



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA

*“DISEÑO DE UNA PLANTA PILOTO PARA LA ELABORACIÓN DE
CEREAL INSTANTÁNEO A PARTIR DE CEBADA DORADA”*

Tesis de Grado Previo a la obtención del título de:

INGENIERO QUÍMICO

HÉCTOR LEONARDO PAUCAR MEJÍA

RIOBAMBA – ECUADOR

2012

AGRADECIMIENTO

- *En primer lugar agradezco a Dios, por haber guiado mis pasos hasta esta etapa tan importante para mi vida tanto profesional como personal.*
- *Agradezco también a mis Padres, que han sido el pilar fundamental, para ser una mejor persona.*
- *Quiero agradecer a Cruz Roja Ecuatoriana en las personas de Agustín y Manolo por haberme dado la apertura para realizar este trabajo.*
- *De igual manera a mi Director de Tesis Ing. Hannibal Brito y a los miembros del tribunal; Ing. Marco Chuiza y Dr. Robert Cazar.*
- *Una mención especial para mi esposa Melva por el apoyo y ayudarme a terminar este trabajo.*
- *A mis amigos un agradecimiento profundo por compartir seis años de nuestras vidas en las aulas universitarias y fuera de ellas estoy seguro van a ser muchos más.*
- *A todos por el apoyo brindado en mis estudios universitarios, haciendo posible la terminación de mi carrera profesional.*

NOMBRE

FIRMA

FECHA

Dr. Silvio Álvarez

DECANO FAC. CIENCIAS.

Ing. Mario Villacrés.

DIRECTOR DE ESCUELA.

Ing. Hannibal Brito

DIRECTOR DE TESIS.

Ing. Marco Chuiza

MIEMBRO DEL

TRIBUNAL.

Dr. Robert Cazar

MIEMBRO DEL

TRIBUNAL.

-

Sr. Carlos Rodríguez

DIRECTOR DEL CENTRO

DE DOCUMENTACION.

-

NOTA DE LA TESIS.

-

“Yo, Héctor Leonardo Paucar Mejía soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en esta Tesis, y el patrimonio intelectual de la Tesis de Grado pertenecen a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo”

HÉCTOR LEONARDO PAUCAR MEJIA

INDICE DE ABREVIATURAS

M_A	Masa molecular del agua
M_B	Masa molecular del aire
P_A	Presión parcial que ejerce el vapor de agua en la mezcla gaseosa
P	Presión total (atmosférica.)
p_v	Presión de vapor
C_P	Calor específico
C_S	Calor específico húmedo
S	Peso de sólido seco
A	Área de superficie expuesta
W	Velocidad de secado
P_{SC}	Potencia requerida por la clasificadora de cereales
P_{dmc}	Potencia dinámica del motor de la clasificadora de cereales
P_{MC}	Potencia del motor de la clasificadora de cereales
G_S	Caudal del sólido
X	Humedad del sólido
Y	Humedad del aire
T	Temperatura
G	Caudal de gas

RESUMEN

DEDICATORIA

INDICE DE ABREVIATURAS

INDICE DE ECUACIONES

INDICE DE GRAFICOS

INDICE DE TABLAS

INDICE DE ANEXOS

RESUMEN	I
SUMARY	II
INTRODUCCION	III
ANTECEDENTES	IV
JUSTIFICACION	V
OBJETIVOS	VI

Tabla de contenidos

1	MARCO TEÓRICO	28
1.1	LA CEBADA.....	28
1.1.1	ORIGEN	28
1.1.2	ECOLOGÍA Y ADAPTACIÓN	30
1.1.3	MORFOLOGÍA.....	30
1.1.4	CLASIFICACIÓN CIENTÍFICA.....	31
1.1.5	FORMAS DE UTILIZACIÓN	32
1.1.6	COMPOSICIÓN QUÍMICA - NUTRICIONAL.....	33
1.2	DISEÑO.....	38
1.3	ENZIMAS.....	41
1.4	HUMIDIFICACIÓN.....	41
1.4.1	DEFINICIONES EN LA INTERACCIÓN AIRE-AGUA	43
1.5	EXPANSIÓN O INFLADO	44
1.5.1	PRINCIPIO	44

1.5.2	CAMBIOS FÍSICO QUÍMICOS PRODUCIDOS POR LA EXPANSIÓN	46
1.5.3	EXPANSORES DE GRANO ENTERO	47
1.6	PROCESO DE EXPANSIÓN O INFLADO DEL GRANO ENTERO	48
1.7	CEREALES EXPANDIDOS O INFLADOS	49
1.7.1	APERITIVOS	50
1.7.2	PALOMITAS DE MAÍZ Y TRIGO INFLADO	50
1.7.3	PRODUCTOS INTERMEDIOS O APERITIVOS AGLOMERADOS.....	51
1.7.4	EXPANSIÓN DE PRODUCTOS INTERMEDIOS.....	51
1.8	SECADO	52
1.8.1	OPERACIONES DE SECADO.....	52
1.8.2	EQUIPOS DE SECADO	55
1.8.3	FACTORES QUE INTERVIENEN EN EL PROCESO DE SECADO.....	57
1.9	DESCASCARADORA.....	62
1.9.1	CRIBADORA	63
1.10	MICROBIOLOGÍA DE CEREALES	66
1.10.2	FACTORES QUE INFLUYEN EN EL DESARROLLO DE LOS MICROORGANISMOS DURANTE EL PROCESO DE ALMACENAMIENTO DE LOS CEREALES.....	68
1.11	DESCRIPCIÓN DE LOS EQUIPOS REQUERIDOS PARA LA PLANTA.....	71
1.11.1	CLASIFICADORA DE CEREALES	71
1.11.2	PELADORA PULIDORA DE CEREALES	72
1.11.3	HUMIDIFICADOR	72
1.11.4	CAÑÓN EXPANSOR	73
1.11.5	HORNO SECADOR.....	73
2	PARTE EXPERIMENTAL.....	74
2.1	LOCALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	74
2.2	MUESTREO	74
2.3	MATERIALES	74
2.4	DISEÑO EXPERIMENTAL	76
2.4.1	CARACTERÍSTICAS DEL DISEÑO EXPERIMENTAL.....	76
2.5	MÉTODOS Y TÉCNICAS.....	76
2.5.1	MÉTODOS	76
3	DISEÑO DE LA PLANTA PILOTO	89
3.1	DIAGRAMA DE FLUJO PARA LA ELABORACIÓN DE UN CEREAL INSTANTÁNEO DE CEBADA	90

3.2	CÁLCULOS DE INGENIERÍA	91
3.2.1	Clasificadora de cereales.....	91
3.2.2	PELADORA PULIDORA DE CEREALES	93
3.2.3	HUMIDIFICADOR	96
3.3	RESULTADOS	100
3.3.1	DENSIDAD	100
3.4	REQUERIMIENTOS DE MAQUINARIA PARA LA PLANTA	101
3.5	ANALISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS	105
4	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	106
4.1	CONCLUSIONES	106
4.2	RECOMENDACIONES.....	107
	BIBLIOGRAFIA.....	108
	ANEXOS.....	109

INDICE DE ECUACIONES

Ecuación	Pp.
1.4.1.1-1 Humedad absoluta.....	12
1.4.1.2-1 Humedad relativa.....	13
1.4.1.4-1 Calor específico húmedo.....	13
1.8.2.4-1 Cinética de secado.....	20
1.8.2.4-2 Balance de masa.....	27
1.8.2.4-3 Velocidad en el periodo constante.....	49
1.8.2.4-4 Velocidad total en la operación de secado.....	49
1.8.2.4-5 Tiempo de secado en el periodo constante	49
1.8.2.4-6 Humedad de salida del aire.....	50
1.8.2.4-7 Entalpia del aire de salida.....	51
1.8.2.4-8 entalpia del solido de entrada	51
1.8.2.4-9 Temperatura de salida del gas	51
1.8.2.4-10 Temperatura de salida del aire	51
1.8.2.4-11 Temperatura de salida del aire en la zona II	51
1.8.2.4-12 Numero de elementos de transmisión	52
1.8.2.4-13 Longitud de la unidad de transmisión	52
1.8.2.4-14 Longitud total del secador	52
1.10-1 Posición media de la zapata	54
1.10-2 Velocidad de la zapata	54
1.10-3 Aceleración de la zapata	54
1.10.4 Velocidad de transporte	55

INDICE DE GRÁFICOS

Gráfico	Pp.
1.2.1-a Cultivo de cebada.....	21
1.8.3.1-a Secador rotatorio.....	40

INDICE DE TABLAS

Tabla	Pp.
1.2.1-1 Producción de cebada en el cantón Colta.....	21
1.2.5-1 Consumo de productos derivados de cereales en España.....	24
1.2.6-1 Composición del grano de cebada.....	25
1.2.6-2 Composición de la paja.....	26
1.2.6-3 Composición de la cebada verde.....	26
1.2.6-4 Composición química de la cebada comparada con otros Cereales en 100 gramos de sustancia.....	27
1.2.6-5 Contenido proteico.....	27
1.9.1.1-1 Relación entre el contenido acuoso y varios microorganismos de almacén en diversos sustratos de cereales.....	41
1.9.2.2-1 Niveles de humedad y temperaturas limitantes para el crecimiento de los mohos de almacenamiento en los grano.....	42
1.9.2.2-2 Niveles de humedad mínima recomendados para el almacenamiento a corto plazo y durante periodos prolongados de los principales granos.....	44
2.7.2.1-1 Método de prueba para la determinación de humedad.....	48
2.7.2.1-2 Método de prueba para la determinación de cenizas.....	49
2.7.2.1-3 Método de prueba para la determinación de proteína.....	50
2.7.2.1-4 Método de prueba para la determinación de extracto etéreo.....	53
2.7.2.1-5 Método de prueba para la determinación de fibra bruta.....	55
2.7.2.2-1 Método de prueba para la determinación de bacterias <i>mesofilicas</i>	56
2.7.2.2-2 Método de prueba para la determinación de <i>salmonella</i>	57
2.7.2.2-3 Método de prueba para la determinación de hongos y levaduras.....	58
2.7.2.2-4 Método de prueba para la determinación de <i>coliformes</i>	60
2.7.2.2-5 Método de prueba para la determinación de <i>staphylococcus</i>	66

INDICE DE ANEXOS

Anexo	Pp.
A Diagrama de flujo para la elaboración de cereal instantáneo.....	75
B Plano de distribución de planta.....	76
C Vista lateral en 3D de la planta.....	77
D Vista interna de la planta y su maquinaria.....	78
E Vista del proceso de pulido y humidificado.....	79
F Vista aérea de la planta y mesanine.....	80
G Vista aérea del cañón expansor y cámara de recepción.....	81
H Vista de la sección secado, endulzado y empacado.....	82
I Vista exterior de la planta.....	83

RESUMEN

El diseño de una planta piloto para la elaboración de cereal instantáneo a partir de cebada Dorada, una planta para la Cruz Roja Ecuatoriana que cumpla con todos los requerimientos de la organización y de la comunidad beneficiaria en cuanto a producción capacidad instalada, demanda, seguridad y cumplimiento.

Se utilizó equipos para ensayos, de humedad, ceniza, proteína, grasa presentes en las muestras de cebada, también se realizó análisis físico químicos y microbiológicos en los laboratorios de alimentos de la facultad de Ciencias Pecuarias.

En los análisis de laboratorio se pudo determinar las diferentes características de la materia prima siendo un 10% de proteínas, 1,8% de materia grasa, 66,5 % de hidratos de carbono, 5,2% de celulosa, 2,6% de materias minerales y un 14% de humedad. Estos resultados reflejan la calidad de cebada con la que realizamos los ensayos de humidificación, secado y expansión para el dimensionamiento de las diferentes maquinas necesarias para la planta piloto.

Una vez realizado el dimensionamiento de la maquinaria requerida para la planta piloto se obtuvo: La potencia para el motor para la clasificadora de cereales requerida para un procesamiento de 56,8 Kg/h 0,5 hp, con un tiempo de recarga de 0,87 h, la potencia del motor de la descascaradora 0,6 hp, el humidificador simple con una capacidad de 65 Kg con un motor que nos de 35 rpm, el secador con una capacidad de dar 1465 Kcal/h.

De los ensayos realizados de expansión de cebada dorada el porcentaje más alto de expansión de obtuvo a 150 PSI con un 72,47% de expansión con una humedad de 14% y una temperatura de 210 centígrados

Se recomienda la aplicación de este diseño para la construcción de la planta piloto requerida por Cruz Roja Ecuatoriana para el beneficio del proyecto Columbe Gatazo para darle un valor agregado a la cebada mas cultivada en el cantón Colta.

