<b>Solución a algunos problemas propuestos</b>	<b>609</b>
<b>Bibliografía</b>	<b>615</b>
<b>Índice alfabético</b>	<b>619</b>

# Geometría Descriptiva

## INDICE

<b>Geometría Descriptiva</b> .....	9	<b>Sistema Acotado</b> .....	265
Proyecciones .....	10	Punto, Recta y Plano .....	268
<b>Sistema Diédrico</b> .....	13	Intersecciones de planos .....	277
El punto .....	16	Paralelismo .....	283
La recta .....	22	Distancias .....	287
El plano .....	37	Abatimientos .....	291
Intersección de planos .....	52	Angulos .....	295
Intersección de recta y plano .....	64	Dibujo Topográfico .....	298
Paralelismo .....	70	Trazado de carreteras .....	304
Perpendicularidad .....	74	<b>Sistema Axonométrico</b> .....	307
Distancias .....	79	Punto, Recta y Plano .....	319
Métodos empleados en		Intersecciones de planos .....	331
Descriptiva .....	86	Paralelismo .....	335
Abatimientos .....	87	Abatimiento, Angulos .....	339
Cambios de plano .....	98	Perpendicularidad .....	345
Giros .....	110	Distancias .....	349
Angulos .....	116	Perspectivas Axonométricas .....	354
Triedros .....	130	<b>Perspectiva Caballera</b> .....	361
Curvas y superficies .....	139	Punto, Recta y Plano .....	367
Poliedros regulares .....	151	Intersección de planos .....	371
Intersección de recta con poliedro .....	159	Perpendicularidad .....	372
Secciones planas de poliedros .....	161	Distancias .....	374
Desarrollo de poliedros		Abatimientos .....	376
regulares .....	166	Perspectivas Caballeras .....	378
Prisma .....	167	<b>Sistema Cónico</b> .....	395
Cilindro .....	176	Punto, Recta y Plano .....	400
Pirámide .....	187	Intersección de planos .....	421
Cono .....	194	Paralelismo .....	422
Esfera .....	206	Perpendicularidad .....	424
Toro .....	213	Distancias .....	428
Superficies especiales: Helicoide,		Abatimientos .....	433
Paraboloide-Hiperbólico,		Perspectiva Cónica .....	439
Hiperboloide, Conoide .....	216	Ejercicios de aplicación .....	450
Intersección de superficies .....	219	<b>Introducción al CAD</b> .....	465
Sombras .....	239		
Ejercicios de aplicación de			
Sombras .....	248		

# Construcción de centrales de ciclo combinado



## Índice

### VOLUMEN 1

<b>0</b>	<b>LOS OBJETIVOS DE ESTE LIBRO</b>	<b>1</b>
<b>1</b>	<b>LAS CENTRALES DE CICLO COMBINADO</b>	<b>5</b>
1.1	REFERENCIAS HISTÓRICAS	5
1.2	QUÉ ES UNA CENTRAL DE CICLO COMBINADO	9
1.3	LAS VENTAJAS DE LAS CENTRALES DE CICLO COMBINADOS	13
1.4	LIMITACIONES Y DESVENTAJAS DE LOS CICLOS COMBINADOS	15
1.5	EL FUTURO DE LAS CENTRALES DE CICLO COMBINADO	19
<b>2</b>	<b>PRINCIPALES EQUIPOS Y SISTEMAS</b>	<b>21</b>
2.1	RESUMEN DE EQUIPOS QUE COMPONEN UN CICLO COMBINADO	22
2.2	LA TURBINA DE GAS	26
2.3	LA TURBINA DE VAPOR	29
2.4	EL GENERADOR	34
2.5	EL GENERADOR DE VAPOR POR RECUPERACIÓN DE CALOR	36
2.6	EL SISTEMA ELÉCTRICO DE ALTA Y MEDIA TENSIÓN	43
2.7	EL SISTEMA DE BAJA TENSIÓN	48
2.8	LOS SISTEMAS AUXILIARES	51
	2.8.1 Sistema de refrigeración principal	51

2.8.2 Sistema de refrigeración de equipos	53
2.8.3 Planta de tratamiento de agua (PTA)	54
2.8.4 Planta de tratamiento de efluentes	57
2.8.5 Estación de gas (ERM)	59
2.8.6 Planta de combustible líquido	59
2.8.7 Sistema de aire comprimido	60
2.8.8 Sistema contra incendios	62
<b>2.9 EL SISTEMA DE CONTROL</b>	<b>64</b>
<b>3 CONFIGURACIONES HABITUALES</b>	<b>67</b>
3.1 CONFIGURACIÓN MONOEJE 1X1	67
3.2 CONFIGURACIÓN MULTIEJE 1X1	70
3.3 CONFIGURACIÓN NX1X1	71
3.4 CONFIGURACIÓN 2X1	72
3.5 CONFIGURACIÓN NX1	77
3.6 CONFIGURACIÓN NXX1	78
3.7 CONFIGURACIONES ESPECIALES	78
3.7.1 Centrales ISCC	78
3.7.2 Centrales IGCC	86
<b>4 PARÁMETROS CARACTERÍSTICOS DE UN CICLO COMBINADO</b>	<b>89</b>
4.1 POTENCIA BRUTA Y NETA	89
4.2 MARCA Y MODELO DE LA TURBINA DE GAS	90
4.3 CONFIGURACIÓN	91

4.4 RENDIMIENTO GLOBAL	91
4.5 HEAT RATE	92
4.6 COMBUSTIBLES EMPLEADOS	93
4.7 TIPO DE HRSG	93
4.8 NIVELES DE PRESIÓN DEL CICLO AGUA-VAPOR	93
4.9 TIPO DE REFRIGERACIÓN	94
4.10 TIPO DE GENERADOR	94
4.11 POSIBILIDAD DE ARRANQUE DESDE CERO TENSIÓN	95
4.12 TENSIÓN DE GENERACIÓN	95
4.13 TENSIÓN DE SALIDA	97
4.14 TIPO DE SUBESTACIÓN	97
<b>5 FORMAS DE ABORDAR LA CONSTRUCCIÓN DE UNA CTCC</b>	<b>99</b>
5.1 EL CONTRATO EPC	100
5.1.1 <i>Qué es un contrato EPC</i>	100
5.1.2 <i>Coste, plazo y calidad</i>	103
5.1.3 <i>¿Por qué se inventó el EPC?</i>	104
5.1.4 <i>Contratistas EPC</i>	105
5.1.5 <i>Ventajas del contrato EPC</i>	105
5.1.6 <i>Desventajas del contrato EPC</i>	107
5.2 GRANDES PAQUETES	109
5.2.1 <i>La contratación de grandes paquetes de construcción</i>	109
5.2.2 <i>Ventajas de la contratación de grandes paquetes</i>	113
5.2.3 <i>Desventajas de la contratación de grandes paquetes</i>	114

<b>5.3. MULTICONTRATO</b>	<b>114</b>
5.3.1 <i>La construcción en la modalidad multicontrato</i>	114
5.3.2 <i>El equipo de supervisión</i>	115
5.3.3 <i>La planificación</i>	116
5.3.4 <i>El equipo de construcción auxiliar</i>	116
5.3.5 <i>Las disputas entre contratistas</i>	116
5.3.6 <i>Precio, plazo y calidad en la modalidad multicontrato</i>	117
5.3.7 <i>Ventajas de multicontrato</i>	118
5.3.8 <i>Desventajas del multicontrato</i>	119
<b>5.4 CONCLUSIONES: ¿CUÁL ES LA MEJOR OPCIÓN?</b>	<b>119</b>

## **6 FASES DEL DESARROLLO DEL PROYECTO** **121**

<b>6.1 LOCALIZACIÓN DE UN EMPLAZAMIENTO</b>	<b>122</b>
<b>6.2 CONTACTOS PREVIOS CON LA ADMINISTRACIÓN</b>	<b>122</b>
<b>6.3 CONTACTOS PREVIOS CON POSIBLES SOCIOS</b>	<b>123</b>
<b>6.4 LA INGENIERÍA CONCEPTUAL (ESTUDIO DE VIABILIDAD)</b>	<b>124</b>
<b>6.5 LA INGENIERÍA BÁSICA</b>	<b>125</b>
<b>6.6 LA INGENIERÍA DE DETALLE</b>	<b>127</b>
6.6.1 <i>Ingeniería de detalle de la obra civil</i>	127
6.6.2 <i>Ingeniería de detalle mecánica</i>	128
6.6.3 <i>Ingeniería de detalle eléctrica</i>	128
6.6.4 <i>Ingeniería de detalle de la instrumentación</i>	129
<b>6.7 SUPERVISIÓN DE LA INGENIERÍA CONCEPTUAL, BÁSICA Y DE DETALLE</b>	<b>130</b>
<b>6.8 EL PROCESO DE CONSTRUCCIÓN: LA DIVISIÓN EN PAQUETES DE OBRA</b>	<b>130</b>
<b>6.9 LA FASE DE PUESTA EN MARCHA</b>	<b>136</b>

6.10 LAS PRUEBAS DE PRESTACIONES	137
6.11 LA ACEPTACIÓN O ENTREGA PROVISIONAL	137
6.12 EL PERIODO DE GARANTÍA	138
6.13 LA ACEPTACIÓN DEFINITIVA	139

## **7 EL EQUIPO DE ORGANIZACIÓN Y SUPERVISIÓN** 141

7.1 LA IMPORTANCIA DE LA SUPERVISIÓN	142
7.1.1 <i>¿Es necesaria la supervisión?</i>	142
7.1.2 <i>La supervisión empieza en la ingeniería</i>	143
7.1.3 <i>La supervisión durante la construcción</i>	144
7.1.4 <i>La supervisión de las pruebas de aceptación</i>	145
7.1.5 <i>Consecuencias de la falta de supervisión</i>	146
7.1.6 <i>La falta de personal cualificado para la construcción</i>	146
7.1.7 <i>Las prisas: el principal enemigo de la calidad de la construcción</i>	147
7.2 LA SUPERVISIÓN DE UN CONTRATO EPC	148
7.3 EL EQUIPO DE SUPERVISIÓN DE LA PROPIEDAD	150
7.3.1 <i>La estructura de la supervisión de la propiedad</i>	150
7.3.2 <i>El Director de proyecto</i>	151
7.3.3 <i>Administrativo</i>	153
7.3.4 <i>Coordinador de seguridad y salud</i>	153
7.3.5 <i>Supervisor de obra civil</i>	157
7.3.6 <i>Supervisor de montaje mecánico</i>	157
7.3.7 <i>Supervisor de montaje eléctrico</i>	158
7.3.8 <i>Supervisor de instrumentación y control</i>	160
7.3.9 <i>Ingeniería de la propiedad</i>	162
7.4 LA DIRECCIÓN FACULTATIVA	165

<b>7.5 EL EQUIPO DE SUPERVISIÓN DEL CONTRATISTA PRINCIPAL</b>	<b>167</b>
7.5.1 <i>Director de Obra</i>	167
7.5.2 <i>Administrativo de obra</i>	170
7.5.3 <i>Responsable de seguridad y salud</i>	170
7.5.4 <i>Planificador</i>	172
7.5.5 <i>Responsable del control económico</i>	173
7.5.6 <i>Responsable de oficina técnica de obra</i>	175
7.5.7 <i>Responsable de compras y contratación de servicios</i>	177
7.5.8 <i>Oficina de calidad</i>	177
7.5.9 <i>Responsable de almacén</i>	179
7.5.10 <i>Supervisor de obra civil</i>	180
7.5.11 <i>Supervisor de montaje mecánico</i>	181
7.5.12 <i>Supervisor del montaje eléctrico</i>	182
7.5.13 <i>Supervisor de instrumentación y control</i>	183

## **8 LOS COSTES DE UNA CENTRAL DE CICLO COMBINADO** **185**

<b>8.1 LOS COSTES DE INGENIERÍA</b>	<b>186</b>
8.1.1 <i>Ingeniería Conceptual</i>	186
8.1.2 <i>Ingeniería Básica</i>	187
8.1.3 <i>Ingeniería de Detalle</i>	188
8.1.4 <i>Oficina técnica en obra</i>	189
8.1.5 <i>Coste total de la ingeniería</i>	189
<b>8.2 GESTIÓN DE PERMISOS (PERMITTING)</b>	<b>190</b>
<b>8.3 COSTE DE LOS TERRENOS</b>	<b>191</b>
<b>8.4 COSTE DE LA LÍNEA DE EVACUACIÓN DE ENERGÍA</b>	<b>192</b>
<b>8.5 COSTE DE LA CAPTACIÓN DE AGUA</b>	<b>194</b>
<b>8.6 COSTE DE LAS INSTALACIONES DE VERTIDO</b>	<b>195</b>

8.7 COSTE DEL MOVIMIENTO DE TIERRAS	197
8.8 RESUMEN DE LOS COSTES COMUNES A CUALQUIER PROYECTO	198
8.9 OBRA CIVIL	200
8.10 CONJUNTOS TURBINAS+GENERADORES	202
8.11 HRSG Y CICLO AGUA-VAPOR	202
8.12 BOP	203
8.13 SISTEMAS ELÉCTRICOS	204
8.14 COSTES DEL SISTEMA DE CONTROL	205
8.15 COSTES DE MONTAJE	206
8.16 COSTES DE PUESTA EN MARCHA	209
8.17 ASEGURAMIENTO	211
8.18 RESUMEN TOTAL DE COSTES	212
8.19 LA REALIZACIÓN DEL PROYECTO EN LA MODALIDAD EPC	213
8.20 LA INTERNACIONALIZACIÓN DEL PRESUPUESTO DE CONSTRUCCIÓN	214
8.21 CONSIDERACIONES GENERALES SOBRE COSTES	217
8.21.1 <i>La variabilidad de los precios</i>	217
8.21.2 <i>Factores de los que depende el precio de un equipo</i>	218

## VOLUMEN 2

<b>9</b>	<b>PUNTOS A VERIFICAR ANTES DE INICIAR LA CONSTRUCCIÓN</b>	<b>221</b>
9.1	EL ESTUDIO GEOTÉCNICO Y TOPOGRÁFICO	222
9.2	FINALIZACIÓN DE LA INGENIERÍA CONCEPTUAL	224
9.3	FINALIZACIÓN DE LA INGENIERÍA BÁSICA	227
9.3.1	<i>Qué es la ingeniería básica</i>	227
9.3.2	<i>La importancia de finalizar la ingeniería básica</i>	228
9.4	OBTENCIÓN DE LA LICENCIA DE OBRAS	229
9.5	FINALIZACIÓN DE UNA PARTE DE LA INGENIERÍA DE DETALLE	229
9.5.1	<i>Qué es la ingeniería de detalle</i>	229
9.5.2	<i>Parte de la ingeniería de detalle que hay que finalizar</i>	233
9.5.3	<i>La revisión de la ingeniería de detalle</i>	235
9.6	ANÁLISIS DE LA CLIMATOLOGÍA DE LA ZONA	238
9.7	ESTUDIO LOGÍSTICO DE MATERIALES DE OBRA	239
9.8	ANÁLISIS DE LOS PAQUETES DE CONSTRUCCIÓN	240
9.9	ANÁLISIS DEL PLANNING DE CONSTRUCCIÓN	241
9.10	SELECCIÓN Y FORMACIÓN DEL EQUIPO DE SUPERVISIÓN	242
9.11	REUNIÓN DE LANZAMIENTO	244

<b>10</b>	<b>LAS OFICINAS PROVISIONALES DE OBRA</b>	<b>247</b>
10.1	UBICACIÓN	248
10.2	EXTENSIÓN	249
10.3	LA CONSTRUCCIÓN DE LAS OFICINAS	251
10.4	OTROS SERVICIOS NECESARIOS EN LAS OFICINAS	255
10.4.1	<i>Climatización</i>	255
10.4.2	<i>Telefonía fija</i>	256
10.4.3	<i>Telefonía móvil</i>	256
10.4.4	<i>La red informática</i>	257
10.4.5	<i>Internet</i>	258
10.4.6	<i>Videoconferencia</i>	259
10.4.7	<i>Archivo</i>	260
10.4.8	<i>Sala de reprografía</i>	260
10.4.9	<i>Catering</i>	260
10.4.10	<i>Servicio de vigilancia</i>	261
10.6	TALLERES DE OBRA	263
10.7	ALMACENES	264
<b>11</b>	<b>LA OBRA CIVIL</b>	<b>267</b>
11.1	EL MARCAJE	268
11.2	DECISIÓN SOBRE LA COTA FINAL	268
11.3	RETIRADA DE LA CAPA DE TIERRA VEGETAL	269
11.4	APORTE DE MATERIAL SELECCIONADO	270

<b>11.5 DIQUE DE CONTENCIÓN</b>	<b>270</b>
<b>11.6 REPLANTEO</b>	<b>271</b>
<b>11.7 LOS SISTEMAS ENTERRADOS</b>	<b>272</b>
11.7.1 <i>Canalizaciones de cables eléctricos enterrados</i>	272
11.7.2 <i>Canalizaciones de cables de señal</i>	27
11.7.3 <i>Tuberías del sistema contraincendios</i>	274
11.7.4 <i>Malla de tierras</i>	274
11.7.5 <i>Agua de refrigeración (principal y auxiliar)</i>	275
<b>11.8 LOS VIALES</b>	<b>276</b>
<b>11.9 CIMENTACIONES</b>	<b>278</b>
11.9.1 <i>Cimentaciones de edificios</i>	278
11.9.2 <i>Cimentaciones de racks de tuberías</i>	279
11.9.3 <i>Cimentaciones de estructuras de equipos</i>	279
11.9.4 <i>Cimentaciones de equipos</i>	279
11.9.5 <i>Cimentaciones de turbogrupos</i>	280
11.9.6 <i>Cimentación de depósitos</i>	281
11.9.7 <i>Muros de contención de transformadores</i>	282
<b>11.10 PRUEBAS DE RESISTENCIA DEL HORMIGÓN</b>	<b>283</b>
<b>11.11 EDIFICIOS</b>	<b>286</b>
11.11.1 <i>Nave de turbinas</i>	287
11.11.2 <i>El edificio administrativo</i>	291
11.11.3 <i>La sala de control</i>	292
11.11.4 <i>Edificio eléctrico</i>	294
11.11.5 <i>Planta de tratamiento de agua</i>	294
11.11.6 <i>Talleres y almacenes</i>	294
11.11.7 <i>Almacén de productos químicos</i>	295
11.11.8 <i>Almacén de residuos tóxicos y peligrosos</i>	295
11.11.9 <i>Laboratorio</i>	296

11.12 PRUEBAS DE IMPERMEABILIZACIÓN DE EDIFICIOS	296
11.13 BALSAS	296
<b>12 MONTAJE DE TURBINAS Y GENERADORES (TURBOGRUPOS)</b>	<b>299</b>
12.1 FORMAS DE ENVIO DE LAS TURBINAS	300
12.2 ASPECTOS PREVIOS A VERIFICAR	303
12.3 LA CIMENTACIÓN	305
12.4 CABLES Y TUBERÍAS	309
12.5 LA COLOCACIÓN	311
12.6 LA NIVELACIÓN	313
12.7 LA ALINEACIÓN	313
12.8 LA SUJECIÓN	317
12.9 DILATACIONES Y CONTRACCIONES	317
12.10 EL MONTAJE DE LA CASA DE FILTROS	320
12.11 LA CHIMENEA	322
12.12 ESCALERAS Y ACCESOS	328
12.13 MONTAJE DE LOS SISTEMAS AUXILIARES	328
12.14 MONTAJE ELÉCTRICO Y DE INSTRUMENTACIÓN	335
12.15 EL MONTAJE DEL GENERADOR	336
12.16 DOCUMENTOS GENERADOS EN EL MONTAJE DEL TURBOGRUPO	337
12.17 VERIFICACIONES A REALIZAR DURANTE EL MONTAJE	337

12.18 VERIFICACIONES A REALIZAR TRAS EL MONTAJE	339
12.19 EL TIEMPO DE MONTAJE	344

## **13** EL MONTAJE DE CALDERAS DE RECUPERACIÓN (HRSG) **347**

13.1 LA FUNCIÓN DEL HRSG	348
13.2 TIPOS DE HRSG	349
13.3 ELEMENTOS QUE COMPONEN UN HRSG	350
13.4 LA CIMENTACIÓN	360
13.5 VERIFICACIONES PREVIAS A REALIZAR	361
13.6 EL MONTAJE DE ELEMENTOS DE LA CALDERA	363
13.6.1 Estructura y haces tubulares	364
13.6.2 El montaje de calderines	367
13.6.3 Las válvulas de seguridad	368
13.6.4 El ducto de conexión turbina-HRSG	368
13.6.5 Calorifugado	369
13.6.6 El montaje de la instrumentación	369
13.7 DOCUMENTOS GENERADOS EN EL MONTAJE DEL TURBOGRUPO	370
13.8 VERIFICACIONES A REALIZAR DURANTE EL MONTAJE	370
13.9 VERIFICACIONES A REALIZAR TRAS EL MONTAJE	372
13.10 EL TIEMPO DE MONTAJE	376

<b>14</b>	<b>EL MONTAJE DE TUBERÍA</b>	<b>377</b>
14.1	EL MONTAJE DE TUBERÍA	377
14.2	TUBERÍA A MONTAR	378
14.3	MATERIALES	380
14.4	ACCESORIOS	382
14.5	UNIONES EN TUBERÍA	383
14.6	EL PREMONTAJE DE TUBERÍA	384
14.7	SOPORTACIÓN DE LA TUBERÍA	385
14.8	DILATACIONES	388
14.8	LA UNIÓN DE TUBERÍA CON EQUIPOS ROTATIVOS	390
14.10	CALORIFUGADO DE TUBERÍA	391
<b>15</b>	<b>EL MONTAJE DE GRANDES DE DEPÓSITOS</b>	<b>393</b>
15.1	TANQUES NECESARIOS EN UNA CENTRAL DE CICLO COMBINADO	393
15.2	EL PROCESO DE CONSTRUCCIÓN DE UN TANQUE	396
15.2.1	<i>Construcción de arriba hacia abajo</i>	398
15.2.2	<i>Construcción de tanques de abajo hacia arriba</i>	402
15.2.3	<i>Recubrimiento interior y exterior</i>	403
15.3	OTROS ELEMENTOS DEL TANQUE	403
15.4	LA INSTRUMENTACIÓN DE LOS TANQUES	406
15.5	VERIFICACIONES A REALIZAR ANTES DEL INICIO	408

15.6 VERIFICACIONES A EFECTUAR DURANTE EL MONTAJE	410
15.7 VERIFICACIÓN A EFECTUAR AL FINALIZAR EL MONTAJE	411

## **16 EL MONTAJE BOMBAS** **413**

16.1 BOMBAS PRSENTES EN UNA CENTRAL DE CICLO COMBINADO	413
16.2 MONTAJE DE LOS CONJUNTOS MOTOBOMBA HORIZONTALES	417
16.3 MONTAJE DE LOS CONJUNTO MOTOBOMBA VERTICALES	420
16.4 VERIFICACIONES A EFECTUAR ANTES DEL MONTAJE	421
16.4 VERIFICACIONES A EFECTUAR DURANTE EL MONTAJE	422
16.4 VERIFICACIONES A EFECTUAR UNA VEZ FINALIZADO EL MONTAJE	423

## **17 EL MONTAJE DE LA SUBESTACIÓN** **427**

17.1 EL MONTAJE MECÁNICO DE LA SUBESTACIÓN	427
17.2 LOS PRINCIPALES EQUIPOS DE LA SUBESTACION	428
17.3 TIPOS DE SUBESTACIÓN	432
17.3.1 <i>De acuerdo con su función</i>	432
17.3.2 <i>De acuerdo con la tensión que manejan</i>	432
17.3.3 <i>De acuerdo con su ubicación</i>	432
17.4 MONTAJE MECÁNICO DE LA SUBESTACIÓN DE INTEMPERIE	432
17.5 EL MONTAJE DE LAS SUBESTACIONES BLINDADAS	438
17.6 LA MODIFICACION DE LA SUBESTACION DE CONEXIÓN	439
17.7 VERIFICACIONES A EFECTUAR ANTES DEL MONTAJE	440

17.8 VERIFICACIONES A EFECTUAR DURANTE EL MONTAJE	441
17.9 VERIFICACIONES A EFECTUAR UNA VEZ FINALIZADO EL MONTAJE	446
17.9.1 Aspectos generales	446
17.9.2 Inspección visual de la obra civil	446
17.9.3 Inspección visual del montaje mecánico	447
17.9.4 Inspección visual del montaje eléctrico	448
17.9.5 Inspección visual del montaje de la instrumentación	448