

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO**

**FACULTAD CIENCIAS Y TECNOLOGIA**

**CARRERA INGENIERIA DE ALIMENTOS**



**OBTENCIÓN DE HARINA A PARTIR DE BAGAZO CERVECERO  
MEDIANTE PROCESO DE DESHIDRATADO POR AIRE CALIENTE**

**POR:**

**JESÚS RODRIGO FLORES FERRANO**

Trabajo final de grado presentado a consideración de la Universidad Autónoma “Juan Misael Saracho”, como requisito para optar el grado académico de licenciatura en Ingeniería de Alimentos

**SEMESTRE II – 2023**

**TARIJA – BOLIVIA**

### **DEDICATORIA:**

El presente trabajo de investigación va dedicado principalmente:

A Dios, quien ha sido mi guía constante, mi fuente de fortaleza y sabiduría en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados.

A mis padres; Lucy Ferrano y Rolando Flores por ser los pilares más importantes en mi vida, por su amor, trabajo y sacrificio incondicional en todos estos años, gracias a ellos he logrado salir adelante

A mis hermanos: Milagros y Daniel agradecer el apoyo moral y que dios los guie en sus objetivos, decirles que “si los puedes soñar lo puedes hacer”.

A mi familia y amigos; por el apoyo que siempre me brindaron día a día en el transcurso de cada año de mi carrera universitaria en especial a mis tíos Ismael Ferrano y Oswaldo Ferrano.

## ÍNDICE

### CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN

1.1	Antecedentes.....	1
1.2	Justificación.....	2
1.3	Objetivos.....	3
1.3.1	Objetivo general.....	3
1.3.2	Objetivos específicos.....	3
1.4	Objeto de estudio.....	4
1.5	Campo de acción.....	4
1.6	Planteamiento del problema.....	5
1.7	Formulación del problema.....	5
1.8	Hipótesis.....	5

### CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

2.1	Origen del bagazo cervecero.....	6
2.2	Definición del bagazo cervecero.....	6
2.2.1	Normas y regulaciones sobre el bagazo cervecero para uso alimentario.....	6
2.2.2	Valorización del bagazo cervecero.....	7
2.3	Etapas del proceso de producción de cerveza.....	8
2.3.1	Datos de producción de bagazo cervecero.....	9
2.4	Clasificación del bagazo cervecero según sus características y usos	10
2.5	Estudios realizados al bagazo cervecero para su aprovechamiento...	10
2.6	Composición del bagazo cervecero.....	11
2.6.1	Factores principales a considerar para almacenar el bagazo cervecero.....	12
2.6.2	Composición química del bagazo cervecero.....	13
2.7	Clasificación de la harina.....	13
2.8	Aplicaciones y usos de harina de bagazo cervecero.....	14
2.9	Propiedades nutricionales de la harina de bagazo cervecero.....	15
2.9.1	Características fisicoquímicas de la harina de bagazo cervecero.....	15
2.9.2	Características microbiológicas de la harina de bagazo cervecero...	16
2.10	Proceso de deshidratado de alimentos.....	16
2.11	Proceso de deshidratado del bagazo cervecero.....	16
2.11.1	Deshidratado por aire caliente.....	17

2.11.2	Tipos de secadores.....	17
2.11.2.1	Secador de bandejas con aire caliente.....	18
2.12	Cinética de secado.....	18
2.12.1	Curvas de secado.....	20
2.13	Factores que influyen en el proceso de secado.....	21
2.13.1	Temperatura de bulbo seco.....	21
2.13.2	Temperatura bulbo húmedo.....	21
2.13.3	Temperatura de saturación o punto de rocío.....	22
2.13.4	Naturaleza del alimento.....	22
2.13.5	Área de superficie del alimento.....	22
2.13.6	Velocidad de secado.....	23
2.14	Caracterización del alimento.....	23
2.14.1	Actividad de agua en los alimentos.....	23
2.14.1.1	Contenido de humedad.....	24
2.14.1.2	Contenido de humedad en base húmeda.....	24
2.14.1.3	Contenido de humedad en base seca.....	24
2.14.1.4	Contenido de humedad en equilibrio.....	24
2.14.1.5	Contenido de humedad libre.....	25
2.14.1.6	Contenido de humedad ligada.....	25
2.14.1.7	Contenido de humedad no ligada.....	25
2.14.1.8	Contenido de humedad crítica.....	25
2.14.1.9	Contenido de humedad de saturación.....	26
2.14.2	Movimiento de solutos.....	26
2.14.3	Densidad y porosidad.....	26
2.14.4	Retracción del alimento.....	27
2.14.5	Formación de la costra.....	27
2.15	Molienda.....	27
2.15.1	Molino de martillos.....	27
2.16	Factores que influyen en la molienda.....	28
2.16.1	Dureza.....	28
2.16.2	Contenido de humedad.....	28
2.17	Tamizado.....	28
2.18	Descripción de los tratamientos empleados para desodorizar el bagazo cervecero.....	29
2.18.1	Tratamiento químico.....	29
2.18.2	Tratamiento térmico.....	30
2.18.3	Tratamiento de enjuagado con agua.....	30

### **CAPÍTULO III METODOLOGÍA EXPERIMENTAL**

3.1	Desarrollo de la parte experimental.....	31
3.2	Tipo de intervención experimental.....	31
3.3	Tipo de investigación.....	32
3.4	Paradigma investigativo.....	32
3.4.1	Paradigma positivista.....	32
3.5	Enfoque de investigación.....	33
3.6	Métodos, técnicas e instrumentos.....	33
3.6.1	Análisis fisicoquímicos y microbiológicos del bagazo cervecero....	34
3.6.2	Análisis físicos del bagazo cervecero.....	34
3.6.3	Análisis fisicoquímicos y microbiológicos de la harina de bagazo cervecero.....	35
3.7	Equipos, instrumentos de laboratorio, materiales de laboratorio y utensilios de cocina utilizados en el proceso de deshidratado.....	36
3.7.1	Equipos.....	36
3.7.2	Instrumentos de laboratorio.....	36
3.7.3	Material de laboratorio.....	37
3.7.4	Utensilios de cocina.....	37
3.8	Aditivo de uso alimentario.....	38
3.9	Diagrama de flujo del proceso de obtención de harina a partir de bagazo cervecero tipo summer.....	38
3.9.1	Descripción del diagrama de flujo del proceso de obtención de harina a partir de bagazo cervecero tipo summer.....	39
3.10	Evaluación sensorial para las harinas obtenidas a partir de bagazo cervecero mediante el proceso de sacado por aire caliente.....	44
3.11	Diseño experimental.....	44
3.11.1	Diseño factorial $2^3$ .....	45
3.11.2	Diseño experimental en el proceso de deshidratado para las muestras de bagazo cervecero.....	46
3.12	Operacionalización de variables para la obtención de harina de bagazo cervecero mediante el proceso de deshidratado por aire caliente.....	47

### **CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIONES**

4.1	Caracterización del bagazo cervecero tipo porter y summer.....	49
-----	--	----

4.1.1	Composición de cereales en el bagazo cervecero tipo porter y summer.....	49
4.1.2.1	Análisis fisicoquímicos del bagazo cervecero tipo porter.....	49
4.1.2.2	Análisis microbiológicos del bagazo cervecero tipo porter.....	50
4.1.2.3	Análisis fisicoquímicos del bagazo cervecero tipo summer.....	51
4.1.2.4	Análisis microbiológicos del bagazo cervecero tipo summer.....	51
4.2	Caracterización de las variables para la obtención de harina de bagazo cervecero.....	52
4.2.1	Propiedades físicas en muestras secas de bagazo cervecero tipo summer.....	52
4.2.2	Pruebas preliminares de deshidratado del bagazo cervecero summer.....	54
4.2.2.1	Deshidratado del bagazo cervecero sin prensar para el (ensayo 1)..	56
4.2.2.2	Deshidratado del bagazo cervecero prensando para el (ensayo 2)..	57
4.2.2.3	Deshidratado de bagazo cervecero con solución de bicarbonato de sodio para el (ensayo 3).....	62
4.2.2.4	Estadístico de caja y bigote con tratamiento en solución de bicarbonato de sodio del (ensayo 3).....	64
4.2.2.5	Estadístico de Tukey para el atributo color en las muestras de harina del (ensayo 3).....	65
4.2.2.6	Estadístico de Tukey para el atributo apariencia en las muestras de harina del (ensayo 3).....	65
4.2.2.7	Estadístico de Tukey para el atributo aroma en las muestras de harina del (ensayo 3).....	66
4.2.2.8	Deshidratado de bagazo cervecero con tratamiento de escaldado del (ensayo 4).....	66
4.2.2.9	Estadístico de caja y bigote variando la temperatura de escaldado del (ensayo 4).....	69
4.2.2.10	Estadístico de Tukey para el atributo color en las muestras de harina del (ensayo 4).....	70
4.2.2.11	Estadístico de Tukey para el atributo apariencia en las muestras de harina del (ensayo 4).....	70
4.2.2.12	Estadístico de Tukey para el atributo aroma en las muestras de harina del (ensayo 4).....	71
4.2.2.13	Deshidratado de bagazo cervecero enjuagando con agua filtrada del (ensayo 5).....	71
4.2.2.14	Estadístico de caja y bigote enjugando con agua filtrada (ensayo 5)..	74
4.2.2.15	Estadístico de Tukey para el atributo color en las muestras de harina del (ensayo 5).....	75

4.2.2.16	Estadístico de Tukey para el atributo apariencia en las muestras de harina del (ensayo 5).....	75
4.2.2.17	Estadístico de Tukey para el atributo aroma en las muestras de harina del (ensayo 5).....	76
4.3	Deshidratado de bagazo cervecero a partir de las muestras ideales y sin tratamiento de desodorización.....	77
4.3.1	Estadístico de caja y bigote de las harinas con y sin tratamiento de desodorizado.....	80
4.3.2	Estadístico de Tukey para el atributo color en las muestras de harina con y sin tratamiento.....	81
4.3.3	Estadístico de Tukey para el atributo apariencia en las muestras de harina con y sin tratamiento.....	81
4.3.4	Estadístico de Tukey para el atributo aroma en las muestras de harina con y sin tratamiento.....	82
4.4	Diseño experimental en el proceso de deshidratado del bagazo cervecero.....	83
4.4.1	Diseño factorial $2^3$ en el proceso de deshidratado del bagazo cervecero en base a la muestra ideal.....	83
4.4.1.1	Análisis de varianza del diseño factorial para las muestras de bagazo cervecero.....	83
4.4.1.2	Coefficiente de regresión para el contenido de humedad en base seca de las muestras de bagazo cervecero.....	87
4.4.1.3	Optimización de respuesta del diseño factorial $2^3$ en el proceso de deshidratado.....	88
4.5	Influencia de las variables sobre el contenido de humedad en el proceso de deshidratado de las muestras de bagazo cervecero.....	89
4.5.1	Variación del contenido de humedad con la temperatura A12 (55,0 - 65,0) °C: B1 = 4,0 m/s vs C1 = 120,0 kg/cm <sup>2</sup> .....	90
4.5.2	Variación del contenido de humedad con la temperatura A12 (55,0 - 65,0) °C: B2 = 6,0 m/s vs C1 = 120,0 kg/cm <sup>2</sup> .....	91
4.5.3	Variación del contenido de humedad con la temperatura A12 (55,0 - 65,0) °C: B1 = 4,0 m/s vs C2 = 140,0 kg/cm <sup>2</sup> .....	92
4.5.4	Variación del contenido de humedad con la temperatura A12 (55,0 - 65,0) °C: B2 = 6,0 m/s vs C2 = 140,0 kg/cm <sup>2</sup> .....	93
4.5.5	Variación del contenido de humedad con velocidad del aire B12 (4,0 - 6,0) m/s: A1 (55,0 °C) vs C1 (120,0 kg/cm <sup>2</sup> ).....	94
4.5.6	Variación del contenido de humedad con velocidad del aire B12 (4,0 - 6,0) m/s: A2 (65,0 °C) vs C1 (120,0 kg/cm <sup>2</sup> ).....	95

4.5.7	Variación del contenido de humedad con velocidad del aire B12 (4,0 - 6,0) m/s: A1 (55,0 °C) vs C2 (140,0 kg/cm <sup>2</sup> ).....	96
4.5.8	Variación del contenido de humedad con velocidad del aire B12 (4,0 - 6,0) m/s: A2 (65,0 °C) vs C2 (140,0 kg/cm <sup>2</sup> ).....	97
4.5.9	Variación del contenido de humedad con la presión C12 (120,0 - 140,0) kg/cm <sup>2</sup> : A1 (55,0 °C) vs B1 (4,0 m/s).....	98
4.5.10	Variación del contenido de humedad con la presión C12 (120,0 - 140,0) kg/cm <sup>2</sup> : A2 (65,0 °C) vs B1 (4,0 m/s).....	99
4.5.11	Variación del contenido de humedad con la presión C12 (120,0 - 140,0) kg/cm <sup>2</sup> : A1 (55,0 °C) vs B2 (6,0 m/s).....	100
4.5.12	Variación del contenido de humedad con la presión C12 (120,0 - 140,0) kg/cm <sup>2</sup> : A2 (65,0 °C) vs B2 (6,0 m/s).....	101
4.5	Cinética de deshidratado para el proceso de deshidratado del bagazo cervecero.....	102
4.6	Caracterización de la harina de bagazo cervecero.....	105
4.6.1	Análisis fisicoquímico de la harina de bagazo cervecero.....	105
4.6.2	Análisis microbiológicos de la harina de bagazo cervecero.....	106
4.6.3	Análisis de micronutrientes de la harina de bagazo cervecero.....	106
4.7	Control de la harina de bagazo cervecero en el almacenamiento.....	107
4.8	Balance de materia en el proceso de obtención de harina de bagazo cervecero.....	109
4.8.1	Balance general de materia en la etapa de enjuagado.....	111
4.8.2	Balance general de materia en la etapa de prensado.....	112
4.8.3	Balance general de materia en la etapa de deshidratado.....	114
4.8.4	Balance general de materia general en la etapa de molienda.....	118
4.8.5	Balance general de materia en la etapa de tamizado.....	119
4.9	Resumen general del balance de materia en el proceso de obtención de harina de bagazo cervecero.....	121
4.10	Balance de energía para la obtención de harina de bagazo cervecero.....	121
4.10.1	Balance de energía en el proceso de deshidratado.....	121
4.10.2	Balance de energía en la etapa de molienda.....	129
4.10.3	Balance de energía en la etapa del tamizado.....	130
4.10.4	Balance de energía para determinar la cantidad de calor total necesario en la obtención de harina de bagazo cervecero.....	130
4.11	Aplicación de la harina de bagazo cervecero.....	131
4.11.1	Pruebas preliminares para la elaboración de pan tipo hamburguesa incorporando harina de bagazo cervecero.....	131

4.11.2	Variación porcentual en la formulación de las pruebas preliminares para la elaboración de pan tipo hamburguesa.....	131
4.11.3	Estadístico de caja y bigote para pruebas preliminares para la elaboración de pan.....	132
4.12	Análisis fisicoquímicos y minerales del pan con harina de bagazo cervecero.....	133
4.12.1	Análisis fisicoquímicos del pan con harina de bagazo cervecero.....	133
4.12.2	Análisis de micronutrientes del pan con harina de bagazo cervecero.....	134

## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

5.1	Conclusiones.....	135
5.2	Recomendaciones.....	137

### **BIBLIOGRAFÍA**

### **ANEXOS**

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1	Composición química del bagazo cervecero.....	13
Tabla 2.2	Características fisicoquímicas de la harina de bagazo cervecero.....	15
Tabla 2.3	Características microbiológicas de la harina de bagazo cervecero.....	16
Tabla 2.4	Abertura de la serie de tamices UNE y su equivalencia correspondiente de la serie ASTM.....	29
Tabla 3.1	Aditivo de uso alimentario.....	38
Tabla 3.2	Niveles de variación aplicado en el proceso de deshidratado por aire caliente.....	46
Tabla 3.3	Matriz de variables a ser aplicado en el proceso de deshidratado por aire caliente.....	47
Tabla 3.4	Operacionalización de variables para obtener harina de bagazo cervecero.....	48
Tabla 4.1	Análisis fisicoquímicos del bagazo cervecero tipo porter.....	50
Tabla 4.2	Análisis microbiológico del bagazo cervecero tipo porter.....	50
Tabla 4.3	Análisis fisicoquímicos del bagazo cervecero tipo summer....	51
Tabla 4.4	Análisis microbiológico del bagazo tipo summer.....	51
Tabla 4.5	Clasificación granulométrica bagazo cervecero tipo summer...	53
Tabla 4.6	Variación del contenido de humedad en base seca para el ensayo 1.....	56
Tabla 4.7	Variación del contenido de humedad en base seca para el ensayo 2.....	58
Tabla 4.8	Porcentaje retenido de bagazo cervecero molido en tamices....	60
Tabla 4.9	Variación del contenido de humedad en base seca para el ensayo 3.....	62
Tabla 4.10	Estadístico Tukey para el atributo color.....	65
Tabla 4.11	Estadístico Tukey para el atributo apariencia.....	65
Tabla 4.12	Estadístico Tukey para el atributo aroma.....	66
Tabla 4.13	Variación del contenido de humedad en base seca para el ensayo 4.....	67
Tabla 4.14	Estadístico Tukey para el atributo color.....	70
Tabla 4.15	Estadístico Tukey para el atributo apariencia.....	70
Tabla 4.16	Estadístico Tukey para el atributo aroma.....	71
Tabla 4.17	Variación del contenido de humedad en base seca para el ensayo 5.....	72
Tabla 4.18	Estadístico Tukey para el atributo color.....	75

Tabla 4.19	Estadístico Tukey para el atributo apariencia.....	75
Tabla 4.20	Estadístico Tukey para el atributo aroma.....	76
Tabla 4.21	Variación del contenido de humedad en base seca de la muestra en solución de bicarbonato de sodio y escaldado.....	77
Tabla 4.22	Variación del contenido de humedad en base seca de la muestra enjuagando con agua filtrada y sin tratamiento.....	78
Tabla 4.23	Estadístico Tukey para el atributo color.....	81
Tabla 4.24	Estadístico Tukey para el atributo apariencia.....	82
Tabla 4.25	Estadístico Tukey para el atributo aroma.....	82
Tabla 4.26	Contenido de humedad en base seca de muestras de bagazo cervecero en función de las variables controladas.....	83
Tabla 4.27	Análisis de varianza para la variable respuesta contenido de humedad en base seca.....	84
Tabla 4.28	Variables tomadas en cuenta en el deshidratado de las muestras de bagazo.....	88
Tabla 4.29	Valores óptimos para minimizar el contenido de humedad.....	88
Tabla 4.30	Influencia de las variables sobre el contenido de humedad en base seca.....	89
Tabla 4.31	Variación del contenido de humedad y velocidad de deshidratado del bagazo cervecero.....	103
Tabla 4.32	Análisis fisicoquímicos de la harina de bagazo cervecero.....	105
Tabla 4.33	Análisis microbiológico de la harina de bagazo cervecero.....	106
Tabla 4.34	Análisis de micronutrientes de la harina de bagazo cervecero.....	107
Tabla 4.35	Control de la harina de bagazo cervecero en el almacenamiento.....	107
Tabla 4.36	Propiedades Psicométricas del aire.....	117
Tabla 4.37	Datos de la composición fisicoquímica del bagazo cervecero.....	128
Tabla 4.38	Datos de la composición fisicoquímica de la harina de bagazo cervecero.....	129

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1	Normas de procesamiento y manipulación bagazo cervecero...	7
Figura 2.2	Proceso de obtención de cerveza.....	8
Figura 2.3	Clasificación del bagazo cervecero según sus características y usos.....	10
Figura 2.4	Clasificación de la harina según el contenido de proteínas.....	14

Figura 2.5	Tipos de deshidratadores.....	17
Figura 2.6	Deshidratador de bandejas.....	18
Figura 2.7	Cinética de deshidratado.....	19
Figura 2.8	Etapas de deshidratado de un alimento por aire caliente.....	20
Figura 3.1	Métodos y técnicas para los análisis fisicoquímicos y microbiológicos del bagazo cervecero.....	34
Figura 3.2	Métodos y técnicas para el análisis físico del bagazo cervecero.	35
Figura 3.3	Métodos y técnicas para los análisis fisicoquímicos y microbiológicos en la harina de bagazo cervecero summer.....	35
Figura 3.4	Equipos para la obtención de harina de bagazo cervecero.....	36
Figura 3.5	Instrumentos de laboratorio en el proceso de deshidratado por aire caliente.....	37
Figura 3.6	Diagrama de flujo del proceso de obtención de harina de bagazo cervecero.....	39
Figura 3.7	Bagazo cervecero summer.....	40
Figura 3.8	Pesado 1.....	40
Figura 3.9	Enjuagado.....	40
Figura 3.10	Prensado.....	41
Figura 3.11	Pesado 2.....	41
Figura 3.12	Deshidratador de bandejas.....	41
Figura 3.13	Preenvasado.....	42
Figura 3.14	Molienda.....	42
Figura 3.15	Tamizado.....	43
Figura 3.16	Envasado.....	43
Figura 3.17	Almacenamiento.....	43
Figura 3.18	Evaluación sensorial de las muestras para la obtención de harina de bagazo cervecero.....	44
Figura 4.1	Composición de cereales en el bagazo cervecero tipo porter y summer.....	49
Figura 4.2	Porcentaje promedio de bagazo retenido en función de abertura de malla.....	53
Figura 4.3	Clasificación granulométrica del bagazo seco según la abertura de malla.....	54
Figura 4.4	Proceso de deshidratado para la obtención de harina de bagazo cervecero summer.....	55
Figura 4.5	Curvas de deshidratado del bagazo cervecero summer sin prensar.....	57
Figura 4.6	Curvas de deshidratado del bagazo cervecero summer aplicando prensado.....	59

Figura 4.7	Porcentaje promedio de retención de harina de bagazo cervecero en cada tamiz.....	60
Figura 4.8	Retención de harina de bagazo cervecero según la abertura del tamiz.....	61
Figura 4.9	Curvas de deshidratado con solución de bicarbonato de sodio (ensayo 3).....	63
Figura 4.10	Harinas obtenidas en base al (ensayo 3).....	64
Figura 4.11	Caja y bigote de las muestras de harina para el ensayo 3.....	64
Figura 4.12	Curvas de deshidratado variando la temperatura de escaldado del (ensayo 4).....	68
Figura 4.13	Harinas obtenidas en base al (ensayo 4).....	69
Figura 4.14	Caja y bigote de las muestras de harina para el (ensayo 4).....	69
Figura 4.15	Curva deshidratada enjuagando con agua filtrada (ensayo 5)	73
Figura 4.16	Harinas obtenidas en base al (ensayo 5).....	74
Figura 4.17	Caja y bigote de las muestras de harina para el (ensayo 5).....	74
Figura 4.18	Curvas de deshidratado de las muestras de bagazo con y sin tratamiento de desodorizado.....	79
Figura 4.19	Harinas obtenidas con y sin tratamiento de desodorizado.....	80
Figura 4.20	Caja y bigote de las muestras de harina con y sin tratamiento de desodorizado.....	80
Figura 4.21	Efectos principales para el contenido de humedad en base seca.	85
Figura 4.22	Interacción de factores para el contenido de humedad en base seca.....	86
Figura 4.23	Diagrama de Pareto estandarizado para el contenido de humedad.....	87
Figura 4.24	Variación del contenido de humedad con la temperatura $A_{12}$ (55,0 - 65,0) °C a $B_1$ (4,0 m/s) vs $C_1$ (120,0 kg/cm <sup>2</sup> ).....	90
Figura 4.25	Variación del contenido de humedad con la temperatura $A_{12}$ (55,0 - 65,0) °C a $B_2$ (6,0 m/s) vs $C_1$ (120,0 kg/cm <sup>2</sup> ).....	91
Figura 4.26	Variación del contenido de humedad con la temperatura $A_{12}$ (55,0 - 65,0) °C a $B_1$ (4,0 m/s) vs $C_2$ (140,0 kg/cm <sup>2</sup> ).....	92
Figura 4.27	Variación del contenido de humedad con la temperatura $A_{12}$ (55,0 - 65,0) °C a $B_2$ (6,0 m/s) vs $C_2$ (140,0 kg/cm <sup>2</sup> ).....	93
Figura 4.28	Variación del contenido de humedad con la velocidad del aire $B_{12}$ (4,0 - 6,0) m/s: $A_1$ (55,0 °C) vs $C_1$ (120,0 kg/cm <sup>2</sup> ).....	95
Figura 4.29	Variación del contenido de humedad con la velocidad del aire $B_{12}$ (4,0 - 6,0) m/s: $A_2$ (65,0 °C) vs $C_1$ (120,0 kg/cm <sup>2</sup> ).....	96
Figura 4.30	Variación del contenido de humedad con la velocidad del aire $B_{12}$ (4,0 - 6,0) m/s: $A_1$ (55,0 °C) vs $C_2$ (140,0 kg/cm <sup>2</sup> ).....	97

Figura 4.31	Variación del contenido de humedad con la velocidad del aire B <sub>12</sub> (4,0 - 6,0) m/s: A <sub>2</sub> (65,0 °C) vs C <sub>2</sub> (140,0 kg/cm <sup>2</sup> ).....	98
Figura 4.32	Variación del contenido de humedad con la presión C <sub>12</sub> (120,0 - 140,0) kg/cm <sup>2</sup> : A <sub>1</sub> (55,0 °C) vs B <sub>1</sub> (4,0 m/s).....	99
Figura 4.33	Variación del contenido de humedad con la presión C <sub>12</sub> (120,0 - 140,0) kg/cm <sup>2</sup> : A <sub>2</sub> (65,0 °C) vs B <sub>1</sub> (4,0 m/s).....	100
Figura 4.34	Variación del contenido de humedad con la presión C <sub>12</sub> (120,0 - 140,0) kg/cm <sup>2</sup> : A <sub>1</sub> (55,0 °C) vs B <sub>2</sub> (6,0 m/s).....	101
Figura 4.35	Variación del contenido de humedad con la presión C <sub>12</sub> (120,0 - 140,0) kg/cm <sup>2</sup> : A <sub>2</sub> (65,0 °C) vs B <sub>2</sub> (6,0 m/s).....	102
Figura 4.36	Cinética del proceso de deshidratado de la muestra de bagazo cervecero.....	104
Figura 4.37	Control de almacenamiento de la harina de bagazo cervecero...	108
Figura 4.38	Diagrama de flujo del balance de materia en el proceso de obtención de harina de bagazo cervecero.....	109
Figura 4.39	Etapa de enjuagado.....	111
Figura 4.40	Etapa de prensado.....	113
Figura 4.41	Etapa de deshidratado.....	114
Figura 4.42	Etapa de molienda.....	118
Figura 4.43	Etapa de tamizado.....	119
Figura 4.44	Resumen general del balance de materia para la obtención de harina de bagazo cervecero.....	121
Figura 4.45	Balance de energía en la etapa de deshidratado de la muestra de bagazo enjuagado y prensado.....	122
Figura 4.46	Pruebas preliminares para la elaboración de pan.....	131
Figura 4.47	Formulación de las pruebas preliminares para la elaboración de pan.....	132
Figura 4.48	Estadístico de caja y bigote del pan variando la dosificación....	133