II

SUMMARY

The design of the pilot plant for the production of instant cereal from Golden barley aims to design a plant for the Organization Ecuadorian Red Cross that meets all the requirements of the Organization and of the beneficiary community in terms of production capacity, demand, security and compliance.

Use equipment for trials, moisture, ash, protein, and fat present in the samples of barley, also physical, chemical and microbiological analysis was conducted in the laboratories of the Faculty of Sciences livestock food.

Different characteristics of the heaviest 10% raw protein could be determined in laboratory tests 1,8% fat, 66,5% of carbohydrates, 5,2% of cellulose, 2,6% of mineral substances t 14% moisture. These results reflect the quality of barley with which we carry out trials of humidification, drying and expansion for the sizing of the various machines necessary for our pilot plant.

Performing the sizing of the equipment required for our pilot plant was obtained the following results: the power for the engine to the sorter of cereals required for processing of 56,8 Kg/h 0,5 hp, with a time of recharge of 0,87 h, the power of the engine of the pleader 0.6 hp, simple humidifier with AU capacity of 65 Kg with an engine that US 35 RPM, the dryer with a capacity to 1465 Kcal/h

Of trials made the percentage of Golden barley expansions more high expansion of got to 150 PSI with a 72,47% of expansion with a humidity of 14% and a temperature of 210 c

It is recommended the implementation of this design for the construction of the pilot plant required by Ecuadorian Red Cross for the benefit of the project Columbe-Gatazo to give a value added to the barley more cultivated in the Canton Colta.

III

INTRODUCCIÓN

El proyecto nombrado “Diseño de una planta piloto para la elaboración de cereal instantáneo de cebada Dorada” consiste en diseñar una planta para la Cruz Roja Ecuatoriana que cumpla con todas las necesidades de la organización y de la comunidad beneficiaria, en cuanto a producción, capacidad instalada, demanda, seguridad y cumplimiento de uno de los objetivos de la organización que es el fortalecimiento de la agroindustria en los sectores rurales.

Cruz Roja Ecuatoriana es una organización de ayuda social en diferentes ámbitos entre los cuales en el cantón Colta se destacan: Recuperación de suelos agrícola y pecuario, salud comunitaria y fortalecimiento del crédito y del ahorro.

El objetivo de la organización es producir y comercializar cereal de cebada, teniendo la materia prima en la zona y como ya se ha mencionado con la necesidad de darle al producto (cebada) un valor agregado la Cruz Roja Ecuatoriana comprometida con el desarrollo integral y económico de los pueblos indígenas del Cantón impulsa la implementación de una planta procesadora de cereal instantáneo para el consumo humano tanto local como de las grandes ciudades del país.

Por otro lado es importante mencionar el incremento de mercado en los últimos años para estos productos, el cual ha sido generado por el boom del consumo de productos orgánicos basados en la conciencia de productos 100% naturales

IV

ANTECEDENTES

El maíz fue la primera forma industrializada de un cereal, la compañía Adams lo elaboró en el año de 1940 a partir de las sémolas de maíz.

Como estudios previos tenemos el desarrollo de tecnología para la elaboración de cebada expandida en el Instituto Nacional de investigaciones agropecuarias del Ecuador.

La producción de cebada en la zona del proyecto Columbe-Gatazo impulsado por la Cruz Roja Ecuatoriana es aproximadamente 2000 quintales anuales en la variedad de Franciscana, 600 de Dorada y 150 quintales de Shyri.

La producción se comercializa en estado natural en los mercados de los pueblos cercanos como: Guamote, Cajabamba y la ciudad de Riobamba, a través de intermediarios que acopian la producción en las mismas comunidades o en los mercado antes mencionados, a precios tan bajos que no permiten recuperar los costos de producción, menos aún generar alguna rentabilidad para los productores, cabe recalcar que el 40% de la producción es consumido por las mismas comunidades ya sea en alimentación humana o animal.

Si a estas condiciones de comercialización tan adversas, se agrega la baja productividad de los suelos, la casi nula capacitación técnica, y la competencia de productos extranjeros a menor precio, obtendremos como resultado la eminente desaparición de esta producción en el corto tiempo, como ha sucedido con la lenteja, el garbanzo, el chulpi, el canguil, y otros productos que ahora solo se consiguen importados. Igual situación está por ocurrir con la quinua, el trigo, las habas, el chocho, el maíz, la arveja y otros.

Dado que se tiene instalado un centro de acopio de la materia prima y como ya se ha mencionado con la necesidad de darle al producto (cebada) un valor agregado la Cruz Roja Ecuatoriana comprometida con el desarrollo integral y económico de los pueblos indígenas del Cantón impulsa la implementación de una planta procesadora de cereal instantáneo para el consumo humano tanto local como de las grandes ciudades del país.

JUSTIFICACIÓN

Dentro de los propósitos y necesidades que citamos en este proyecto esta principalmente dar un valor agregado a la cebada dorada producida en la zona por nuestros campesinos, ya que en la actualidad se vende el quintal de 5 a 8 dólares en los mercados, transformándolo en cereal instantáneo se cuadruplicaría su precio por lo menos.

Otra de los motivos es el impacto de la nutrición sobre la salud y la enfermedad se está convirtiendo en el objetivo principal de los diseñadores, elaboradores y consumidores de alimentos.

El beneficio social es muy importante para la organización Cruz Roja por lo que aparte de dar un valor agregado a la cebada producida en el sector, también se dará trabajo a personas desocupadas de este cantón.

El problema, si se depende de productos exportados es que la población rural, especialmente la indígena, de nuestro país, sustenta su alimentación precisamente en estos productos y en tubérculos como: papa, ocas, mellocos y otros, que obtiene de su producción en las pequeñas parcelas que cultiva, y que además sirven para abastecer a la población urbana de las ciudades, que con estos productos complementan su alimentación.

El problema visto de esta manera, no se limita solo al ámbito comercial sino a la seguridad alimentaria de una población, que cada vez depende más de productos industrializados provenientes de los centros urbanos y del extranjero.”¹

Se identificaron y priorizaron, las necesidades de las comunidades participantes para poder suplir sus necesidades de mejor precio de venta de la materia prima y también darle un valor agregado a la cebada para venderla como producto terminado.

¹ CRUZ ROJA ECUATORIANA, Proyecto Cajas de Ahorro y Crédito y Fortalecimiento de la Gestión Comunitaria de las Comunidades Campesinas de Columbe y Gatazo-Ecuador. 2004 Pp. 5

VI OBJETIVOS

GENERAL

- **Realizar el diseño de una planta piloto para elaborar cereal instantáneo a partir de cebada dorada.**

ESPECÍFICOS

- **Caracterizar bromatológicamente y microbiológicamente la cebada Dorada que tenemos como materia prima.**
- **Analizar resultados para saber el tipo de equipos necesarios para la planta.**
- **Dimensionar los equipos**
- **Delinear de una manera organizada una planta para la producción de cereal instantáneo de cebada dorada**

1 MARCO TEÓRICO

1.1 LA CEBADA

1.1.1 ORIGEN

El origen de la cebada no se conoce con precisión, se supone que se inicio alrededor del curso bajo del Nilo, en los años 8000 a 6000 A.C ²

Su gran adaptabilidad a diferentes terrenos ha permitido su extensión a regiones como las del Círculo Astral, algunas partes tropicales como la India, altas montañas de Etiopia y Oasis del Sahara, el bajo Delta del Nilo y suelos australianos de gran alcalinidad.

La cebada es un cereal que se utiliza como alimento básico en muchos países. Se utiliza comúnmente como un ingrediente en alimentos horneados y en sopas en los Estados Unidos y Europa. La malta de cebada se utiliza en la elaboración de cerveza, y es un endulzante natural llamado azúcar de malta o azúcar de jalea de malta.

Tabla1.2.1-1

PRODUCCIÓN DE CEBADA EN EL CANTÓN COLTA

VARIEDAD	CANTIDAD D. VENTA	%
Shyri qq	132	5,25
Franciscana qq	1.852	73,70

² VIVAR, H. Investigación de Cebada en América. Primera reunión Latinoamericana de Cebada Cervecera. Noviembre 28-Diciembre 1, Bolivia 1994 Pp. 20

Dorada qq	529	21,05
Total	2.513	100,00

Fuente: Cruz Roja- Colta

Información reciente sugiere que la cebada puede reducir los niveles totales de colesterol y la lipoproteína de baja densidad (LDL) en pacientes hiperlipidémicos. La cebada tiene un alto contenido de fibra; una modesta asociación inversa ha sido observada entre el consumo de fibra diabética y la enfermedad cardiovascular en un estudio con aporte importante recientemente, aunque los resultados no fueron satisfactoriamente significativos.

El alimento de cebada germinada es un derivado de las fracciones de aleurona y escutelo de la cebada germinada. Este alimento puede jugar un papel importante en el manejo de la colitis ulcerosa, aunque se requieren más estudios controlados.



Fig. 1.2.1-a CULTIVOS DE CEBADA

Fuente: Kent, Norman Leslie [1983] *Technology of cereals*

1.1.2 ECOLOGÍA Y ADAPTACIÓN

Se cultiva en los climas templados como cereal de primavera y tiene una distribución geográfica similar a la del trigo. El cultivo de cebada con respecto a la del trigo tiene la ventaja de un mejor rendimiento por hectárea, y es menos exigente que el trigo blando en relación con el terreno de cultivo.

La cebada, es después del maíz, el cereal de más amplia distribución en la sierra ecuatoriana. En nuestro país la superficie sembrada con cebada supera las 75000 hectáreas distribuidas en todas las provincias de la sierra: Chimborazo, Cotopaxi, Pichincha, Cañar, Imbabura, Carchi y Loja. No existe una zonificación definida para el cultivo de cebada en el país. El potencial sin limitaciones ecológicas se ubica en un rango altitudinal de 2500 a 3500 msnm.³

1.1.3 MORFOLOGÍA

Todas las cebadas cultivadas a nivel comercial se clasifican dentro del género *Hordeum* de la familia de las gramíneas. Sus espigas se componen de un eje llamado raquis, formado por nudos en zigzag en cada uno de los cuales se encuentran tres flores hermafroditas que presentan tres estambres y un ovario con estigma doble; estas estructuras se encuentran protegidas por la corola, la cual está constituida por la lema y la palea. El cáliz de la flor lo componen dos glumas situadas en el lado donde se localiza la lema, o sea en el lado externo de la flor respecto a su posición en el nudo.

³ Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC). Encuesta Nacional de Superficie y Producción Agropecuaria. 1995 Pp. 63

El raquis de la espiga de cebada de seis hileras mide de 7 a 10 centímetros de longitud, posee 15 nudos y contiene 50 granos aproximadamente, y el de la cebada de dos hileras mide de 5 a 10 centímetros, tienen 16 nudos y 27 granos.⁴

1.1.4 CLASIFICACIÓN CIENTÍFICA

La cebada pertenece al género *Hordeum* de la familia de las Gramíneas (*Gramineae*). La cebada de dos carreras corresponde a la especie *Hordeum distichon*, la de seis carreras a la especie *Hordeum vulgare*, y la cebada irregular a la especie *Hordeum irregulare*.⁵

1.1.4.1.1 CEBADA CUBIERTA

Se denomina así a aquella cebada que se encuentra provista de la lema, cascarilla y palea, es decir los constituyentes de lo que comúnmente denominamos cascara.

1.1.4.1.2 CEBADA DESNUDA

La cebada desnuda se define como aquella que no está provista de cascarilla y palea pero si de cascarilla de la lema, la cual se encuentra muy adherida al grano. Esta variedad fue creada bajo condiciones de mejoramiento genético para lograr un mejor rendimiento del aporte nutritivo para el consumo humano.

1.1.4.1.3 CEBADA PERLADA

Se conoce como el grano desprovisto de cascara; esto se logra por medio de un proceso mecánico llamado perlado o escarificado. Este proceso se aplica a la cebada

⁴ KENT, L.N. *Technology of Cereals Tercera Edición* Research, Association of British-Millers: Cambridge, USA Pp. 36

⁵ VILLACRES, E. *La cebada un cereal nutritivo*. Editorial IMPREFEPP. Quito, Ecuador Pp. 23

cubierta para una mejor presentación en tanto que para la cebada desnuda no es un requerimiento.

1.1.5 FORMAS DE UTILIZACIÓN

La cebada es un cereal que más se utiliza para la alimentación animal ya que sus harinas de baja calidad son difícilmente panificables. El cultivo de la cebada presenta la ventaja, respecto al trigo, de que pueden conseguirse mejores rendimientos por hectárea, expresados en peso de cereal recolectado, y que es menos exigente que el trigo blando en relación con el terreno de cultivo. De todas formas ambos cultivos, trigos y cebadas, se suelen realizar en las mismas tierras.

En algunos países del Cercano Oriente y de América del sur como Colombia y Ecuador, aún se utiliza como alimento para consumo humano. Sin embargo, la cebada es mucho más utilizada en el malteado y obtención de mostos para la elaboración de cerveza y para destilar en la fabricación de whisky escocés y de ginebra holandesa. Otra pequeña proporción se destina para la alimentación animal, particularmente de cerdos.

El grano, la paja, el heno y varios subproductos de la cebada tienen valor alimenticio. El grano se utiliza en la elaboración de bebidas a base de malta y para cocinar. Como otros cereales la cebada contiene un alto porcentaje de hidratos de carbono y proteínas.⁶

Los productos que se pueden preparar con cebada incluyen:

⁶KENT, L.N. Technology of Cereals Tercera Edición Research, Association of British-Millers: Cambridge, USA Pp. 57

- **Grano perlado:** Platos fuertes, sopas, harinas, grano partido, grano expandido
- **Tostado:** Harina, pinol, sustitutos del café, bebidas.
- **Malteado:** Jarabes para panificación, leche malteada, alimentos para niños, extractos
- **Suplementos nutritivos:** Grano germinado, Lisina y Triptófano
- **Vitaminas:** Complejo B
- **Licores:** Cerveza, Vino, Whisky

Tabla 1.2.5-1

CONSUMO DE PRODUCTOS DERIVADOS DE CEREALES EN ESPAÑA (kg/persona y año) datos 1998	
Pan	57,8
Galletas y pasteles	11,6
Cereales para el desayuno	0,9
Arroz	6,8
Pastas alimenticias	4,9

Fuente: FAO, EUROSTAT

1.1.6 COMPOSICIÓN QUÍMICA - NUTRICIONAL

La cebada puede crecer en una gran variedad de circunstancias climáticas superando al resto de cereales. Solía tratarse de un alimento importante para el ser humano pero su popularidad ha decrecido en los últimos 250 años en favor del trigo y ha pasado a utilizarse básicamente como comida para animales o producción de cerveza y whisky.

Contiene gluten y es por ello que también puede hacerse pan con cebada. La manera más frecuente de encontrar cebada es en forma de cebada entera o cebada perlada aunque también se puede obtener en forma de copos o granos. La cebada entera es la que aporta un contenido nutricional más alto

El alimento también se ha sugerido como tratamiento para el estreñimiento poco severo. La harina de cebada y salvado acelera el tránsito gastrointestinal y aumenta el peso fecal. La cebada de alto nivel de fibra puede ser útil en dietas para pacientes con diabetes, por su bajo índice glicémico y la habilidad de reducir la glucosa postprandial. Contiene también grandes cantidades de aminoácidos esenciales (son aquellos que el hombre no es capaz de sintetizar por lo que los debemos introducir a través de la alimentación). Debemos resaltar su contenido en triptófano, precursor de la biosíntesis de diversas sustancias, entre ellas, la serotonina, sustancia vasoconstrictora y neurotransmisora. Contiene ácidos grasos esenciales, tales como el linoleico, linolénico, zoomárico, cáprico, oleico, erúcido, laúrico, esteárico, palmítico, mirístico, araquírico, etc. Es rica en vitamina C, biotina, tiamina (vitamina. B1), colina, riboflavina (vitamina. B2), ácido fólico, piridoxina (vitamina. B6), carotenos (provitamina A), ácido nicotínico, ácido pantoténico.

Es rica en minerales, entre los que destacan: cobre, fósforo, zinc, calcio, magnesio, sodio, hierro, manganeso y potasio. Es una fuente muy importante de clorofila.

La cebada contiene aproximadamente unas 20 enzimas. Las enzimas son sustancias imprescindibles para que el cuerpo humano realice todas sus funciones con normalidad.

En las siguientes tablas se encuentran valores indicativos, la composición química varía entre límites muy amplios dependiendo no solo de la variedad sino también de las condiciones de cultivo, abonado, época de cosecha hasta que llega al consumidor. Los procesos de manufactura son uno de los principales factores que modifican su composición.

TABLA 1.2.6-1
COMPOSICIÓN EN GRANOS DE CEBADA.

Composición del grano de cebada por 100 g	
Proteínas	10
Materia grasa	1.8
Hidratos de carbono	66.5
Celulosa	5.2
Materias minerales	2.6
Agua	14

Fuente: Yufera, P.R

TABLA 1.2.6-2

COMPOSICIÓN DE LA PAJA.

Composición de la paja por 100 g de sustancia	
Proteínas	1.9
Materia grasa	1.7
Materia no nitrogenada	43.8
Celulosa	34.4
Cenizas	4
Agua	14.2

Fuente: Yufera, P.R

TABLA 1.2.6-3

COMPOSICIÓN DE LA CEBADA VERDE.

Composición de la cebada verde por 100 g de sustancia	
Proteínas	2.5
Materia grasa	0.5
Materia no nitrogenada	8.8
Celulosa	5.6

Cenizas	1.7
Agua	80.9

Fuente: Yufera, P.R

TABLA 1.2.6-4

**COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA CEBADA COMPARADA CON OTROS
CEREALES EN 100 g DE SUSTANCIA**

CEREAL	PROTEÍNAS (g)	GRASA(g)	TOTALES (g)	FIBRA (g)	CENIZAS (g)
Arroz pilado	10.1	2.1	86.4	1.0	1.4
Avena pilada	14.7	8.0	72.0	4.0	2.0
Cebada cubierta	12.2	1.9	75.9	6.8	3.1
Cebada desnuda	13.3	2.6	80.0	1.9	2.0
Cebada perlada	12.0	1.5	84.3	1.0	1.2
Maíz	10.3	4.5	81.5	2.3	1.4
Trigo	13.4	2.4	79.9	2.4	1.9

Fuente: Yufera, P.R (1987)

TABLA 1.2.6-5**CONTENIDO PROTEICO**

	Cebada con Cáscara	Cebada machica	Pelada o mote	Harina de cebada	Tostada y molida
Energía Kcal	344	344	330	370	351
Agua g	12,1	10,0	15,4	9,4	9,9
Proteína g	6,9	8,6	8,2	18,8	7,7
Grasa g	1,8	0,7	1,1	2,3	0,8
Carbohidrato g	76,6	77,4	73,1	67,4	79,7
Fibra g	7,3	6,6	1,3	-	5,3
Ceniza g	2,6	3,3	2,0	2,2	1,9
Calcio mg	61	74	47	84	55
Fósforo mg	394	320	202	294	253
Hierro mg	5,1	12,3	3,6	6,1	7,1
Retinol mg	2	0	0	-	0
Tiamina mg	0,33	0,12	0,07	0,35	0,12
Riboflavina mg	0,21	0,25	0,11	0,17	0,18
Niacina mg	7,40	8,70	8,75	-	9,60
Acido Ascórbico Reducido mg	-	1,9	0,0	1,6	0,0

Fuente: Yufera, P.R**1.2 DISEÑO**

Del italiano *disegno*, la palabra diseño se refiere a la traza o delineación de un edificio o de una figura. Se trata, por ejemplo, de la concepción original de un objeto u obra destinados a la producción en serie. También puede referirse a un

proyecto o plan, a la descripción verbal de algo, a la disposición de manchas, colores o dibujos que caracterizan a animales y plantas, y a la forma de los objetos.

El concepto de diseño suele utilizarse en el contexto de las artes, la ingeniería, la arquitectura y diversas disciplinas creativas. Así, el diseño es el proceso previo de configuración mental en la búsqueda de una solución. En otras palabras, el diseño consiste en una visión representada en forma gráfica de una obra futura.

De esta forma, el diseño implica plasmar el pensamiento a través de esbozos, dibujos, bocetos y esquemas trazados en cualquier soporte. El acto de diseñar puede ser considerado como creatividad (el acto de la creación), innovación (cuando el objeto no existe) o una modificación de algo ya existente (a través de la abstracción, la síntesis, la ordenación o la transformación).

Puede distinguirse entre el verbo diseñar, que se refiere al proceso de creación y desarrollo para producir un nuevo objeto para uso humano, y el sustantivo diseño, que nombra al plan final o a la proposición resultante del proceso de diseñar (que puede expresarse por medio de un dibujo, una maqueta o un plano, por ejemplo).

Los especialistas afirman que el acto de diseñar requiere de consideraciones funcionales y estéticas, que a su vez necesitan de investigación, análisis, modelado y adaptaciones hasta la producción definitiva del objeto.

El diseño industrial es la disciplina orientada a la creación y al desarrollo de los productos industriales (que pueden ser producidos en serie y a gran escala). Como toda actividad de diseño, se pone en juego la creatividad y la inventiva.

El diseño forma parte del desarrollo humano. Con la aplicación de nociones del diseño, el hombre ha podido evolucionar y satisfacer sus necesidades. El surgimiento de la industria implicó la aparición de una nueva área de aplicación para el diseño.

El diseño siempre supone plasmar el pensamiento mediante dibujos, bocetos y esquemas que pueden ser trazados en diversos soportes. Es posible diferenciar entre el verbo diseñar (el proceso de creación y desarrollo) y el sustantivo diseño (el resultado del proceso de diseñar).

En la actualidad, el diseño industrial es una carrera universitaria en la mayoría de los países, en la cual se forma a especialistas en productos electrónicos, metalúrgicos, eléctricos, plásticos e industriales en general. El diseñador industrial adquiere los conocimientos necesarios para producir los artículos industriales de acuerdo a las necesidades del mercado y de la sociedad.

Cabe destacar que las creaciones de los diseñadores industriales suelen estar protegidas por derechos de autor y patentes, que reconocen a la persona que ideó el producto y le otorgan la facultad para explotarlo comercialmente. Esto evita que una persona se apropie de un invento de otro sujeto e intente usufructuar con el trabajo ajeno.

Es importante tener en cuenta que la acción de diseñar requiere tareas investigativas, de análisis, modelados y adaptaciones hasta la producción final del objeto, por lo que el esfuerzo del diseñador siempre debe ser reconocido.

1.3 ENZIMAS

Los cereales son complicados sistemas biológicos, el número de enzimas presentes es limitado, la cantidad de las mismas depende de su concentración en el grano.

La actividad amilásica (α y β) del trigo, cebada y centeno parece ser muy superior a la encontrada en otros granos de cereal; el pH óptimo para la actividad α -amilásica es 4,5

Y para β -amilásica ligeramente superior. La β -amilasa es ligeramente más susceptible a la inactivación por el calor que la α -amilasa.

Tanto las proteinasas como las pectidasas se encuentran en los cereales maduros y sanos; no obstante sus niveles de actividad son relativamente bajos. En relación a la actividad lipásica, esta es muy variada entre los cereales y tiene una gran importancia debido a que los ácidos grasos libres son más susceptibles al enranciamiento oxidativo que los mismos ácidos grasos en el triglicérido.

1.4 HUMIDIFICACIÓN

La humidificación es una operación unitaria en la que tiene lugar una transferencia simultánea de materia y calor sin la presencia de una fuente de calor externa.

De hecho siempre que existe una transferencia de materia se transfiere también calor. Pero para operaciones como extracción, adsorción, absorción o lixiviación, la transferencia de calor es de menor importancia como mecanismo controlante de velocidad frente a la transferencia de materia. Por otro lado, en operaciones como ebullición, condensación, evaporación o cristalización, las transferencias

simultáneas de materia y calor pueden determinarse considerando únicamente la transferencia de calor procedente de una fuente externa.

La transferencia simultánea de materia y calor en la operación de humidificación tiene lugar cuando un gas se pone en contacto con un líquido puro, en el cual es prácticamente insoluble. Este fenómeno nos conduce a diferentes aplicaciones además de la humidificación del gas, como son su des humidificación, el enfriamiento del gas (acondicionamiento de gases), el enfriamiento del líquido, además de permitir la medición del contenido de vapor en el gas.⁷

Generalmente la fase líquida es el agua, y la fase gas el aire. Su principal aplicación industrial es el enfriamiento de agua de refrigeración, que será el objeto de estudio de la práctica que nos ocupa. A grandes rasgos, el proceso que tiene lugar en la operación de humidificación es el siguiente:

- Una corriente de agua caliente se pone en contacto con una de aire seco (o con bajo contenido en humedad), normalmente aire atmosférico.
- Parte del agua se evapora, enfriándose así la interface.
- El seno del líquido cede entonces calor a la interface, y por lo tanto se enfría.
- A su vez, el agua evaporada en la interface se transfiere al aire, por lo que se humidifica.

En la des humidificación, agua fría se pone en contacto con aire húmedo. La materia transferida entre las fases es la sustancia que forma la fase líquida, que

⁷ CENDRERO, ORESTES, Nociones de historia natural. Séptima Edición, Paris. 1938 Pp. 77

dependiendo de cómo estemos operando, o se evapora (humidificación), o bien se condensa (des humidificación.)

Existen diferentes equipos de humidificación, entre los que destacamos las torres de enfriamiento por su mayor aplicabilidad. En ellas, el agua suele introducirse por la parte superior en forma de lluvia provocada, y el aire fluye en forma ascendente, de forma natural o forzada. En el interior de la torre se utilizan rellenos de diversos tipos que favorecen el contacto entre las dos fases.

1.4.1 DEFINICIONES EN LA INTERACCIÓN AIRE-AGUA

Antes de desarrollar las ecuaciones de diseño en una torre de enfriamiento, hemos de definir una serie de variables y conceptos involucrados en la operación de humidificación.

1.4.1.1.1 HUMEDAD ABSOLUTA:

Es la razón másica de vapor de agua respecto al aire seco

$$H = \frac{M_A}{M_B} \frac{P_A}{P - P_A} \quad \frac{\text{kg agua}}{\text{kg aire seco}} \quad \text{Ec. 1.4.1.1-1}$$

M_A : masa molecular del agua; $M_A = 18$ g/mol

M_B : masa molecular del aire; $M_B = 28,9$ g/mol

P_A : presión parcial que ejerce el vapor de agua en la mezcla gaseosa

P : presión total (atmosférica.)

1.4.1.1.2 HUMEDAD RELATIVA: es la relación molar entre la cantidad de vapor de agua presente en el aire y la cantidad máxima posible (saturación) para esa temperatura:

$$Y_m = \left(\frac{\overline{P}_v}{P_v^0} \right) \text{Ec. 1.4.1.2-1}$$

P_v es la presión de vapor, que podríamos definir como la presión que ejerce un vapor en equilibrio con su líquido.

1.4.1.2 CALOR ESPECÍFICO (C_p): calor necesario para aumentar 1°C a una unidad de masa de una sustancia, a presión constante. Tomamos los valores medios de los calores específicos del agua y del aire entre 0°C y 100°C :

1.4.1.3 CALOR ESPECÍFICO HÚMEDO (c_s): es el c_p de la mezcla gaseosa aire agua

$$c_s = c_p B + c_p A \text{ [} J / (KgC) \text{] Ec. 1.4.1.4-1}$$

1.5 EXPANSIÓN O INFLADO

1.5.1 PRINCIPIO

La expansión es la combinación de dos procesos: La cocción termo mecánica HTST y la cocción hidrotérmica

Esta última hace que se origine un aumento de presión dentro de la cámara de expansión, alcanzándose también temperaturas mayores a 100°C antes de la descarga y valores máximos de 170°C .

El punto de quiebre de la presión se tiene a la salida del producto de la cámara expansora, el gradiente de presión existente entre la cámara y el ambiente, hace que se produzca una caída brusca de presión al momento de abrir la cámara, lo que provoca la expansión del grano; mayores temperaturas provocan una mayor dextrinización y por ende debilitamiento de la estructura del grano, incidiendo en la disminución de la expansión.

El índice de expansión se incrementa a medida que baja la humedad de alimentación, alcanzando un mínimo del 14%. Aniveles menores de humedad el incremento de la presión y la degradación del almidón afectan la expansión.

La expansión es proporcional al contenido de almidón como se observa en la siguiente tabla.

TABLA 1.7.1-1

**RELACIÓN ENTRE EL CONTENIDO DE ALMIDÓN Y
EL GRADO DE EXPANSIÓN**

PRODUCTO	CONTENIDO DE ALMIDÓN (%)	EXPANSIÓN (veces su tamaño)
Almidón	100.00	5.00
Cereales	65-78	4.00
Mezclas para alimentación animal	40-50	2-3

Oleaginosas	0-10	1.5-2
-------------	------	-------

Fuente: Polit, P. 1996

1.5.2 CAMBIOS FÍSICO QUÍMICOS PRODUCIDOS POR LA EXPANSIÓN

“La expansión permite aumentar la concentración energética, la disponibilidad de nutrientes, la eficacia alimenticia y la higiene del alimento; favorece también la gelatinización del almidón y destruye los inhibidores termolábiles. El tamaño de partícula tiene influencia en el proceso, la fibra impide la expansión normal del grano.

La expansión conduce a un aumento de solubilidad de los polisacáridos no amiláceos (pentosas y glucanos), lo que da lugar a un aumento de la viscosidad, que ayudara a atrapar el colesterol, impidiendo su digestión en el tracto digestivo. Este efecto puede ser aprovechado en dietas especiales a reducir el colesterol”.

La expansión también causa la hidrólisis parcial del ácido fítico (compuesto a base de fosforo, que impide la absorción del calcio en el intestino), el nivel de destrucción se incrementa a alta presión, cerca del 70% es destruido por el proceso de expansión (Kent, 1964)

La relación amilasa/amilopectina del almidón influye en la expansión, pero el efecto depende de la temperatura. A mayor daño del almidón se obtienen poros más pequeños, textura más suave, mayor solubilidad y carácter más pegajoso.

El incremento en el contenido de grasa, se correlaciona con otras variables como humedad, temperatura y desmejora la expansión. En cuanto al contenido de proteína,

no hay conclusiones claras sobre su papel en la expansión; algunos autores afirman que puede estabilizar su estructura, mejorando textura y sabor, mientras que otros la encuentran desventajosa.⁸

1.5.3 EXPANSORES DE GRANO ENTERO

1.5.3.1 TIPOS DE EXPANSORES DE GRANO ENTERO

Existen dos tipos de expansores de grano entero, los cuales se citan a continuación:

- Expansor de abertura anular tipo cañón
- Pistolas de inflado de granos enteros

1.5.3.2 DESCRIPCIÓN DEL EXPANSOR DE ABERTURA ANULAR TIPO CAÑÓN

Existen diferencias de detalle entre las instalaciones ofrecidas por diferentes fabricantes; sin embargo todos se basan en el principio común de aumentar la presión y la temperatura del alimento mientras pasa a través de la máquina a un contenido de humedad dado. Para conseguir el efecto final de la expansión es decisiva la caída de presión a la salida del aparato. Esta caída provoca múltiples cambios en las partículas y nutrientes, tales como el incremento de la superficie de las partículas, gelatinización del almidón, ruptura de las estructuras fibrosas y destrucción de las

⁸ GUEVARA M. Desarrollo y caracterización de alimentos expandidos a base de Maíz. Pp. 42

bacterias. La caída de presión se acompaña de un repentino descenso de la temperatura y de la evaporación del agua.⁹

1.5.3.3 PARTES DEL EXPANSOR

En el expansor de granos tipo cañón con boca anular se distinguen las siguientes partes:

- ✓ Tapa de la cámara receptora del grano entero
- ✓ Cámara receptora del grano entero
- ✓ Fuente de calor
- ✓ Manómetro
- ✓ Dos engranes transversales unidimensionales
- ✓ Dos ejes longitudinales
- ✓ Un eje transversal
- ✓ Motor
- ✓ Conexión eléctrica

1.6 PROCESO DE EXPANSIÓN O INFLADO DEL GRANO ENTERO

El grano perfectamente limpio, a temperatura ambiente y humedad del 13-14 % se debe someter a un tratamiento previo de perlado. En caso del arroz el grado de perlado debe ser alto, en trigo o maíz este grado es más ligero, con objeto de que mantenga la mayor parte de la piel, para que el calor y el vapor penetren en el interior del grano, pero manteniendo la fibra muy apreciada por el consumidor. El

⁹ POLIT, P. Efecto del Procesamiento por extrusión sobre los almidones. Area de Alimentos. Quito-Ecuador. Pp. 43

producto limpio y perlado se acondiciona durante unos minutos a una temperatura de 90-100 °C. A continuación se dosifica la alimentación del producto al cañón del expansor, se calienta aproximadamente a unos 210 °C con vapor y alta presión.

En función del grado de hinchamiento a obtenerse variara entre 1 a 3 minutos la permanencia del producto dentro del cañón. La relación entre las variables permanencia y expansión es directa, esto es que a mayor tiempo de permanencia mayor es la expansión del grano. Luego el cañón dispara el producto a una cámara receptora, que de preferencia debe ser de acero inoxidable. Durante este proceso el grano pierde del 3-4% de humedad; finalmente el grano expandido es secado hasta un 3-4% de humedad.¹⁰

1.7 CEREALES EXPANDIDOS O INFLADOS

Los factores que impulsan los alimentos para el desayuno han contribuido a promover tres tipos genéricos de productos listos para el consumo, que actualmente se encuentran en las estanterías de los supermercados.

- Cereales en copos
- Cereales inflados
- Mezclas de cereales

Los cereales inflados tradicionales se producen mediante pre cocción con pistolas de inflado de granos enteros (trigo duro o trigo fanfarrón, arroz blanco de grano largo o grano de arroz medio sancochado). El inflado con pistola es un proceso

¹⁰ **KENT, NORMAN LESLIE** Technology of cereals: An introduction for students of food science and agriculture. PergamonPressLtd, Oxford. 1983 Pp 57

discontinuo de expansión inducido por vapor. Los productos obtenidos son crujientes, con forma y textura definidas por el material en estado crudo. El proceso es bastante limitado puesto que la textura y la forma de los productos finales no varían demasiado entre sí.

Además de los tradicionales cereales para el desayuno listos para consumir en las dos o tres últimas décadas se han desarrollado una impresionante gama de nuevos productos de cereales para el desayuno en respuesta a la demanda de los consumidores por comodidad, placer, nutrición y salud.¹¹

1.7.1 APERITIVOS

La industria de aperitivos se ha ligado estrechamente al desarrollo y utilización de extrusores durante más de sesenta años. Sin embargo los aperitivos alimentarios preceden a la cocción por extrusión, teniendo sus orígenes en los productos artesanales desde los siglos más antiguos. Los ejemplos clásicos de dichos productos son los granos inflados, galletas de gambas, el kerpok del lejano este y las tortillas de Sudamérica

1.7.2 PALOMITAS DE MAÍZ Y TRIGO INFLADO

El simple aperitivo formado mediante calentamiento de maíz en una cacerola (canguil), es un aperitivo altamente extendido, de volumen específico más grande que cualquier otro tipo. Un producto similar también se puede conseguir a partir de otros cereales tales como trigo y arroz. En lugar de preservar la cascara fuerte del

¹¹ RUIZ CAMACHO, RUBÉN Cultivo del Trigo y la Cebada. Temas de Orientación Agropecuaria, Bogotá. 1981

grano como ocurre con el maíz estallado, los otros cereales se pueden inflar mediante su calentamiento bajo presión en pistolas o cámaras de inflado. Al disparar las pistolas, el vapor de agua en el interior de los granos permite que se expandan de la misma forma que las palomitas de maíz, obteniéndose una estructura espumada fina.¹²

1.7.3 PRODUCTOS INTERMEDIOS O APERITIVOS AGLOMERADOS

El método del producto intermedio para la elaboración de aperitivos es un proceso de dos etapas. Requieren de la formación de una pasta cocida de materias primas basadas en el almidón y el secado cuidadoso para formar un producto intermedio estable. En la segunda etapa este producto se calienta rápidamente en aceite o aire caliente para conseguir la expansión.

1.7.4 EXPANSIÓN DE PRODUCTOS INTERMEDIOS

Los productos intermedios tienen una estructura vítrea densa que contiene una pequeña cantidad de agua. Si se calienta rápidamente, a fin de que su temperatura se eleve uniformemente en el producto individual, el agua se sobrecalienta dentro del cristal. Este pasa por una etapa de transición hasta volverse un fluido viscoso a una temperatura muy alta y un 10% de humedad. Esta temperatura debe estar en el intervalo de 130 a 150 °C y por encima del punto de ebullición del agua. A medida que la temperatura interna del producto se calienta por encima de este nivel se

¹² PEISKER, M. Extrusión Communique, June 1994 Pp. 23

fluidiza y fluye bajo la alta presión interna generada por el vapor de agua, se forman burbujas y se expande con la matriz del fluido.

1.8 SECADO

Secado generalmente se refiere a la remoción de líquido de un sólido por evaporación

El secado es el proceso más antiguo utilizado para la preservación de alimentos, siendo uno de los métodos más comunes vigentes de mayor importancia en todos los sectores para la producción de productos sólidos.

La deshidratación de alimentos es un proceso que involucra transferencia de masa y energía. El entendimiento de estos dos mecanismos es el alimento a secar y el gas de secado, así como las propiedades termo-físicas, de equilibrio y de transporte de ambos sistemas, son de vital importancia para moldear el proceso y diseñar el secador.

El objetivo principal del secado de alimentos es remover agua del sólido hasta un nivel donde el crecimiento microbiológico y la deterioración por reacciones químicas sean minimizadas.

1.8.1 OPERACIONES DE SECADO

Los sólidos que se secan pueden tener formas diferentes; escamas, gránulos, cristales, polvo, tablas o láminas continuas y poseer propiedades muy diferentes.

El producto que se seca puede soportar temperaturas elevadas o bien requiere un tratamiento suave a temperaturas bajas o moderadas. Esto da lugar a que en el

mercado exista un gran número de tipos de secadores comerciales. Las diferencias residen fundamentalmente en la forma en que se mueven los sólidos a través de la zona de secado y en la forma en la que se transmite

1.8.1.1 CLASIFICACIÓN DE LOS SECADORES

Los secadores se clasifican según el método de transmisión de calor a los sólidos húmedos

- Secadores directos.
- Secadores indirectos.
- Secadores diversos.
- Secadores discontinuos o por lote.
- Secadores continuos.
- Secadores para sólidos granulares o rígidos y pastas semisólidas.
- Secadores que pueden aceptar alimentaciones líquidas o suspensiones.

El primer método de clasificación revela las diferencias en el diseño y el funcionamiento del secador, mientras que el segundo es más útil para seleccionar entre un grupo de secadores que se someten a una consideración preliminar en relación con un problema de desecación específicos

1.8.1.2 SECADORES DIRECTOS

La transferencia de calor para la desecación se logra por contacto directo entre los sólidos húmedos y los gases calientes. El líquido vaporizado se arrastra con el medio de desecación; es decir, con los gases calientes. Los secadores directos se llaman también secadores por convección.

- ✓ **Método de operación, o sea, por lotes o continuo.** El equipo por lotes, o semilotes, se opera intermitente o cíclicamente en condiciones 'de estado no estacionario: el secador se carga con la sustancia, que permanece en el equipo hasta que se seca; entonces, el secador se descarga y se vuelve a cargar con un nuevo lote. Los secadores continuos generalmente se operan en estado estacionario.
- ✓ **Secadores D-por lotes:** se diseñan para operar con un tamaño específico de lote de alimentación húmeda, para ciclos de tiempo dado. En los secadores por lote las condiciones de contenido de humedad y temperatura varían continuamente en cualquier punto del equipo.

1.8.1.3 SECADORES INDIRECTOS

El calor de desecación se transfiere al sólido húmedo a través de una pared de retención. El líquido vaporizado se separa independientemente del medio de calentamiento. La velocidad de desecación depende del contacto que se establezca entre el material mojado y las superficies calientes. Los secadores indirectos se llaman también secadores por conducción o de contacto.

- ✓ **Método de obtención del calor necesario para la evaporación de la humedad.** En los secadores directos, el calor se obtiene completamente por contacto directo de la sustancia con el gas caliente en el cual tiene lugar la evaporación. En los secadores indirectos, el calor se obtiene independientemente del gas que se utiliza para acarrear la humedad evaporada. Por ejemplo, el calor puede obtenerse por conducción a través de una pared metálica en contacto con la sustancia o, con menos frecuencia, por

exposición de la sustancia a radiación infrarroja o calentamiento dieléctrico. En este último caso, el calor se genera dentro del sólido mediante un campo eléctrico de alta frecuencia.

- ✓ **Secadores I-Continuos:** la desecación se efectúa haciendo pasar el material de manera continua por el secador, y poniéndolo en contacto con las superficies calientes.
- ✓ **Secadores I-Por lotes:** en general los secadores indirectos por lotes se adaptan muy bien a operaciones al vacío. Se subdividen en tipos agitados y no agitados.
- ✓ **Naturaleza de la sustancia que se va a secar:** La sustancia puede ser un sólido rígido como madera o triple, un material flexible como tela o papel, un sólido granular, como una masa de cristales, una pasta ligera o un lodo ligero, o una solución. Si es un sólido, puede ser frágil o fuerte. La forma física de la sustancia y los diferentes métodos de manejo necesarios tienen tal vez, la mayor influencia sobre el secador que se va a utilizar.

1.8.2 EQUIPOS DE SECADO

Las operaciones de secado pueden clasificarse ampliamente según que sean por lotes o continuas. Estos términos pueden aplicarse específicamente desde el punto de vista de la sustancia que está secando. Dentro de los secadores directos esquematizamos el siguiente tipo de secador:¹³

1.8.2.1 SECADOR DE PLATOS Y CHAROLAS

¹³LARA, N. Estudio de efectos de Expansión por aire caliente en las propiedades Físicoquímicas, Nutricionales y Sensoriales de la semilla de Amarantho. TesisMsc EPN Quito – Ecuador

La construcción de estos secadores depende en gran medida de la naturaleza de la sustancia que se va a secar. Los secadores de platos, llamados también secadores de gabinete, de compartimiento o de anaqueles, se utilizan para secar sólidos que deben sujetarse sobre platos. Pueden incluir materiales pastosos, como la torta de filtro húmeda de los filtros de prensa, sólidos en terrones que deben esparcirse sobre platos y materiales similares. Un aparato típico, mostrado esquemática mente en la figura 12.6, consta de un gabinete que contiene platos móviles sobre los cuales se coloca el sólido por secar. Una vez cargado, el gabinete se cierra y se introduce aire calentado con vapor a través y entre los platos, para evaporar la humedad (secado por circulación cruzada). Se puede utilizar un gas inerte, aun calor sobrecalentado * W (que tiene la ventaja de una alta capacidad calorífica) en lugar de aire si el líquido que se va a evaporar es combustible o si el oxígeno puede estropear el sólido. Cuando el sólido alcanza el grado de sequedad querido, el gabinete se abre y los platos se reemplazan con un nuevo lote.

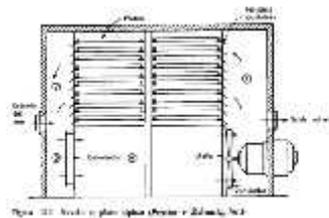


Fig. 1.8.3.1-aSECADOR DE PLATOS

Fuente: Proctor y Schwartz, Inc

1.8.3 FACTORES QUE INTERVIENEN EN EL PROCESO DE SECADO

1.8.3.1 TEMPERATURA DEL AIRE

En la práctica del secado, la elección de la temperatura se lleva a cabo tomando en consideración la especie que se vaya a someter al proceso.

Existen diversos niveles de temperatura que se mantienen durante el proceso técnico de secado. Durante el proceso de secado, se origina un gradiente de temperatura con respecto al espesor del material, mismo que tiende a disminuir conforme se reduce el contenido de humedad.

1.8.3.2 HUMEDAD RELATIVA DEL AIRE

La humedad del aire se define como la razón de la presión de vapor de agua presente en ese momento, con respecto a la presión de saturación de vapor de agua a la misma temperatura. Generalmente, se expresa en porcentaje (%), a medida que se incrementa la temperatura del aire aumenta su capacidad de absorción de humedad y viceversa.

1.8.3.3 VELOCIDAD DEL AIRE

La velocidad del aire dentro del secador tiene como funciones principales, en primer lugar transmitir la energía requerida para calentar el agua contenida en el material facilitando su evaporación, y en segundo lugar, transportar la humedad saliente del material. La capa límite que existe entre el material a secar y el aire juega un papel importante en el secado. La forma de la

corriente del aire es importante para la velocidad, una corriente turbulenta es mucho más eficaz que una laminar, pues la primera afecta en mayor forma la capa límite y el aire. Durante las primeras etapas del secado, la velocidad del aire desempeña un papel muy importante, sobre todo cuando el material contiene un alto contenido de humedad.

A mayor velocidad, mayor será la tasa de evaporación disminuye y el tiempo de secado aumenta. Por tal razón, para asegurar un secado rápido y uniforme es indispensable una circulación del aire a regular.

1.8.3.4 CINÉTICA DE SECADO

Se define la velocidad de secado por la pérdida de humedad del sólido húmedo en la unidad de tiempo, y más exactamente por el cociente diferencial $(-dX/d\theta)$ operando en condiciones constantes de secado, es decir con aire cuyas condiciones (temperatura, presión, humedad y velocidad) permanecen constantes con el tiempo. Analíticamente, la velocidad de secado se refiere a la unidad de área de superficie de secado, de acuerdo con la ecuación:

$$W = \frac{S}{A} = \left(-\frac{dx}{d\theta} \right)$$

Ec. 1.2.1.3-1 Cinética de secado

Donde:

S = peso de sólido seco

A = área de superficie expuesta

W = velocidad de secado.

- **Velocidad en el periodo constante.-** Este periodo va desde la humedad inicial X_0 , hasta la humedad critica X_c

$$W = W_1 + W_2 \text{ Ec. 1.8.2.4-2 Velocidad periodo constante}$$

Donde:

W_1 = Velocidad para el periodo constante

W_2 = Velocidad para el periodo decreciente

- **Velocidad total en la operación de secado**

$$w_c = \frac{S}{A} \left[\frac{\Delta X}{\Delta \tau} \right] \text{ Ec. 1.8.2.4-3 Velocidad total}$$

Donde:

W_c = Velocidad de secado constante

A = Superficie expuesta al secado

S = Solido seco

X = Variación de la humedad en base seca

τ = Variación del tiempo de secado

- **Calculo del tiempo de secado en el periodo constante.-** Es el tiempo necesario para que la humedad del solido descienda desde su valor inicial, por integración se obtiene:

$$\tau = \frac{S}{A} \int_{x_f}^{x_i} \frac{dX}{W} \text{ Ec. 1.8.2.4-4 Calculo del tiempo de secado}$$

- **Periodo anticritico.-** Como durante este periodo $W = \text{constante}$, la integración de la Ec. 1.8.2.4-4 desde la humedad inicial hasta la humedad critica nos da:

$$\tau_a = \frac{S}{A} \left(\frac{X_i - X_c}{W_c} \right) \text{ Ec. 1.8.2.4-5 Tiempo de secado en el periodo constante.}$$

Donde:

t_a = Tiempo anticrítico

W_C = Velocidad de secado constante

A = Superficie expuesta de secado

S = Solido seco

X_i = Humedad inicial

X_C = Humedad critica

Periodo postcritico.- Este se lo realiza por el método grafico, si no se conoce la relación analítica $W=f(x)$, la integración de la ecuación 1.8.2.4-4 ha de hacerse representando X frente a $1/W$ este valor será el real limitado por la curva, el eje de las abscisas y las ordenadas extremas X_c y X_f .

- **Calculo de la longitud de un secador**

Para el cálculo de la longitud de un secador se basara en la transmisión de calor en donde la temperatura del aire como la del solido varía a lo largo del secadero.

El método para calcular la longitud de un secadero continuo circulando el gas y el sólido en contracorriente consiste en el empleo de elementos de transmisión basado en la convección del calor y la longitud de la unidad de transmisión. Cabe distinguir en estos tipos de secaderos está distribuido en 3 zonas de secado para lo cual cada nivel de estas tendrá su temperatura.

Se calcula la humedad de salida del aire por aplicación de un balance de materia:

$$Y_1 = Y_2 + \frac{G_s}{G} (X_1 - X_2) \text{ Ec. 1.8.2.4-6 Humedad de salida del aire}$$

Se calcula la entalpia del aire de salida del secadero por aplicación de un balance general de energía:

$$H_2 = (0,24 + 0,46Y_2)T_2 + 597,2Y_2 \text{ Ec. 1.8.2.4-7 Entalpia del aire de salida}$$

Entalpia del solido a la entrada:

$$H_1 = (Cps + X_1)T_{s1} \text{ Ec. 1.8.2.4-8}$$

Se calcula la temperatura de salida del aire empleando la ecuación:

$$H_{aire} = (0,24 + 0,46Y)T + 597,2Y$$

Temperatura del gas de salida:

$$T_1 = \frac{H_1 - 597,2Y_1}{0,24 + 0,46Y_1} \text{ Ec. 1.8.2.4-9}$$

Se calcula la temperatura de salida del aire de las zonas III, T_B y la temperatura del sólido en la zona II que es la temperatura húmeda del aire en esta zona, por aplicación de un balance de energía ala zona III del que se deduce que:

- *Temperatura de salida del aire*

$$T_B = T_2 - \frac{C_s G_s}{cG} (T_{s2} - T_w) \text{ Ec. 1.8.2.4-10}$$

Este cálculo ha de efectuarse por tanteo, para lo cual se supone un valor de T_w . Se Calcula T_B para el valor supuesto de T_w y con este valor de T_B e Y_2 se determina T_w en el diagrama psicométrico que ha de coincidir con el valor supuesto.

Se calcula la temperatura de salida del aire de la zona II, t_A por un balance de energía de acuerdo con la ecuación:

$$T_A = T_1 \left[\frac{G_s}{G} (C_s + X_1 C_1 / C) \right] (T_w - T_{s1}) \text{ Ec. 1.8.2.4-11}$$

Se calcula separadamente el número de elementos de transmisión de cada una de estas zonas, de acuerdo a la ecuación;

$$N_{OT} = \frac{\Delta t}{(\Delta T)_{\log}} \text{ Ec. 1.8.2.4-12}$$

Se calcula la longitud de la unidad de transmisión de acuerdo con la ecuación:

$$H_{OT} = \frac{57 * c * G^{0.2}}{a} \text{ Ec 1.8.2.4-13}$$

Longitud total del secador de túnel:

$$z = (H_{OT} N_{OT})_I + (H_{OT} N_{OT})_{II} + (H_{OT} N_{OT})_{III} \text{ Ec. 1.8.2.4-14}$$

1.9 DESCASCARADORA

Este tipo de maquinas, se halla especialmente constituido por dos rodillos de caucho horizontales tangentes que giran en sentido inverso a diferentes velocidades.

La cuscuta atrapada por los rodillos son desgastadas las unas de las otras por el deslizamiento de los granos de cebada, en otras palabras la fuerza de fricción separa la cascara del grano.

La admisión del grano se controla y regula por un tabique que gira sobre un eje y se aparta mas o menos de un pequeño cilindro distribuidor paralelo a una contrapuerta que permite la llegada de la cebada a los rodillos, los mismos que son arrastrados por el sistema de banda polea o por un juego de engranes.

La relación de las velocidades relativas de los rodillos con su diámetro es inversa a menor diámetro mayor será la velocidad.

La velocidad de rotación debe ser constante, la regulación de separación de los rodillos debe ser tal, que permita producir una presión adecuada para el descascarado correcto de la cebada.

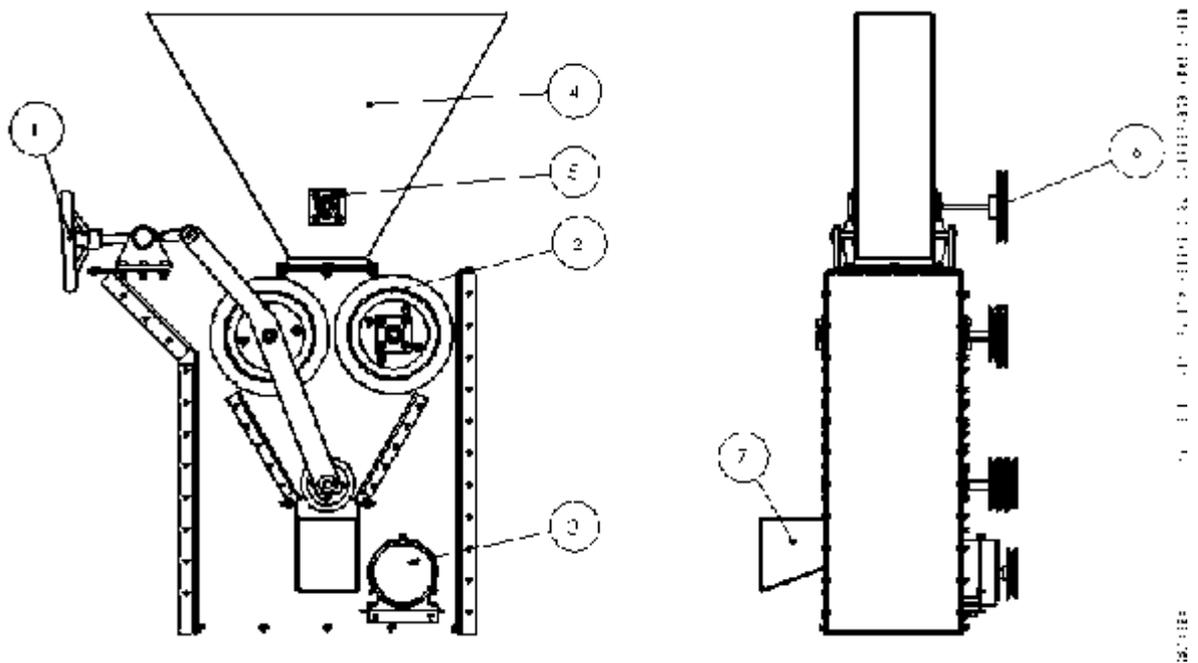


Figura 1.9·a

Partes principales del descascarador de rodillos de caucho

1) Volante de regulación, 2) rodillo descascarador, 3) motor, 4) tolva de alimentación, 5) eje del rodillo de alimentación, 6) Polea, 7) tolva de salida

1.9.1 CRIBADORA

Con relación a la forma en que el material esta gravitado sobre la criba podemos clasificarlas en cribadoras de precion adherente y cribadoras de presión adherente variable.

La transferencia de movimiento vibratorio producido por el generador de vibraciones al material, se verifica por la adherencia del material a la criba, la cual esta sólidamente unida al generador de vibraciones.

Las cribas de precion de adherencia constante, efectúan el movimiento de la bandeja paralelamente a la misma, mientras que en lo de precion de adherencia variable, el

movimiento de la zapata se realiza con un ángulo de unos 15° a 30° con relación al plano de la misma.

- **Mecanismo biela excéntrica**

Forman un grupo mucho mayor que el precedente y son más empleados actualmente, las oscilaciones son simétricas en su acción, contrariamente a lo anterior. Su frecuencia es mucho mayor pero la amplitud de la vibración es solo de 1,5 a 4 mm.

Se admite a todos los efectos prácticos, que los movimientos efectuados por la zapata son rectilíneos, aunque en teoría no lo son

La figura nos muestra una disposición constructiva que fue una de las primeras en idearse, se observa que las ballestas forman un ángulo con la vertical y que los desplazamientos se realizan normalmente a las mismas. Siendo r el radio de la manivela, ω la velocidad angular de la misma.

La amplitud de la vibración en el instante t considerado, tomado como origen de tiempos y giros la posición de la manivela correspondiente a la posición media de la zapata, se verificara

$$A_z = l - \frac{r_{exe}^2}{4l} + r_{exe} \left(\cos w_{p3c} t + \frac{r_{exe}}{4l} \cos 2w_{p3c} t \right) \quad \text{Ec. 1.10-1}$$

La velocidad será

$$V_z = -r_{exe} w_{p3c} \left(\sin w_{p3c} t + \frac{r_{exe}}{4l} \sin 2w_{p3c} t \right) \quad \text{Ec. 1.10-2}$$

Y la aceleración

$$J_z = -r_{exe} w_{p3c}^2 \left(\sin w_{p3c} t + \frac{r_{exe}}{2l} \sin 2w_{p3c} t \right) - r_{exe} w_{p3c}^2 \left(\cos w_{p3c} t + \frac{r_{exe}}{l} \cos 2w_{p3c} t \right) \quad \text{Ec. 1.10-3}$$

Los componentes respectivas A_z , V_z , J_z con respecto a los ejes x-y son

$$X_Z = A_Z \cos r_B \quad Y_Z = A_Z \sin r_B$$

$$\dot{X} = V_Z \cos r_B \quad \dot{Y} = V_Z \sin r_B$$

$$\ddot{X} = j_Z \cos r_B \quad \ddot{Y} = j_Z \sin r_B$$

- Velocidad de transporte

Puesto que

$$V_Z = r_{exe} w_{p3c} \text{sen } p_{3c} t \text{ Ec. 1.10-4}$$

La velocidad depende fundamentalmente de la velocidad angular w , la amplitud r y del ángulo de lanzamiento.

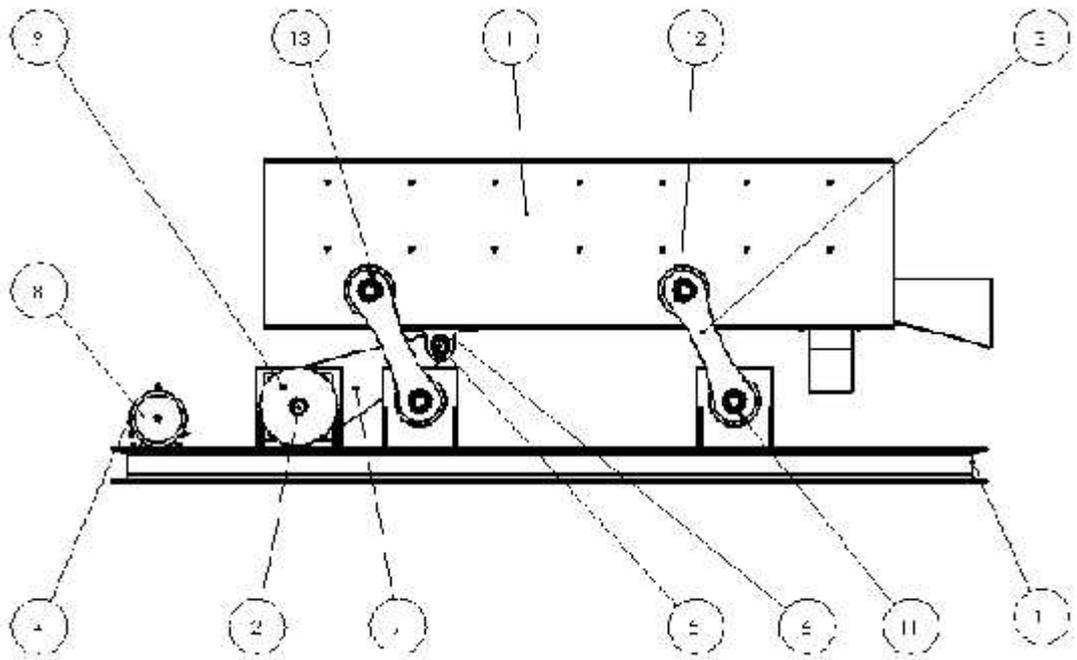


Figura 1.10-a Partes principales de una cribadora

- 1) base de la criba, 2) eje 3C, 3) Balancín, 4) Motor, 5) eje 4C, 6) Chumacera, 7) biela,
- 8) Polea motriz, 9) polea 3C, 10) chumacera de eje 3C, 11) clip exterior del pivote,
- 12) Clip interior del balancín, 14) perno de sujeción del motor, 15) perno de sujeción de la chumacera

1.10 MICROBIOLOGÍA DE CEREALES

Desde el inicio de su formación en la espiga, hasta su llegada al molino o cualquier otro destino, los granos de cereales son contaminados naturalmente por numerosos microorganismos. Esta flora microbiana es importante, diversa y está compuesta de bacterias, levaduras y hongos.

Durante la conservación la micro flora se modifica. Dos son los posibles esquemas evolutivos: progresiva desaparición de los microorganismos en el grano seco en el primero, e intensa proliferación microbiana que conduce a una intensa proliferación microbiana que conduce a una alteración profunda de las propiedades nutricionales, tecnológicas y organolépticas en el segundo.

Granos y harinas son el medio más favorable para el desarrollo de bacterias patógenas como *Salmonella*, *Clostridium*, *Staphylococcus*. La micro flora más importante, en cuanto a conservación del grano se refiere, son los hongos, los cuales prosperan con humedades relativas del aire interpuesto muy inferiores a las necesarias para otra micro flora.

1.10.1.1 HONGOS EN LOS CEREALES

1.10.1.2 HONGOS DE CAMPO

Especies que contaminan significativamente los granos en el campo antes de la cosecha. Géneros

- Alternaria
- Cladosporium
- Fusarium

1.10.1.3 HONGOS DE ALMACENAMIENTO

Presente en pequeña cantidad durante la cosecha, pueden colonizar mayoritariamente el grano durante el almacenamiento inadecuado. Más abundantes en los rincones de silos y depósitos. Son los únicos capaces de desarrollarse sobre granos con un contenido de agua de un 15-16% y pueden sintetizar moléculas extremadamente tóxicas para hombres y animales: micotoxinas.

- Aspergillus
- Penicillium

La presencia de microorganismos, quizá en cantidades importantes, es inevitable en productos derivados de los cereales y conviene examinar en qué condiciones pueden desarrollarse estos microorganismos y cuáles son las principales consecuencias tecnológicas, organolépticas o toxicológicas derivadas de la actividad microbiana.

1.10.2 FACTORES QUE INFLUYEN EN EL DESARROLLO DE LOS MICROORGANISMOS DURANTE EL PROCESO DE ALMACENAMIENTO DE LOS CEREALES.

1.10.2.1 ACTIVIDAD DEL AGUA

Los microorganismos que alteran los granos son principalmente los que crecen con una a_w baja y no se incluye ningún hongo de campo. Los *Penicillium* de campo contienen una a_w mínima de 0,86 y los de almacenamiento, próximo a 0,81-0,83.

El límite inferior absoluto de a_w que permite el crecimiento de los mohos de almacén en un periodo de dos años a una temperatura de 21 -27°C es 0,70.

Tabla 1.9.2.1-1

RELACIÓN ENTRE EL CONTENIDO ACUOSO Y VARIOS MICROORGANISMOS DE ALMACÉN EN DIVERSOS SUSTRATOS DE CEREALES

Microorganismos	Actividad del agua mínima	Porcentaje de agua mínimo que permite el crecimiento sobre					
		Trigo, cebada, arroz, maíz, centeno, avena, sorgo.	Arroz		Soja	Girasol	
			En bruto	Pulido		Semillas	Harina
<i>Aspergillus halophilicus</i> <i>A.restrictus</i>	0,65-0,70	12,5-13,5	12,1	14,0	12-12,5	----	---
<i>A.glaucus</i> , <i>Sporendonemasebi</i>	0,70-0,75	14,5-15	13,5	15,0	14-14,5	9,5	6

A.chevalieri, candidus	A.	0,75-0,80	15-15,5	14,5	15,5	14,5-15	10,5	7
A.ochraceus, Versicolor, A.nidulans.	A.							
A.flavus, Penicilliumcitreoviride . P. citrium A. versicolor		0,80-0,85	18,0-18,5	15,0	16,5	17-17,5	11,5	8
A.oryzae, fumigates, A. niger, P.notatum P. islandicum, P. urticae	A.	0,85-0,90	19,0-20,0	16,5	17,5	18,5- 19,5	13,5	9
Levaduras, bacterias, muchos mohos.		0,95-1,00	22,0-24,0	18	---	20-22	----	---

Fuente: Chistensen C.M. y Kaufmann H.H. 1974

1.10.2.2 TEMPERATURA Y OXÍGENO

El crecimiento de mohos depende de la temperatura, el contenido en oxígeno y el valor de a_w . Si dos de estos factores son óptimos, el crecimiento se producirá con valores extremos del tercer, pero el margen de crecimiento de este último factor es limitado si los otros dos no son óptimos.

Tabla 1.9.2.2-1

Grano	No se produce crecimiento			Se produce crecimiento		
	% de humedad	°C	Tiempo (días)	% de humedad	°C	Tiempo (días)
Trigo	15-15,5 16-18	5,10 -5	365 570	16-16,5	5,10	365
Maíz	<17,5 ----- 14,2 y 15,5 18,5	35 ----- 10 5	32 ----- 365 120	16,5 15,5 14,2 y 15,5 18,5	25-35 25 25 25-30	32 --- 365 7
Soja	13-14 14-14,3	5 5-6	150-170 Varios	13 13-14 14-14,3	5 25 30	480-500 <480 Pocas semanas
Arroz	15 13,5 14 14	4-7 20-25 5-15 25	---- 120 465 150	15 14,5 16 14,5	10-42 20-25 25-31 30	----- 120 465 60
Girasol Pipas enteras	10,5 9-15,7	23,9-35 <5		14,7 >11	35 21	84 ---
Carnes	6	---		>7	-----	---

Fuente: CHRISTESEN C. M. y KAUFMANN H.H. (1974), ROBERTSON J.A. y THOMAS J.K. (1976)

La refrigeración de los granos (por ejemplo, a temperaturas de 5°C o menos) permite el almacenamiento sin daño durante periodos prolongados incluso aunque el contenido en agua sea demasiado elevado para su conservación a temperatura ambiente. Para el almacenamiento a corto plazo, pueden tolerarse mayores niveles de humedad y temperatura.

Aunque los mohos son primariamente aeróbicos, muchos pueden crecer a mayor velocidad incluso en ausencia de oxígeno.

Tabla 1.9.2.2-2
NIVELES DE HUMEDAD MÍNIMA RECOMENDADOS PARA EL
ALMACENAMIENTO A CORTO PLAZO Y DURANTE PERIODOS
PROLONGADOS DE LOS PRINCIPALES GRANOS.

Humedad máxima para conseguir la estabilidad en el almacenamiento (% agua)		
	A corto plazo, 1 año	Larga duración, 5 años
Trigo	13-14	11-12
Maíz	13	11
Cebada	13	11
Avena	11	10
Soja	11	10
Semilla de colza	5-7	----
Arroz	14	----

Fuente: SINHA R.N. y WALLACE H.A.H. (1977)

1.11 DESCRIPCIÓN DE LOS EQUIPOS REQUERIDOS PARA LA PLANTA

1.11.1 CLASIFICADORA DE CEREALES

Función: Clasificar de acuerdo al tamaño de los granos por lo menos en tres dimensiones de manera uniforme, con un motor aspirador que elimina polvillos de la materia prima y/o elementos ajenos como pajillas.

- Sistema de clasificación por medio de vibración con resortes
- Alimentación con dosificador
- Zarandas intercambiables
- Aspirador con regulador y ciclón receptor de polvillos
- Cámara clasificadora con tres vías de descarga

- Potencia de fuente vibratoria 2HP
- Potencia del aspirador 1.5 HP

1.11.2 PELADORA PULIDORA DE CEREALES

Función: Por sistema de fricción pela y ventila cebada seca en el primer proceso, al recargar el producto pelado realiza el pulido.

- Sistema de alimentación constante a través de tolva con visor, dosificador de ingreso del producto.
- Cámara de proceso compuesto por cinco piedras circulares y zaranda con perforación oblongo.
- Ventilador interno que desaloja la cascara hacia el ciclón
- Compuerta lateral para descarga del producto procesado con pesas de control que gradúa la salida del producto y el nivel del pulido.

1.11.3 HUMIDIFICADOR

Función: Acondicionar el grano para el proceso de expansión, ya que para una optima expansión se necesita que la cebada se encuentre en una humedad de 15 al 17%

- Cámara de proceso de acero inoxidable, con capacidad para 60 Kilogramos
- Entrada de agua caliente
- Aspas de agitación
- Termómetro
- Descarga

1.11.4 CAÑÓN EXPANSOR

Función: Expandir granos de cereales mediante presión, desde su tamaño natural hasta aumentar 5 o 6 veces su tamaño.

- Cámara receptora del grano
- Fuente de calor
- Manómetro
- Engranajes transversales unidimensionales
- Ejes transversales y longitudinales.
- Motor
- Potencia de 2HP

1.11.5 HORNO SECADOR

Función: Secar el grano de una humedad inicial de 12% hasta que contenga del 3 al 4% de humedad.

- Cámara de secado cilíndrica de forma estriada
- Tolva de alimentación y descarga
- Calor por combustión de gas propano
- Aspirador de aire caliente en la parte superior
- Aislamiento térmico
- Mecanismo accionado por motoreductor y motor
- Control de secador
- Potencia motoreductor de 1.5HP y Motor de 1HP

2 PARTE EXPERIMENTAL

2.1 LOCALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

La presente investigación se desarrollo en las instalaciones de la Cruz Roja del Chimborazo acantonada en Colta, estas dependencias se encuentran en Cajabamba en la Av. Unidad Nacional y Riobamba Antiguo, este proyecto abarca 39 comunidades del proyecto Columbe-Gatazo.

2.2 MUESTREO

Para el procesamiento de la cebada en los equipos existentes en el Laboratorio de la Cruz Roja Ecuatoriana se requirió la presencia de cebada Dorada producida en el sector.

En el primer caso se realizó un sondeo local en función de sus propiedades bromatológicas presentes en la cebada dorada producida en la Provincia de Chimborazo para utilizarlos en los ensayos.

La cebada que se tomara como muestra de ensayo es del Cantón Colta parroquia Columbe-Cajabamba, la misma que esta mejorada su semilla y se la llama perlada por su ausencia de corteza.

2.3 MATERIALES

Los materiales utilizados en la presente investigación fueron:

- Cebada pelada
- Cebada dorada
- Mufla

- Balanza analítica
- Probetas
- Crisoles
- Pinzas para crisoles
- Desecador
- Equipo de digestión y destilación Kjeldhal
- Balones
- Erlenmeyers
- Papel filtro
- Equipo de filtración al vacío
- Equipo de digestión con refrigeración de agua
- Cajas petri
- Espátula
- Algodón
- Vasos de precipitación
- Lana de vidrio
- Pipetas
- Matraz
- Varilla de agitación
- Termómetro
- Gradillas
- Tubos
- Pissetas de polietileno
- Peras de succión

2.4 DISEÑO EXPERIMENTAL

2.4.1 CARACTERÍSTICAS DEL DISEÑO EXPERIMENTAL

2.4.1.1 TIPOS DE INVESTIGACIÓN

- Por el tipo de datos a analizar: Cuantitativa
- Por las condiciones de estudio: De Campo
- Por la utilización del conocimiento: Aplicada

2.4.1.2 METODOLOGÍA

Les metodología utilizada para este estudio fue la experimental ya que basado en datos obtenidos experimentalmente se obtuvo las variables necesarias para el diseño de nuestra planta piloto.

2.5 MÉTODOS Y TÉCNICAS

2.5.1 METODOS

El presente estudio utilizara recursos teóricos como experimental para obtener apropiadamente la metodología adecuada a través de la implementación del proyecto de diseño, selección y aplicación de todas las herramientas y componentes necesarios para el procesamiento de la cebada, en respuesta a las posibles interrogantes que se puedan presentar en el transcurso del proceso.

2.5.1.1 INDUCTIVO

Por medio de las curvas de secado se obtendrá la temperatura óptima y el tiempo requerido para el secado del cereal y así obtener el porcentaje de

humedad establecido por la Norma INEN 2050:95 presente en el cereal, a través de los ensayos de laboratorio en un secador rotatorio.

Encontrada la temperatura óptima de secado se obtendrá las diferentes variables de proceso y de ingeniería, los cuales estos se van a convertirse en nuestros datos de partida para el dimensionamiento del secador de túnel apropiado.

2.5.1.2 DEDUCTIVO

De acuerdo a investigaciones nacionales y locales en la industrialización de granos se ha visto la necesidad de equipos para dar un valor agregado a los cereales de la zona.

2.5.1.3 EXPERIMENTAL

Los análisis de esta investigación a nivel de laboratorio siguieron una serie de variaciones de los parámetros de humedad establecidos previamente en tablas o en estudios ya realizados, para encontrar las condiciones óptimas que sean favorables para el dimensionamiento del secador de los equipos y así obtener el cereal con una crocancia, humedad y sabor aceptable por la norma.

Tabla 2.7.2.1-1

MÉTODO DE PRUEBA PARA LA DETERMINACIÓN DE HUMEDAD

FUNDAMENTO	MÉTODO	MATERIALES	MUESTRA	PROCEDIMIENTO
<p>La muestra es sometida a una temperatura adecuada para eliminar el máximo de humedad y el mínimo de otros componentes.</p>	<p>DESECACIÓN EN ESTUFA DE AIRE CALIENTE</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Estufa • Homogenizado res de muestra • Crisoles de porcelana o platino • Pinaza para crisol • Desecador 	<p>Se realizara a las muestras de cebada como también a las de cereal instantáneo elaborado</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Tárese un crisol a la temperatura de punto de ebullición del agua, regulada en el equipo previamente. P ✓ Colóquese de 1 a 3 gramos de muestra preparada en el crisol y registrar el peso como P1 ✓ Llévase el crisol a la estufa por un tiempo mínimo de 3 horas y máximo de 12 horas hasta alcanzar un peso constante P2 $\% H_2O = \frac{(P_2 - P_1)}{(P_1 - P)} \times 100$

Tabla 2.7.2.1-2

MÉTODO DE PRUEBA PARA LA DETERMINACIÓN DE CENIZAS

FUNDAMENTO	MÉTODO	MATERIALES	MUESTRA	PROCEDIMIENTO
La muestra es sometida a altas temperaturas, por un tiempo adecuado para eliminar el máximo de materias orgánicas y el mínimo de materia inorgánica.	INCINERACIÓN EN MUFLA	<ul style="list-style-type: none"> • Mufla hasta 1000 °C • Homogenizado res de muestra • Crisoles de porcelana o platino • Pinaza para crisol • Desecador 	Se realizara a las muestras de cebada como también a las de cereal instantáneo elaborado	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Tárese un crisol a la temperatura de 550 °C. P ✓ Colóquese de 1 a 3 gramos de muestra preparada en el crisol y registrar el peso como P1 ✓ Llévase a la mufla hasta obtener cenizas completamente blancas, grises o rosadas, sin residuos carbonosos.P2 $\% \text{Ceniza} = \frac{(P_2 - P_1)}{(P_1 - P)} \times 100$

Tabla 2.7.2.1-3

MÉTODO DE PRUEBA PARA LA DETERMINACIÓN DE PROTEÍNA

FUNDAMENTO	MÉTODO	MATERIALES	MUESTRA	PROCEDIMIENTO
<p>La muestra es sometida a digestión con un ácido fuerte concentrado y en exceso, en presencia de catalizadores; el exceso de ácido retiene el nitrógeno en forma de sal. En una segunda fase de destilación, el nitrógeno es desprendido con la adición de NaOH, y recogido en un ácido</p>	<p>MICROKJELDHAL</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Balanza analítica. ✓ Balón de Kjeldahl. ✓ Hornillas eléctricas. ✓ Aparatos de destilación de Kjeldahl. ✓ Múltiple con elementos de calentamiento y sistema de absorción de gases. ✓ Papel de filtro Whatman (no importa la malla) o 	<p>Se realizara a las muestras de cebada como también a las de cereal instantáneo elaborado</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Pese 1 gramo de muestra en el papel de filtro, envolver e introducirlo en el balón de Kjeldahl. ✓ Añada una cuchara a ras de la mezcla catalizador-elevador de la temperatura, adicionar 25 ml. de ácido sulfúrico concentrado por los bordes del balón con sumo cuidado. ✓ Coloque el balón de Kjeldahl en la hornilla eléctrica para su ataque durante una hora y media aproximadamente. La finalización del ataque se observa por la aparición de una solución de color verde-esmeralda límpido. Durante la hora y media de digestión, el balón de Kjeldahl se va rotando periódicamente con la finalidad de que la combustión de la materia orgánica en la muestra sea homogénea.

<p>débil, formando una sal que en la tercera fase de titulación es cuantificada con un ácido normal estandarizado</p>		<p>papel glacié.</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Vasos Erlenmeyers y buretas. ✓ Acido sulfúrico concentrado. ✓ Mezcla sulfato de cobre - sulfato de potasio (mezcla catalizador-elevador de la temperatura). ✓ Acido bórico. ✓ Sosa cáustica al 50 %. ✓ Acido clorhídrico 0,1 N. ✓ Indicador rojo de metilo. ✓ Granallas de zinc. 		<ul style="list-style-type: none"> ✓ Deje enfriar el producto así obtenido y adicione aproximadamente 500 ml. de agua. ✓ Antes de iniciar el proceso de destilación, en un vaso Erlenmeyers añada 50 ml. de ácido bórico y 3 a 4 gotas de indicador rojo de metilo. Coloque el vaso Erlenmeyers en el terminal del equipo de destilación de modo que el terminal quede inmerso en la solución bórica. ✓ En el balón de Kjeldahl, después de adicionar los 500 ml. De agua, añada unas cuantas granallas de zinc e inmediatamente 50 ml de solución de soda al 50 % y coloque en el equipo de destilación, ajustando bien la parte inicial de éste al balón de Kjeldahl. ✓ Inicie la destilación, hasta obtener un volumen aproximado de 250 ml. de destilado en el vaso Erlenmeyers e interrumpa el proceso de destilación. ✓ Titule el contenido del vaso Erlenmeyers con HCl 0,1 N hasta variación de color, en este caso amarillo a rojo. Anote el volumen gastado.
---	--	--	--	---

Tabla 2.7.2.1-4

MÉTODO DE PRUEBA PARA LA DETERMINACIÓN DE EXTRACTO ETÉREO

FUNDAMENTO	MÉTODO	MATERIALES	MUESTRA	PROCEDIMIENTO
La muestra es sometida a una extracción continua con un solvente orgánico por un tiempo suficiente para extraer toda la sustancia soluble, que por diferencia de peso se establecerá su contenido	EXTRACCIÓN CONTINUA	<ul style="list-style-type: none"> • Equipo de extracción de Goldfish • Accesorios del equipo Goldfish • Balanza Analítica • Algodón • Papel filtro • Desecador • Éter etílico 	Se realizara a las muestras de cebada como también a las de cereal instantáneo elaborado	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Pése se 1 g de muestra seca en un dedal de papel, e instale el equipo Goldfish con aproximadamente 30-40 ml de éter etílico en un vaso limpio, seco y tarado. ✓ Sométase a ebullición y extracción por 4 horas ✓ Recupérese el solvente reemplazando el porta dedal con el recuperador del equipo. ✓ Llévase por media hora a la estufa el vaso con el residuo, enfríese en un desecador y pése se el vaso con su contenido a temperatura ambiente. ✓ Calcular $\% EE = \frac{(P_1 - P)}{MT} \times 100$

Tabla 2.7.2.1-5

MÉTODO DE PRUEBA PARA LA DETERMINACIÓN DE FIBRA BRUTA

FUNDAMENTO	MÉTODO	MATERIALES	MUESTRA	PROCEDIMIENTO
<p>La muestra es sometida a una digestión acida con una solución diluida de acido fuerte, filtrada y luego a una digestión básica con una solución diluida de una base fuerte, filtrada y el residuo insoluble en acido y base, luego de cuantificado, por incineración debe determinarse sus cenizas, lo que definirá por diferencia de pesos la materia no digerible en ácido y base.</p>	<p>DIGESTIÓN ACIDO- BÁSICA</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Equipo de digestión con refrigeración de agua • Beakers para equipo de digestión • Equipo de filtración al vacio • Crisoles Gooch • Pinaza para crisol • Lana de vidrio • Acido sulfúrico diluido • Hidróxido de sodio diluido • Acetona • Alcohol amílico 	<p>Se realizara a las muestras de cebada como también a las de cereal instantáneo elaborado</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Pése 1 g de muestra seca, desengrasada y homogénea, colóquese en un beaker, añádase 200 ml de acido sulfúrico al 2.5% y llévase a digestión por media hora. ✓ Filtrese en lino, lávese el residuo con 50 ml de agua destilada caliente ✓ Regrese el residuo al vaso y añada 200 ml de sosa al 2.5% llévase digestión por media hora más. ✓ Prepárese un crisol con lana de vidrio y lávese con 10 ml de acetona. ✓ Filtrese al vacio el contenido digestado y lávese con 100 ml de agua destilada y 5 ml de acetona. ✓ Llévase a la estufa por una hora a 110 °C enfríe y pese P ✓ Incinérese el crisol que contiene el residuo previamente en mechero y llévase a la mufla hasta obtener cenizas blancas sin residuo ✓ Enfríe y pese P1

2.7.2.2 MÉTODOS MICROBIOLÓGICOS DE ANÁLISIS DE ALIMENTOS.

Tabla 2.7.2.2-1

MÉTODO DE PRUEBA PARA LA DETERMINACIÓN DE BACTERIAS MESOFILICAS AEROBIAS

FUNDAMENTO	MÉTODO	MATERIALES	MUESTRA	PROCEDIMIENTO
El fundamento consiste en contar las colonias que desarrollan en el medio de elección después de cierto tiempo y temperatura de incubación presuponiendo que cada colonia proviene de un microorganismo en la muestra bajo estudio.	RECuento EN PLACA	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Horno para esterilizar. ✓ Autoclave con termómetro, o manómetro ✓ Baño maría con termostato y termómetro. ✓ Licuadora de una o dos velocidades controladas por un reóstato con vasos esterilizables. ✓ Vasos esterilizables para licuadora. ✓ Balanza con sensibilidad de 0.1 g. ✓ Incubadora con termostato que evite variaciones Utensilios estériles para la preparación de las muestras. ✓ Pipetas bacteriológicas estériles de 10 y 1 ml graduadas ✓ Frascos de dilución de vidrio 	Se realizara a las muestras de cebada como también a las de cereal instantáneo elaborado	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Distribuir las cajas estériles en la mesa de trabajo ✓ Preparación y dilución de muestras de alimentos para análisis microbiológicos. ✓ Practicar las diluciones decimales que se estimen convenientes. ✓ Transferir 1 ml ó 0.1 ml de la muestra y de cada una de las diluciones a cajas Petri estériles ✓ Agregar 12 a 15 ml. del medio de cultivo fundido y mantenido a una temperatura de 45 - 48°C en un baño de agua ✓ Incubar las cajas en posición invertida (la tapa hacia abajo) ✓ Seleccionar aquellas placas donde aparezcan entre 30 a 300 colonias, pues es en ellas donde será menor el error en el recuento. ✓ Contar todas las colonias desarrolladas en las placas seleccionadas (excepto las de hongos), incluyendo las colonias puntiformes.

Tabla 2.7.2.2-2

MÉTODO DE PRUEBA PARA LA DETERMINACIÓN DE SALMONELLA

FUNDAMENTO	MÉTODO	MATERIALES	MUESTRA	PROCEDIMIENTO
<p>El aislamiento de la <i>Salmonella</i> requiere el empleo de técnicas que difieren según sea la composición del alimento, el tratamiento al que ha estado sujeto durante su procesamiento y la carga microbiana de producto final</p>	<p>RECuento EN PLACA</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Horno para esterilizar. ✓ Autoclave con termómetro, o manómetro ✓ Baño maría con termostato y termómetro. ✓ Licuadora de una o dos velocidades controladas por un reóstato ✓ Vasos esterilizables para licuadora. ✓ Balanza con sensibilidad de 0.1 g. ✓ Incubadora con termostato que evite variaciones ✓ Utensilios estériles para la preparación de las muestras. ✓ Pipetas bacteriológicas estériles de 10 y 1 ml graduadas ✓ Asa de platino o nicromel de 3 mm de diámetro y asa recta ✓ Portaobjetos de vidrio 	<p>Se realizara a las muestras de cebada como también a las de cereal instantáneo elaborado</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Preparar la muestra de alimento por analizar ✓ Pre-enriquecimiento ✓ Enriquecimiento ✓ Aislamiento ✓ Identificación bioquímica ✓ Identificación Serológica ✓ Interpretación de Resultados

Tabla 2.7.2.2-3

MÉTODO DE PRUEBA PARA LA DETERMINACIÓN DE HONGOS Y LEVADURAS

FUNDAMENTO	MÉTODO	MATERIALES	MUESTRA	PROCEDIMIENTO
<p>El objetivo principal de investigación en el laboratorio es descubrir las fuentes de contaminación y la defectuosa conservación de algunos alimentos.</p> <p>Por ello la técnica se ha diseñado para estimar su abundancia y no sólo su presencia.</p>	<p>RECUENTO EN PLACA</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Horno para esterilizar. ✓ Autoclave con termómetro, o manómetro ✓ Baño maría con termostato y termómetro. ✓ Licuadora de una o dos velocidades controladas por un reóstato ✓ Vasos esterilizables para licuadora. ✓ Balanza granataria con sensibilidad de 0.1 g. ✓ Incubadora con termostato que evite variaciones ✓ Utensilios estériles para la preparación de las muestras. ✓ Pipetas bacteriológicas estériles de 10 y 1 ml graduadas ✓ Asa de platino o nicromel de 3 mm de diámetro y asa recta ✓ Portaobjetos de vidrio ✓ Aplacadores de madera ✓ Contador de colonias Quebec o equivalente. ✓ Contador manual Tally o similar. 	<p>Se realizara a las muestras de cebada como también a las de cereal instantáneo elaborado</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ De cada dilución colocar 1 ml por duplicado en cajas petri y agregar 12 a 15 ml de aguaras-dextrosa acidificado, fundido y mantenido a 45°-48°C. ✓ Homogeneizar y dejar solidificar. ✓ Incubar una serie de placas a 22°C durante 5 días y la otra serie a 35°C durante 48 horas. ✓ Contar las colonias de hongos en la serie incubada a 22°C y las colonias de levaduras en la serie incubada a 35°C así como en la incubada a 22°C.

Tabla 2.7.2.2-4

MÉTODO DE PRUEBA PARA LA DETERMINACIÓN DE COLIFORMES

FUNDAMENTO	MÉTODO	MATERIALES	MUESTRA	PROCEDIMIENTO
<p>La demostración y el recuento de organismos coliformes pueden realizarse mediante empleo de medios sólidos que los favorecen selectivamente y los diferencian de los microorganismos con los que suelen encontrarse asociados en los alimentos, o bien recurriendo a tubos de fermentación que contengan caldo lactosa y computando su número con base a las tablas de número más probable (NMP).</p>	<p>RECUENTO EN PLACA</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Horno para esterilizar. ✓ Autoclave con termómetro, o manómetro ✓ Baño maría con termostato y termómetro. ✓ Licuadora de una o dos velocidades controladas por un reóstato ✓ Vasos esterilizables para licuadora. ✓ Balanza granataria con sensibilidad de 0.1 g. ✓ Incubadora con termostato que evite variaciones ✓ Utensilios estériles para la preparación de las muestras. ✓ Pipetas bacteriológicas estériles de 10 y 1 ml graduadas ✓ Gradillas y tubos ✓ Asa de platino o nicromel de 3 mm de diámetro y asa recta ✓ Portaobjetos de vidrio ✓ Aplacadores de madera ✓ Contador de colonias Quebec o equivalente. ✓ Contador manual Tally o similar. 	<p>Se realizara a las muestras de cebada como también a las de cereal instantáneo elaborado</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Preparar la muestra y sus diluciones decimales ✓ Inocular 1 mililitro por dilución a cada uno de los tres tubos con 10 ml de Caldo Lauril Sulfato Triptosa. ✓ Incubar los tubos por 48 ± 2 horas de 35°C. