

TECNOLOGÍA

Cerveceros & Malteros

Editado y publicado por
Olaf Hendel

Capítulo 11:
En colaboración con el
Dr. Hans-Jürgen Manger

Traducción: [deepl.com/](https://www.deepl.com/)
Roberto F. Biurrun Jayo

La Biblioteca Nacional Alemana (Deutsche Bibliothek) registra esta publicación en la Bibliografía Nacional Alemana (Deutsche Nationalbibliografie) los datos bibliográficos detallados están disponibles en Internet en dnb.dnb.de.

Wolfgang Kunze, Olaf Hendel

Tecnología para Cerveceros y Malteros

2ª edición revisada en español 2024

Editado y publicado por Olaf Hendel

Traducción: deepl.com / Roberto F. Biurrun Jayo

Hasta ahora han sido publicadas

1ª edición alemana	1961
2ª edición alemana	1967
3ª edición alemana	1975
4ª edición alemana	1978
5ª edición alemana	1979
1ª edición húngara	1983
6ª edición alemana	1989
7ª edición alemana	1994
1ª edición en inglés	1996
8ª edición alemana	1998
1ª edición china	1998
1ª edición serbia	1998
2ª edición inglesa	1999
1ª edición polaca	1999
1ª edición rusa	2001
2ª edición rusa	2003
3ª edición en inglés	2004
1ª edición en español	2006
9ª edición alemana	2007
2ª edición china	2008
3ª edición rusa	2008
4ª edición internacional	2010
10ª edición alemana	2011
5ª edición internacional	2014
11ª edición alemana	2016
6ª edición internacional	2019
12ª edición alemana	2023

ISBN 978-3-9821543-1-2

© VLB Berlin, Germany

www.vlb-berlin.org

Contacto: brewmaster@vlb-berlin.org

Todos los derechos reservados, en particular la traducción a otros idiomas.

Queda prohibida la reproducción total o parcial de este libro sin la autorización previa por escrito del editor.

La reproducción en esta obra de nombres comunes, nombres comerciales, denominaciones de productos, etc., incluso sin identificación específica, no justifica la suposición de que tales nombres deban considerarse libres en el sentido de la legislación sobre protección de marcas y marcas registradas y que, por lo tanto, puedan ser utilizados por cualquiera.

Diagramación: Grafikdesign Anne Kulesa, Dresde, Alemania, www.anne-kulesa.de

Impresión: BPP Best Preis Printing ug. & Co KG, Gilching

Prólogo a la 2ª edición en español



Foto: VLB/ew

Más de 500 millones de personas en el mundo tienen al español como lengua nativa. El español es la lengua oficial en 21 países. La cerveza juega en todos estos países un rol preponderante como una bebida refrescante que invita a compartir, a socializar.

La cerveza y el arte de su elaboración llegó a los países de habla hispana de la mano de los inmigrantes, quienes se integraron a los países y culturas que los recibían, adaptando la cerveza que elaboraron a las particularidades de estos países. La cerveza pasó así a ser parte misma de estas culturas, y hoy por hoy representa un sector importante de las economías de estos países.

Hoy en día, particularmente en Latinoamérica, no es posible hablar de un país sin hacer referencia obligada a una marca o tipo de cerveza particular elaborada en el mismo, lo cual refrenda la integración, la fusión de esta bebida con la cultura local.

Esta segunda edición en español es un merecido homenaje a todos aquellos, locales y foráneos, que juntos han contribuido al desarrollo de la industria cervecera en los países hispanoparlantes, convirtiéndola así en referencia de clase mundial.

“Tradición e innovación”, dos palabras que resumen de alguna manera “el ADN” del cervecero, se encuentran presentes en este libro. El lector encontrará, de una manera muy sencilla y didáctica, no solamente los fundamentos relacionados tanto con las materias primas y el complejo proceso de

elaboración de la cerveza, sino que también las últimas tendencias tecnológicas en la elaboración de la cerveza.

La primera edición en español de “Tecnología para Cerveceros y Malteros” salió al mercado en el año 2006, teniendo como base la tercera edición en inglés. Desde entonces, el libro se ha ido actualizando de manera constante – incorporando los avances técnicos y tecnológicos en la elaboración de la cerveza –, por última vez en la duodécima edición alemana, que sirve de base a esta segunda edición traducida y adaptada al español.

Roberto F. Biurrún Jayo
VLB Berlin

Prólogo a la 12ª edición alemana de „Technologie Brauer und Mälzer“ (La 12ª edición alemana es la base de esta traducción al español)



Foto: Gerolsteiner

En 2021 se elaboraron y consumieron en todo el mundo unos 1.900 millones de hectolitros de cerveza. Las referencias acerca de la elaboración de cerveza se remontan a hace casi 5.000 años. La cerveza es, por tanto, una bebida única que ha encontrado amigos en todo el mundo, traspasando las fronteras culturales y lingüísticas. Más que cualquier otra bebida, la cerveza es un elemento unificador que ofrece alegría de vivir y disfrutar. Así, la cerveza es buena para el cuerpo y el alma. Las investigaciones médicas han demostrado que la cerveza -consumida con moderación- también puede tener efectos positivos en la salud humana. Todo ello nos compromete a nosotros los cerveceros a tener las más altas exigencias sobre la calidad de las materias primas, los equipos, los procesos y, por último, pero no por ello menos importante, la calificación de nuestros empleados y empleadas a la hora de elaborar la cerveza. En Alemania, con más de 1.500 cervecerías y unas 5.000 marcas de cerveza, la ciencia cervecera y la formación de los cerveceros siempre han sido muy valoradas. La investigación y el desarrollo específicamente cerveceros –llevado a cabo entre otros en las universidades de Weihenstephan y Berlín– ha dado lugar a importantes avances técnicos y tecnológicos. Y por último, pero no por ello menos importante, la ley de pureza alemana (Reinheitsgebot), con su disposición restrictiva en la utilización a las materias primas naturales, agua, lúpulo, malta y

levadura, ha incentivado siempre la creatividad de nuestros cerveceros e ingenieros.

Parte de esta amplia experiencia se resume en este volumen de “Tecnología para Cerveceros y Malteros”. Desde su primera edición en el año 1961 se han vendido alrededor de 70.000 ejemplares.

Traducido al inglés, español, ruso, chino, húngaro, polaco y serbio, “Tecnología para Cerveceros y Malteros” ha llegado también a los profesionales cerveceros de todo el mundo en los últimos 30 años.

Hasta su fallecimiento en 2016, el autor Wolfgang Kunze actualizó constantemente el libro a lo largo de más de 50 años y añadió nuevos conocimientos. Fue su deseo expreso que la VLB continuara la obra de su vida con este espíritu. Esta duodécima edición alemana ha sido revisada y parcialmente actualizada por VLB Berlin bajo la dirección de Olaf Hendel.

De este modo, “Tecnología para Cerveceros y Malteros” seguirá haciendo honor a su reputación de obra de referencia mundial para cerveceros y malteros y contribuirá activamente a la formación de alta calidad de especialistas calificados.

Ulrich Rust

Presidente del Centro de Investigación y Enseñanza para Cervecería en Berlin e.V. (VLB)

*Versuchs- und Lehranstalt für Brauerei in Berlin e.V. (VLB)
Berlin / Gerolstein en mayo de 2023*

Vista general de capítulos

Cerveza: la bebida popular más antigua	21
1 Materias primas	35
2 Elaboración de la malta	105
3 Elaboración del mosto	197
4 Elaboración de cerveza	365
5 Envasado de la cerveza	535
6 Limpieza y desinfección	687
7 La cerveza terminada	703
8 Cervecerías pequeñas	761
9 Manejo de desechos y medio ambiente	781
10 Gestión energética en la cervecería y maltería	797
11 Automatización y planificación de plantas	847

Contenido

Cerveza: la bebida popular más antigua ...	21
1 Materias primas.....	35
1.1 Cebada.....	35
1.1.1 Cultivo y variedades de cebada	35
1.1.1.1 El cultivo de la cebada	35
1.1.1.2 Variedades de cebada	36
1.1.2 El cultivo de la cebada.....	37
1.1.3 Estructura del grano de cebada	38
1.1.3.1 Estructura externa.....	38
1.1.3.2 Estructura interna	38
1.1.4 Composición y propiedades de los componentes.....	40
1.1.4.1 Carbohidratos.....	40
1.1.4.2 Proteínas	44
1.1.4.3 Grasas (lípidos).....	46
1.1.4.4 Minerales.....	47
1.1.4.5 Otras sustancias.....	47
1.1.4.6 Enzimas de cebada	48
1.1.5 Evaluación de la cebada	50
1.1.5.1 Handboniting (evaluación visual) ..	50
1.1.5.2 Análisis mecánicos y químicos	52
1.1.5.3 Análisis fisiológicos	53
1.2 Lúpulo.....	54
1.2.1 Regiones productoras de lúpulo ...	54
1.2.2 Cosecha, secado y conservación del lúpulo	56
1.2.2.1 Cosecha	56
1.2.2.2 Secado	56
1.2.2.3 Conservación del lúpulo.....	56
1.2.3 Estructura del cono de lúpulo	57
1.2.4 Composición y propiedades de los componentes del lúpulo.....	57
1.2.4.1 Sustancias amargas o resinas	58
1.2.4.2 Aceites de lúpulo	59
1.2.4.3 Taninos o polifenoles	60
1.2.4.4 Proteínas	62
1.2.5 Evaluación del lúpulo	62
1.2.5.1 Evaluación manual del cono de lúpulo	62
1.2.5.2 Contenido amargo.....	63
1.2.6 Variedades de lúpulo	63
1.2.7 Productos de lúpulo	64
1.2.7.1 Pellets de lúpulo.....	65
1.2.7.2 Extractos de lúpulo	68
1.3 Agua	72
1.3.1 Ciclo del agua	72
1.3.2 Consumo de agua dulce en la fábrica de cerveza.....	73

1.3.3	Extracción del agua.....	73	2.1.1.1	Recepción de vehículos (remolques de camiones) o vagones ferroviarios.....	106
1.3.3.1	Extracción de aguas subterráneas..	73	2.1.1.2	Recepción de buques.....	106
1.3.3.2	Extracción de agua de manantial..	75	2.1.2	Limpieza y clasificación de la cebada.....	107
1.3.3.3	Extracción de aguas superficiales..	75	2.1.2.1	Prelimpieza de la cebada.....	108
1.3.3.4	Importancia del suministro propio de agua.....	75	2.1.2.2	Dispositivos magnéticos.....	109
1.3.4	Requerimientos para el agua.....	75	2.1.2.3	Separador de piedras en seco.....	110
1.3.4.1	Requerimientos del agua como agua potable.....	75	2.1.2.4	Desbarbador.....	110
1.3.4.2	Requerimientos del agua como agua cervecera.....	76	2.1.2.5	Trieur (limpiador de granos).....	111
1.3.4.3	Importancia de los iones individuales.....	79	2.1.2.6	Clasificación de la cebada.....	112
1.3.5	Proceso de mejora del agua.....	79	2.1.3	Transporte de cebada y malta....	116
1.3.5.1	Proceso de eliminación de sólidos en suspensión.....	80	2.1.3.1	Transportadores mecánicos.....	116
1.3.5.2	Eliminación de solutos.....	81	2.1.3.2	Transportadores neumáticos.....	119
1.3.5.3	Proceso para mejorar la alcalinidad residual.....	81	2.1.4	Sistemas de remoción de polvo.....	122
1.3.6	Posibilidades de ahorro de agua.....	87	2.1.4.1	Ciclones.....	122
			2.1.4.2	Filtro de polvo.....	122
1.4	Levadura.....	89	2.2	Secado y almacenamiento de la cebada.....	125
1.4.1	Estructura y composición de la célula de levadura.....	89	2.2.1	Respiración de la cebada.....	125
1.4.2	Metabolismo de la célula de levadura.....	92	2.2.2	Secado de la cebada.....	126
1.4.3	Reproducción y crecimiento de las levaduras.....	93	2.2.3	Enfriamiento de la cebada.....	127
1.4.4	Caracterización de las levaduras cerveceras.....	94	2.2.4	Almacenamiento de la cebada...	127
1.4.4.1	Características morfológicas.....	95	2.2.4.1	Almacenamiento en silos.....	127
1.4.4.2	Diferencias fisiológicas.....	95	2.2.4.2	Almacenamiento en graneros....	128
1.4.4.3	Diferencias en la tecnología de fermentación.....	95	2.2.4.3	Infestación de plagas.....	129
1.4.4.4	Clasificación sistemática.....	96	2.3	El remojo de la cebada.....	130
1.5	Adjuntos cerveceros (cereales crudos).....	97	2.3.1	Procesos durante el remojo.....	130
1.5.1	Maíz.....	97	2.3.1.1	Absorción de agua.....	130
1.5.2	Arroz.....	98	2.3.1.2	Suministro de oxígeno.....	133
1.5.3	Cebada.....	99	2.3.1.3	Limpieza.....	133
1.5.4	Sorgo/Mijo.....	99	2.3.2	Recipientes de remojo.....	134
1.5.5	Trigo.....	99	2.3.3	Proceso de remojo.....	139
1.5.6	Azúcar.....	100	2.4	Germinación de la cebada.....	140
1.5.7	Jarabe de glucosa.....	101	2.4.1	Procesos durante la germinación	140
1.5.8	Azúcar caramelo.....	101	2.4.1.1	Procesos de crecimiento.....	140
	(también -couleur).....	101	2.4.1.2	Formación de enzimas.....	141
			2.4.1.3	Conversiones de sustancias durante la germinación.....	143
			2.4.1.4	Conclusiones para la aplicación de la germinación.....	149
			2.4.2	Proceso de germinación.....	150
			2.4.2.1	Maltería de era o de granero.....	150
			2.4.2.2	Sistemas de malteado accionados neumáticamente.....	150
2	Elaboración de la malta.....	105	2.4.2.3	Realización de la germinación....	161
2.1	Recepción, limpieza, clasificación y transporte de la cebada.....	105	2.4.2.4	Control de la germinación.....	162
2.1.1	Recepción de la cebada.....	106			

2.5	El tostado de malta	162	2.8.2.8	Capacidad germinativa	179
2.5.1	Cambios durante el tostado	162	2.8.2.9	Densidad	179
2.5.1.1	Reducción del contenido de agua..	162	2.8.2.10	Método Calcofluor-Carlsberg (método de lijado del grano)	179
2.5.1.2	Interrupción de la germinación y modificación o degradación	163	2.8.3	Análisis físico-químicos.....	180
2.5.1.3	Formación de sustancias aromáticas y colorantes(reacción de Maillard)..	163	2.8.3.1	Contenido de agua (humedad)..	180
2.5.1.4	Formación de precursores de DMS	164	2.8.3.2	Proceso de maceración en laboratorio según congreso.....	180
2.5.1.5	Influencia de la temperatura y el tiempo de secado	165	2.8.4	Contrato de suministro de malta	183
2.5.1.6	Formación de nitrosaminas	166	2.9	Variedades de malta y maltas a partir de otros cereales	184
2.5.1.7	Inactivación de las enzimas.....	166	2.9.1	Malta tipo Pilsner (malta clara o pálida).....	184
2.5.2	Construcción de la sala de tostado (Darre).....	167	2.9.2	Malta oscura (estilo Múnich)	184
2.5.2.1	Calentamiento y ventilación de la sala de tostado	167	2.9.3	Malta Vienesa	184
2.5.2.2	Salas de secado de dos pisos de diseño antiguo.....	169	2.9.4	Malta escaldada (Brühmalz) / malta melanoidina	184
2.5.2.3	Tostadores con piso basculante..	170	2.9.5	Malta caramelizada.....	185
2.5.2.4	Sala de tostado plana con cargador y descargador integrado.....	170	2.9.6	Malta ácida/agria (Sauermalz)	186
2.5.2.5	Salas de tostado verticales.....	172	2.9.7	Malta de germinación corta y tipo "Spitzmalz"	186
2.5.3	Realización del proceso de tostado.....	173	2.9.8	Malta ahumada	187
2.5.3.1	Elaboración de malta Pilsner.....	174	2.9.9	Malta diastásica	187
2.5.3.2	Producción de malta Munich.....	174	2.9.10	Malta torrefacta (Röstmalz)	187
2.5.3.3	Limpieza de la sala de tostado	175	2.9.11	Cerveza de malta torrefacta	187
2.5.3.4	Comprobación del proceso de secado	175	2.9.12	Malta de trigo	188
			2.9.13	Extracto de malta	189
			2.9.14	Malta a partir de otros cereales primarios	189
			2.9.15	Malta de sorgo	191
2.6	Tratamiento de la malta después del tostado	176	2.10	Prevención de accidentes en la maltería	193
2.6.1	Enfriamiento de la malta seca.....	176	3	Elaboración del mosto	197
2.6.2	Limpieza de la malta	176	3.1	Molienda de la malta	197
2.6.3	Almacenamiento de la malta.....	176	3.1.1	Tratamiento previo de la malta	198
2.6.4	Pulido de la malta	177	3.1.1.1	Eliminación de polvo y piedras de la malta	198
2.7	Rendimiento durante el malteado	178	3.1.1.2	Pesaje de la cantidad de carga (Pesaje de lote de cocimiento) ...	199
2.8	Evaluación de la malta.....	178	3.1.2	Principios básicos de la molienda	201
2.8.1	Evaluación sensorial (visual).....	178	3.1.3	Molienda en seco	202
2.8.2	Evaluaciones mecánicas	178	3.1.3.1	Molinos de seis rodillos	202
2.8.2.1	Clasificación	178	3.1.3.2	Molinos de cinco rodillos	203
2.8.2.2	Masa de mil granos.....	178	3.1.3.3	Molinos de cuatro rodillos	203
2.8.2.3	Masa por hectólitro.....	178	3.1.3.4	Molinos de dos rodillos	204
2.8.2.4	Prueba de flotación (prueba de hundimiento)	179	3.1.3.5	Rodillos de los molinos de trituración	204
2.8.2.5	Vidriosidad	179	3.1.3.6	Acondicionado de molienda en seco	206
2.8.2.6	Friabilidad.....	179			
2.8.2.7	Desarrollo de la acrospira	179			

3.1.3.7	Tolva de malta molida.....	206	3.3.3.2	Cuba de filtración de diseño moderno (figura 3.77)	266
3.1.3.8	Molinos de martillos	207	3.3.3.3	Secuencia de trabajo para la filtración con la cuba de filtración convencional	270
3.1.3.9	Otros sistemas de molinos.....	210	3.3.4	Filtración con el filtro prensa de mosto	273
3.1.3.10	Separación de cáscaras	210	3.3.4.1	Filtros prensa de mosto convencionales	273
3.1.4	Molienda húmeda	210	3.3.4.2	Filtro prensa de nueva generación	274
3.1.5	Acondicionamiento húmedo o por remojo	211	3.3.5	Desarrollos más recientes de la tecnología de filtración de mosto	283
3.1.6	Trituración ultrafina con agua ...	213	3.3.6	Bagazo	283
3.1.7	Evaluación de la molienda	214	3.3.6.1	Transporte del bagazo	283
			3.3.6.2	Análisis de bagazo	284
3.2	Maceración	216	3.4	Hervor del mosto.....	287
3.2.1	Conversiones durante la maceración.....	216	3.4.1	Procesos durante el hervor del mosto	287
3.2.1.1	Finalidad de la maceración	216	3.4.1.1	Solución y conversión de los componentes del lúpulo	287
3.2.1.2	Propiedades de las enzimas.....	216	3.4.1.2	Precipitación de proteínas	288
3.2.1.3	Degradación del almidón	217	3.4.1.3	Evaporación del agua en exceso ..	289
3.2.1.4	Degradación del β -glucano	223	3.4.1.4	Esterilización del mosto	289
3.2.1.5	Degradación de sustancias proteicas.....	227	3.4.1.5	Destrucción de todas las enzimas ..	289
3.2.1.6	Conversiones de ácidos grasos (lípidos)	228	3.4.1.6	Carga térmica del mosto (Valor TBI).....	290
3.2.1.7	Otros procesos de degradación y disolución	230	3.4.1.7	Reducción del valor del pH en el mosto	290
3.2.1.8	Acidificación biológica	231	3.4.1.8	Formación de sustancias reductoras (reductonas)	291
3.2.1.9	Composición del extracto	234	3.4.1.9	Evaporación de sustancias aromáticas volátiles	291
3.2.1.10	Conclusiones aplicables al proceso de maceración	234	3.4.1.10	Contenido de zinc del mosto	293
3.2.2	Recipientes para la maceración ..	236	3.4.1.11	Mosto de paila llena	293
3.2.2.1	Recipientes de maceración	236	3.4.2	Diseño y calentamiento de la paila de hervor de mosto.....	294
3.2.3	Proceso de mezcla	240	3.4.2.1	Pailas de hervor con calentamiento directo	294
3.2.3.1	Guía de agua de maceración (colada)	240	3.4.2.2	Paila de hervor con calentamiento con vapor	294
3.2.3.2	Temperatura de inicio de mezcla ..	240	3.4.2.3	Pailas de hervor a baja presión ...	297
3.2.3.3	Mezcla del agua con la malta molida	242	3.4.2.4	Hervor de mosto a alta temperatura	305
3.2.4	Proceso de maceración	244	3.4.2.5	Sistemas de hervor de mosto con ahorro de energía	306
3.2.4.1	Puntos a tener en cuenta al realizar el proceso de maceración	244	3.4.2.6	Sistemas modernos de hervor de mosto	308
3.2.4.2	Procedimiento de infusión	247	3.4.2.7	Consumo de energía durante el hervor de mosto	318
3.2.4.3	Procedimiento por decocción	249	3.4.2.8	Enfriador de vahos.....	321
3.2.5	Duración del proceso de maceración.....	261			
3.2.6	Comprobación la mezcla	261			
3.2.7	Intensidad de maceración	261			
3.3	Filtración del mosto	262			
3.3.1	Filtración principal y agua de lavado	262			
3.3.2	Última agua (weak wort)	263			
3.3.3	Filtrado con la cuba de filtración ..	265			
3.3.3.1	Construcción de la cuba de filtración	265			

3.4.2.9	Tanque de espera (tanque de almacenamiento de mosto)	322	3.8.3.3	Realización de la clarificación del mosto en el whirlpool	345
3.4.3	Realización del hervor de mosto	322	3.8.3.4	Clarificación mediante el Clarisaver (Meura S.A., Peruwelz/B).....	347
3.4.3.1	Hervor de mosto	322	3.8.4	Separadores	347
3.4.3.2	Dosificación de lúpulo	323	3.8.4.1	Principio de la centrifugación	347
3.4.4	Controles del mosto terminado .	327	3.8.4.2	Tipos de separadores centrífugos (centrífugas)	348
3.5	Rendimiento de la sala de cocimiento	328	3.8.4.3	Construcción y modo de funcionamiento de las centrífugas de autodescarga	348
3.5.1	Cálculo del rendimiento de la sala de cocimiento	328	3.8.4.4	Separación de mosto caliente.....	351
3.5.1.1	Determinación del porcentaje de masa (Ma-%).....	328	3.8.5	Recuperación del mosto turbio ..	351
3.5.1.2	Determinación de la masa de extracto por 1 hl de mosto	329	3.9	Enfriamiento y clarificación del mosto	351
3.5.1.3	Conversión del volumen del mosto caliente en el del mosto frío	335	3.9.1	Procesos de enfriamiento	352
3.5.1.4	Cálculo de la cantidad de extracto obtenida en la sala de cocimiento	335	3.9.1.1	Enfriamiento del mosto	352
3.5.1.5	Determinación del rendimiento de la sala de cocimiento	336	3.9.1.2	Formación y eliminación óptima del trub frío	352
3.5.2	Influencia en el rendimiento de la sala de cocimiento	336	3.9.1.3	Cambios en la concentración del mosto	352
3.5.3	Evaluación del rendimiento de la sala de cocimiento	337	3.9.2	Dispositivos para enfriar el mosto	353
3.6	Equipamiento de la sala de cocimiento	337	3.9.2.1	Construcción del intercambiador de calor de placas	353
3.6.1	Número e instalación de los recipientes	337	3.9.2.2	Modo de funcionamiento del intercambiador de calor de placas .	355
3.6.2	Tamaño del recipiente	338	3.9.2.3	Ventajas del intercambiador de placas	356
3.6.3	Material del recipiente	339	3.9.3	Puntos básicos y aplicación de la aireación del mosto	357
3.6.4	Capacidad de producción de la sala de cocimiento	339	3.9.3.1	Proceso de aireación del mosto .	357
3.6.5	Equipos de cocimiento de tipo especial	340	3.9.3.2	Tiempo de aireación de la levadura	359
3.6.5.1	Equipos de cocimiento de pub breweries o cervecerías de restaurante	340	3.9.4	Dispositivos para la eliminación del trub frío	359
3.6.5.2	Equipo de cocimiento integral ...	341	3.9.5	Líneas de enfriamiento de mosto	359
3.6.5.3	Salas de cocimiento experimentales y educativas	341	3.10	Producción continua de mosto	359
3.7	Bombeo de mosto	342	3.11	Seguridad laboral en la elaboración de mosto	361
3.8	Retiro del trub caliente	342	3.11.1	Prevención de accidentes en la zona del molino	361
3.8.1	"Nave" de enfriamiento (Kühlschiff)	342	3.11.2	Prevención de accidentes al trabajar en recipientes de elaboración de mosto	362
3.8.2	Cuba de sedimentación	343	3.11.3	Prevención de accidentes al trabajar con centrífugas	362
3.8.3	Whirlpool	343	4	Elaboración de cerveza	365
3.8.3.1	Funcionamiento del whirlpool ...	343	4.1	Transformaciones durante la fermentación y la maduración	365
3.8.3.2	Diseño y construcción del Whirlpool	344	4.1.1	La levadura como el socio más importante del cervecero	366

4.1.2	Metabolismo de la levadura	367	4.3	Fermentación y maduración clásicas	401
4.1.2.1	Fermentación de los azúcares	367	4.3.1	Cubas de fermentación – instalación de la cava de fermentación abierta	401
4.1.2.2	Metabolismo protéico	372	4.3.1.1	Cubas de fermentación	401
4.1.2.3	Metabolismo de grasas	373	4.3.1.2	Instalación de la cava de fermentación abierta	402
4.1.2.4	Metabolismo de los carbohidratos	374	4.3.2	Rendimiento de la cava de fermentación	404
4.1.2.5	Metabolismo de minerales	375	4.3.3	Realización de una fermentación principal abierta	405
4.1.3	Formación y degradación de los subproductos de fermentación ..	376	4.3.3.1	Inoculación de la levadura (Anstellten)	405
4.1.3.1	Diacetilo (dicetonas vecinales) ...	377	4.3.3.2	Etapas de la fermentación	407
4.1.3.2	Aldehídos (carbonilos)	380	4.3.3.3	Grado de fermentación (grado de atenuación).....	409
4.1.3.3	Alcoholes superiores	380	4.3.3.4	Trasiego del recipiente	412
4.1.3.4	Ésteres.....	381	4.3.4	Cosecha de levadura en la cava de fermentación	414
4.1.3.5	Compuestos azufrados	382	4.3.5	Procesos durante la maduración de la cerveza en tanques convencionales	414
4.1.3.6	Ácidos orgánicos	383	4.3.5.1	Saturación de la cerveza con dióxido de carbono bajo contrapresión ..	414
4.1.3.7	Criterios de evaluación de las sustancias aromáticas en la cerveza (según Miedaner)	383	4.3.5.2	Aclarado la cerveza	415
4.1.4	Otros procesos y conversiones ...	385	4.3.6	Instalaciones de la cava de maduración convencional	416
4.1.4.1	Cambios en la composición de las proteínas	385	4.3.6.1	Equipamiento de la cava de maduración	416
4.1.4.2	Reducción del pH	385	4.3.6.2	Tanques de maduración	416
4.1.4.3	Cambio de las relaciones redox en la cerveza	386	4.3.7	Realización la maduración en tanques convencionales	418
4.1.4.4	Cambio del color de la cerveza ..	386	4.3.7.1	Trasiego	418
4.1.4.5	Secreción de sustancias amargas y taninos	386	4.3.7.2	Carbonatación por control de contrapresión (Spunden)	419
4.1.4.6	Contenido de CO ₂ de la cerveza .	387	4.3.8	Conexión del tanque	420
4.1.4.7	Clarificación y coloides. Estabilización de la cerveza	387	4.3.8.1	Realización de la conexión	420
4.1.5	Efectos de diversos factores sobre la levadura	387	4.3.8.2	Presión al conectar y vaciar	420
4.1.6	Floculación de la levadura (formación de flóculos)	389	4.3.9	Vaciado de los tanques convencionales	421
4.1.7	Degeneración de la levadura	390	4.3.9.1	Caballote mezclador (Verschneidbock)	421
4.1.8	Estado fisiológico de la levadura ..	390	4.3.9.2	Regulador de presión	421
4.2	Propagación de cepas de levadura puras.....	391	4.3.9.3	Recuperación de la cerveza de la levadura	422
4.2.1	Fundamentos de la propagación de la levadura	391	4.3.9.4	Enfriamiento de la cerveza	422
4.2.2	Obtención de células de levadura idóneas	392	4.3.9.5	Empujes (pre- y post-corridas) ...	422
4.2.3	Preparación en el laboratorio	392	4.4	Fermentación y maduración en tanques cilindro cónicos (TCC) 422	
4.2.4	Manejo de levadura en la producción	393	4.4.1	Construcción e instalación de tanques cilindro-cónicos (TCC) ..	422
4.2.4.1	Sistemas de propagación de levaduras	394			
4.2.4.2	Gestión optimizada de la levadura según Back	397			
4.2.4.3	Método de propagación en un solo tanque según Wackerbauer	398			
4.2.4.4	Gestión de levadura abierta	399			

4.4.1.1	Construcción, geometría y material de los TCC	422	4.5	Filtración de la cerveza	462
4.4.1.2	Orden de magnitud de los TCC ...	423	4.5.1	Opciones de filtración	463
4.4.1.3	Instalación y disposición del TCC ..	425	4.5.1.1	Mecanismos de separación	463
4.4.2	Equipamiento de los tanques cilindro-cónicos	427	4.5.1.2	Soporte del medio filtrante.....	464
4.4.2.1	Elementos de mando y control y accesorios de seguridad.....	427	4.5.1.3	Productos auxiliares de filtración ..	465
4.4.2.2	Enfriamiento del TCC	434	4.5.2	Diseño de filtros de cerveza.....	468
4.4.2.3	Opciones para controlar y automatizar el sistema de enfriamiento	441	4.5.2.1	Filtro de masa	468
4.4.3	Realización de la fermentación y maduración en TCC.....	442	4.5.2.2	Filtros de precapa	468
4.4.3.1	Aspectos especiales de la fermentación y maduración en TCC	444	4.5.2.3	Filtro de capas (filtro de placas) ..	483
4.4.3.2	Fermentación en frío – Maduración en frío	447	4.5.2.4	Filtros de membrana	483
4.4.3.3	Fermentación en frío con foco en maduración en el TCC	448	4.5.2.5	Sistema multi-micro	485
4.4.3.4	Fermentación en caliente sin contrapresión – Maduración en frío	448	4.5.2.6	Zonas de filtración	486
4.4.3.5	Fermentación bajo contrapresión ..	448	4.5.2.7	Filtración de cerveza sin Kieselgur	486
4.4.3.6	Fermentación en frío - Maduración en caliente	449	4.6	Conservación de la cerveza.....	493
4.4.3.7	Fermentación primaria en frío con maduración programada	450	4.6.1	Conservación biológica de la cerveza	493
4.4.3.8	Fermentación primaria en caliente con maduración forzada por el método de un tanque.....	450	4.6.1.1	Pasteurización	494
4.4.4	Cosecha de levadura del TCC	450	4.6.1.2	Pasteurización flash (pasteurización instantánea)	494
4.4.4.1	Momento de la cosecha de levadura	451	4.6.1.3	Llenado en caliente de cerveza ..	496
4.4.4.2	Métodos de cosecha de levadura .	452	4.6.1.4	Pasteurización túnel pasteurizador	496
4.4.4.3	Manejo y almacenamiento de la levadura de cosecha	453	4.6.1.5	Tratamiento aséptico en frío de la cerveza	497
4.4.5	Calidad de la cerveza antes de la filtración	456	4.6.2	Estabilización coloidal de la cerveza	498
4.4.6	Recuperación de cerveza a partir de levadura excedente	456	4.6.2.1	Carácter de las turbiedades coloidales	498
4.4.6.1	Separación por sedimentación o filtros prensa	456	4.6.2.2	Mejorar la estabilidad coloidal de la cerveza	499
4.4.6.2	Centrifugación de levadura	456	4.6.2.3	Medidas tecnológicas para mejorar la estabilidad coloidal	499
4.4.6.3	Recuperación de la cerveza mediante un decanter	457	4.6.2.4	Dosificación de agentes estabilizadores	500
4.4.6.4	Filtración de levadura por membrana	458	4.6.2.5	Dosificación de productos pre-isomerizados des lúpulo (lúpulos downstream)	508
4.4.6.5	Tratamiento de cerveza a partir de levadura excedente (cerveza de levadura)	458	4.6.3	Sistema de filtración	508
4.4.7	Recuperación de CO ₂	459	4.6.4	Estabilidad del sabor	510
4.4.8	Levaduras inmovilizadas	461	4.6.4.1	Proceso de envejecimiento	510
			4.6.4.2	Factores que favorecen la estabilidad organoléptica	512
			4.6.4.3	Medidas para evitar el ingreso de oxígeno en la línea de filtración y de llenado	513
			4.6.4.4	Medidas para evitar influencias negativas en la estabilidad organoléptica tras el llenado	514
			4.7	Carbonatación de la cerveza .	516
			4.8	Procesos especiales para la elaboración de cerveza	516

4.8.1	Elaboración de cervezas concentradas (HGB)	517	5.1.4	Llenado de botellas	565
4.8.2	Elaboración de Eisbier	520	5.1.4.1	Principios de llenado	565
4.8.3	Procedimiento para retirar el alcohol	521	5.1.4.2	Diseño básico de las llenadoras de botellas	567
4.8.3.1	Proceso de separación por membrana	521	5.1.4.3	Montajes principales de las máquinas de llenado de botellas	568
4.8.3.2	Procesos térmicos/destilación ...	525	5.1.4.4	Construcción y función de las válvulas de llenado	571
4.8.3.3	Supresión de la formación de alcohol (proceso biológico).....	529	5.1.4.5	Inyección a alta presión– eliminar texto, dejar solamente (HDE).....	582
4.9	Prevención de accidentes durante la fermentación, maduración y filtración	531	5.1.5	Taponadora de botellas	584
4.9.1	Peligros de accidente debidos al dióxido de carbono de fermentación	531	5.1.5.1	Taponadora con tapas corona....	584
4.9.2	Trabajo en contenedores presurizados	532	5.1.5.2	Taponadoras de tapas com gancho	588
4.9.3	Manipulación de tierra diatomea (Kieselgur)	533	5.1.6	Limpieza de la llenadora y la taponadora	589
4.9.4	Información general sobre la prevención de accidentes	533	5.1.7	Control de las botellas llenas y tapadas	593
5	Envasado de la cerveza	535	5.1.7.1	Control del nivel de llenado	594
5.1	Llenado en botellas de vidrio retornables	535	5.1.7.2	Oxígeno en el cuello de botella ..	595
5.1.1	Botellas de vidrio retornables	535	5.1.7.3	Inspección completa de las botellas	597
5.1.1.1	Ventajas y desventajas de las botellas de vidrio	535	5.1.8	Pasteurización en botellas	597
5.1.1.2	Producción de botellas de vidrio	535	5.1.8.1	Aspectos básicos de la pasteurización en botellas	597
5.1.1.3	Moldes para botellas	535	5.1.8.2	Ensamblajes esenciales del túnel pasteurizador	598
5.1.1.4	Color de la botella	537	5.1.8.3	Medidas de seguridad durante la pasteurización	600
5.1.1.5	Recubrimiento de superficies	537	5.1.9	Etiquetado de botellas	600
5.1.1.6	Scuffing (rayado).....	537	5.1.9.1	Etiquetas y película	600
5.1.1.7	Mejoramiento de botellas	538	5.1.9.2	Pegamento de etiquetas	602
5.1.1.8	Botellas de vidrio retornables ligeras.....	538	5.1.9.3	Principio básico del etiquetado ..	603
5.1.1.9	Fases del proceso de llenado de botellas de vidrio retornables	538	5.1.9.4	Tipos de etiquetadoras	604
5.1.2	Limpieza de botellas de vidrio retornables	538	5.1.9.5	Plegado del cuello y la cabeza con láminas (encapsulado)	605
5.1.2.1	Clasificación de vacíos	539	5.1.10	Fechado de las etiquetas	606
5.1.2.2	Factores de exposición durante la limpieza de botellas	539	5.2	Particularidades del llenado en botellas de vidrio no retornables (botellas NR)	607
5.1.2.3	Lavadoras de botellas	540	5.2.1	Descarga de botellas de vidrio nuevas	607
5.1.2.4	Solución cáustica de limpieza	554	5.2.2	Enjuagadora (Rinser)	607
5.1.2.5	Trabajos de limpieza y mantenimiento de la lavadora de botellas	558	5.3	Llenado en botellas de PET	608
5.1.2.6	Limpieza (enjuague) de botellas y latas nuevas	558	5.3.1	Botellas de PET	608
5.1.3	Comprobación de las botellas de vidrio retornables limpias	559	5.3.1.1	Propiedades estructurales del PET	608
			5.3.1.2	Propiedades de barrera del PET ..	608
			5.3.1.3	Tecnologías de barrera	609
			5.3.1.4	Importancia del Scavenger	611
			5.3.2	Producción de botellas de PET ...	612
			5.3.2.1	Producción de las preformas	612

5.3.2.2	Estirado y soplado de botellas de PET	612	5.6.3.2	Llenado de los kegs	654
5.3.2.3	Verificación de las botellas de PET producidas	612	5.6.4	Equipos completos para kegs	655
5.3.2.4	Enjuagadora de botellas nuevas (Rinser)	614	5.6.5	Llenado de barriles pequeños y de fiesta	655
5.3.3	Transporte de las botellas de PET ..	614	5.6.6	Llenado de latas grandes	656
5.3.4	Llenado de las botellas de PET ...	614	5.7	Transporte y embalado	657
5.3.5	Taponadora de botellas de PET ..	615	5.7.1	Contenedores de transporte	657
5.3.5.1	Tapas roscadas de plástico	615	5.7.2	Manejo de las cajas de plástico ..	659
5.3.5.2	Tapa roscada de aluminio (cierres roll-on)	618	5.7.2.1	Clasificación de cajas y botellas extrañas y dañadas	659
5.3.6	Etiquetado de botellas de PET	619	5.7.2.2	Lavado de las cajas	660
5.4	Llenado en botellas de plástico retornables	621	5.7.2.3	Depósito de cajas (magazín)	660
5.4.1	PEN / PLA	621	5.7.3	Tecnología del transporte	661
5.4.2	Limpieza de botellas de plástico retornables	621	5.7.3.1	Transporte de botellas y latas	661
5.4.3	Inspección de botellas vacías	621	5.7.3.2	Transporte de envases	664
5.5	Llenado en latas	625	5.7.4	Tecnología de empaques	665
5.5.1	Latas y tapas de latas	625	5.7.4.1	Cabezal de agarre y tulipas de agarre	665
5.5.2	Almacenamiento, depaletizado y desplazamiento de latas vacías	629	5.7.4.2	Tipos de embaladoras	667
5.5.3	Inspección de latas vacías	630	5.7.5	Equipo de paletizado y despaletizado	672
5.5.4	Enjuagadora de latas (Rinser)	630	5.7.5.1	Tecnología robótica	672
5.5.5	Llenado de las latas	630	5.7.5.2	Construcción y funcionamiento del equipo de paletizado y despaletizado	672
5.5.5.1	Llenadoras mecánicas de latas	632	5.7.5.3	Apilado de paletas llenas	675
5.5.5.2	Llenadora de latas con llenado volumétrico	634	5.7.5.4	Sistemas de transporte para paletas	675
5.5.6	Cierre de las latas	641	5.7.5.5	Espacios para paletas	675
5.5.7	Limpieza de la llenadora de latas y de la cerradora	642	5.7.5.6	Dispositivos de entrada y salida ..	675
5.5.8	Widgets	643	5.7.5.7	Almacenes de paletas	676
5.5.9	Inspección de las latas llenas	644	5.7.5.8	Control de paletas	676
5.5.10	Pasteurización de las latas	644	5.7.5.9	Aseguramiento de las paletas	676
5.5.11	Etiquetado envoltorio de latas ..	644	5.7.5.10	Paletización en el proceso de llenado de barriles	676
5.6	Llenado de barriles, barricas de cerveza, barriles para fiestas y latas grandes	646	5.8	Diseño completo de líneas de envasado (layout de líneas)	677
5.6.1	Barriles de madera y llenado de barriles	646	5.9	Merma cervecera	681
5.6.2	Barriles metálicos (Kegs) y espadines de barril (fittings)	649	5.9.1	Cálculo de la cantidad de cerveza de venta producida	682
5.6.2.1	Material, forma y tamaño de los barriles hoy en día	649	5.9.2	Inventario y conversión a cerveza para la venta	682
5.6.2.2	Espadines de barril (fittings)	650	5.9.3	Cálculo de la merma en volumen ..	683
5.6.2.3	Barriles (Kegs) plásticos	652	5.9.4	Cálculo del consumo de malta en kg de malta/hl de cerveza para la venta	684
5.6.3	Lavado y llenado de kegs de metal	653	5.9.5	Importancia de la merma y formas de minimizarla	685
5.6.3.1	Lavado de Kegs: Limpieza externa ..	653			

6	Limpieza y desinfección 687	7.3.2.3	Cerveza tipo Export / Helles..... 728
6.1	Los materiales y su comportamiento frente a los productos de limpieza 688	7.3.2.4	Cervezas negras..... 729
6.1.1	Envases de aluminio 688	7.3.2.5	Cervezas de festividades 729
6.1.2	Recipientes, tuberías y accesorios de acero al cromo-níquel 688	7.3.2.6	Ice Beer..... 729
6.2	Productos de limpieza 692	7.3.2.7	Märzen (Maerzen)..... 729
6.3	Desinfectante 693	7.3.2.8	Cerveza Bock 729
6.4	Realización de la limpieza y desinfección (CIP) 694	7.3.2.9	Doppelbock 730
6.5	Proceso de limpieza 699	7.3.2.10	Cerveza sin alcohol 730
6.6	Limpieza mecánica 701	7.3.2.11	Cerveza baja en carbohidratos .. 731
6.7	Comprobación de la limpieza y la desinfección 701	7.3.2.12	Cerveza ligera (cerveza light) 732
6.8	Seguridad laboral durante la Limpieza y desinfección 701	7.3.2.13	Bebida de malta (Cerveza de malta)..... 733
7	La cerveza terminada..... 703	7.3.2.14	Otras variedades de cervezas..... 733
7.1	Componentes de la cerveza 703	7.3.2.15	Bebidas mezcladas con cerveza .. 734
7.1.1	Componentes de la cerveza 703	7.3.2.16	Hard Seltzer..... 735
7.1.2	Cerveza y salud..... 706	7.3.3	Tendencias en el desarrollo de variedades de cerveza que no cumplen con la ley de pureza alemana 736
7.2	Sabor y espuma 707	7.4	Inspección de calidad 738
7.2.1	Sabor de la cerveza 707	7.4.1	Degustación de la cerveza 738
7.2.1.1	Aroma de la cerveza..... 708	7.4.2	Análisis microbiológicos 740
7.2.1.2	Cuerpo de la cerveza..... 710	7.4.3	Análisis de la cerveza..... 744
7.2.1.3	Rescencia..... 711	7.4.3.1	Determinación del extracto de mosto original..... 744
7.2.1.4	Amargor de la cerveza 711	7.4.3.2	Determinación del color cerveza... 748
7.2.2	Espuma de la cerveza 712	7.4.3.3	Determinación del valor del pH .. 748
7.3	Tipos de cerveza y sus especialidades 715	7.4.3.4	Determinación de la concentración de oxígeno en la cerveza 748
7.3.1.1	Particularidades de la fermentación alta..... 716	7.4.3.5	Determinación de la concentración de diacetilo en la cerveza 750
7.3.1.2	Cerveza de trigo 718	7.4.3.6	Determinación de la estabilidad de la espuma 750
7.3.1.3	Berliner Weiße 723	7.4.3.7	Determinación de la concentración de dióxido de carbono 751
7.3.1.4	Altbier 723	7.4.3.9	Determinación de la tendencia al enturbiamiento 752
7.3.1.5	Kölsch 724	7.4.3.10	Filtrabilidad de la cerveza 753
7.3.1.6	Ale 724	7.4.3.11	Otros análisis 753
7.3.1.7	Stout 725	7.5	Tecnología de medición y análisis de procesos 753
7.3.1.8	Porter 725	7.5.1	Dispositivos de medición de la temperatura 754
7.3.1.9	Cervezas belgas 725	7.5.2	Medidores de flujo (caudalímetros) 754
7.3.2	Cervezas de fermentación baja... 726	7.5.3	Dispositivos de medición de nivel.. 755
7.3.2.1	Cervezas estilo Pilsen 727	7.5.4	Densímetros 755
7.3.2.2	Cervezas tipo Lager (Vollbier) 728	7.5.5	Tecnología óptica de medición en línea 756
		7.5.6	Dispositivos de medición de oxígeno..... 758

7.5.7	Aparatos de medición del valor de pH.....	758	9.2.3.4	Tratamiento de aguas residuales de mezcla y compensación.....	787
7.5.8	Dispositivos de medición de la conductividad	758	9.3	Materiales residuales y desechos.....	789
7.5.9	Sondas de valor límite	758	9.3.1	Bagazo de malta y de lúpulo	789
7.5.10	Manómetros.....	758	9.3.2	Trub	790
8	Cervecerías pequeñas	761	9.3.3	Levadura excedente	791
8.1	Cervecería de restaurante (brewpub)	762	9.3.4	Lodos de tierra diatomea.....	791
8.1.2	Consideraciones para la planificación de una cervecería de restaurante	763	9.3.5	Etiquetas usadas	792
8.2	Microcerveceros	769	9.3.6	Vidrio roto	792
8.3	Cerveceros por contrato (“contract brewer”)	770	9.3.7	Latas de cerveza.....	792
8.4	Cerveceros caseros y aficionados	771	9.3.8	Pequeñas cantidades de desechos	792
8.4.1	El aspecto legal de la elaboración de cerveza artesanal.....	771	9.4	Emisiones.....	792
8.4.2	Adquisición de materias primas..	771	9.4.1	Polvo y emisiones de polvo.....	792
8.4.3	Elaboración de malta a pequeña escala	771	9.4.2	Emisiones de la sala de cocimiento	793
8.4.4	Elaboración de cerveza para cerveceros caseros	773	9.4.3	Emisiones de gases de combustión	793
8.4.4.1	Especificaciones.....	773	9.4.4	Emisiones sonoras.....	793
8.4.4.2	Cálculo de la carga.....	774	9.5	Reciclaje de botellas PET	793
8.4.4.3	Cálculo de la cantidad de agua de mezcla	776	9.5.1	Verificación de los reciclados de PET	795
8.4.4.4	Cálculo de la mezcla total	777	10	Gestión energética en la cervecería y maltería	797
8.4.4.5	Filtración del mosto.....	777	10.1	Necesidades energéticas en la elaboración de cebada malteada y cerveza.....	797
8.4.4.6	Cálculo del agua de lavado posterior.....	778	10.2.1	Combustibles.....	798
8.4.4.7	Hervor del mosto	778	10.2.2	Vapor	799
9	Manejo de desechos y medio ambiente	781	10.2.2.1	Calor de evaporación	800
9.1	Derecho medioambiental.....	782	10.2.2.2	Vapor húmedo.....	800
9.2	Aguas residuales.....	782	10.2.2.3	Vapor sobrecalentado.....	801
9.2.1	Costos de las aguas residuales....	782	10.2.2.4	Agua sobrecalentada	801
9.2.2	Terminología relacionada con las aguas residuales.....	784	10.2.3	Caldera de vapor	801
9.2.3	Tratamiento de aguas residuales ..	785	10.2.3.1	Clasificación de las calderas de vapor	801
9.2.3.1	Plantas de tratamiento aeróbico de aguas residuales.....	785	10.2.3.2	Tipos de calderas de vapor segun su construcción	802
9.2.3.2	Plantas de tratamiento anaeróbico de aguas residuales.....	786	10.2.3.3	Caldera de tres pasos.....	802
9.2.3.3	Cantidad y composición de las aguas residuales de la cervecería...	786	10.2.3.4	Recuperación de energía y mejora de la eficiencia	804
			10.2.4	Máquinas de vapor	805
			10.2.5	Unidades combinadas de calor y electricidad	806
			10.3	Sistemas de refrigeración	808
			10.3.1	Refrigerantes y portadores de refrigerantes.....	808
			10.3.1.1	Refrigerante.....	808
			10.3.1.2	Medio refrigerante.....	809

10.3.1.3	Principio de funcionamiento de la refrigeración.....	809	11	Automatización y planificación de plantas	847
10.3.2	Sistemas de refrigeración por compresión.....	813	11.1	Control y automatización de procesos	847
10.3.2.1	Principio de funcionamiento.....	813	11.2	Planificación del equipamiento de una planta	849
10.3.2.2	Evaporador	814	11.2.1	Introducción	849
10.3.2.3	Compresores	815	11.2.1.1	Consideraciones generales para la planificación de plantas e instalaciones	850
10.3.2.4	Condensador	817	11.2.1.2	Información básica sobre el proceso de planificación de plantas e instalaciones	850
10.3.2.5	Válvula de regulación.....	818	11.2.2	Principios básicos de la planificación de plantas e instalaciones	852
3.10.2.6	Sistema de almacenamiento de agua helada	819	11.2.3	Variantes para la ejecución de la planificación de plantas e instalaciones	854
10.3.3	Sistema de refrigeración por absorción.....	819	11.2.4	Documentación y registros importantes de la planificación de plantas e instalaciones	855
10.3.4	Refrigeración de ambientes y líquidos	820	11.2.4.1	Información general.....	855
10.3.4.1	Refrigeración de las salas convencionales de fermentación y maduración.....	820	11.2.4.2	El esquema del proceso.....	856
10.3.4.2	Sistemas modernos de refrigeración	822	11.2.4.3	Diagrama básico de flujo.....	856
10.3.4.3	Refrigeración de líquidos.....	822	11.2.4.4	El diagrama de flujo de procesos	856
10.3.5	Comentarios acerca del funcionamiento económico de un sistema de refrigeración	825	11.2.4.5	El diagrama de flujo de tuberías e instrumentación	857
10.4	Instalaciones eléctricas.....	826	11.2.4.6	Planos de tuberías y de montaje ..	861
10.4.1	Compra de energía eléctrica	826	11.2.4.7	La descripción de procesos.....	861
10.4.2	Factor de potencia $\cos \varphi$	826	11.2.4.8	Diseño de la documentación de ejecución	862
10.4.3	Conversión de la corriente eléctrica.....	828	11.2.5	Aspectos a considerar en la redacción de contratos.....	863
10.4.4	Medidas de protección.....	829	11.2.6	Puesta en marcha y prueba de rendimiento.....	864
10.4.5	Informaciones sobre el consumo económico de energía eléctrica ..	830	11.2.7	Finalización del proyecto	864
10.4.6	Otras fuentes de energía	830	11.2.8	Documentación del proyecto	865
10.5	Bombas, ventiladores y compresores	831	11.3	Diseño plantas e instalaciones y requerimientos para las mismas.....	866
10.5.1	Bombas	831	11.3.1	Información general.....	866
10.5.1.1	Bombas centrífugas	831	11.3.2	Premisas para la automatización de instalaciones modernas	866
10.5.1.2	Bomba de desplazamiento positivo.....	834	11.3.3	Diseño higiénico de tuberías e instalaciones	866
10.5.1.3	Dimensionamiento de bombas...	838	11.3.4	Exigencias para la seguridad operativa de las plantas e instalaciones.....	867
10.5.1.4	Control de velocidad bombas	838	11.3.4.1	Separación de medios.....	867
10.5.1.5	Sello mecánico.....	839	11.3.4.2	Aseguramiento del sistema contra presiones inadmisibles.....	869
10.5.2	Ventiladores y compresores.....	840	11.3.5	Referencias acerca del diseño de tuberías.....	870
10.5.2.1	Ventilador y soplador	840			
10.5.3	Sistemas de aire comprimido.....	840			
10.5.3.1	Compresores de aire	841			
10.5.3.2	Secador de aire	843			
10.5.3.3	Tanque de presión	845			
10.5.3.4	Red de tuberías de distribución de aire comprimido.....	845			
10.5.3.5	Filtros de aire	845			

11.3.5.1	Informaciones generales	870
11.3.5.2	Conexiones de tuberías	870
11.3.5.3	Instalación de tuberías y diseño de soportes de tuberías.....	872
11.3.5.4	La velocidad del flujo en las tuberías; pérdidas de presión.....	874
11.3.5.5	Medidas contra el golpe de ariete y las vibraciones	875
11.3.5.6	Purga de las tuberías, desalojo del oxígeno.....	877
11.3.5.7	Diseño del aislamiento térmico para tuberías.....	877
11.3.5.8	Diseño de las salidas de las tuberías	878
11.3.5.9	Aseguramiento de las tuberías contra congelamiento y obstrucciones.....	878
11.3.5.10	Espacios muertos en las tuberías	879
11.3.5.11	Tuberías de vapor	879
11.3.6	Referencias sobre las conexiones de las tuberías, el uso de accesorios y la toma de muestras	879
11.3.6.1	Información general.....	879
11.3.6.2	La técnica de conexión manual ..	880
11.3.6.3	Tuberías fijas.....	880
11.3.6.4	Válvulas y accesorios para tuberías y elementos de equipos.....	881
11.3.6.5	Válvulas de muestreo	882
11.3.6.6	Diseño y tipos de válvulas	883
11.3.7	Información sobre el diseño y el funcionamiento de las estaciones CIP Requerimientos para la limpieza y desinfección automáticas	886
11.3.8	Informaciones sobre el almacenamiento de productos químicos.....	888
11.3.9	Información sobre el acabado superficial de los equipos	888
	Lista de abreviaturas	891
	Lista de anunciantes.....	892
	Sustancias relevantes en relación con el envejecimiento de la cerveza	893
	Variabes medidas y conversiones	894
	Referencias a las ilustraciones y documentación utilizados	897
	Bibliografía	900
	Índice de materias.....	910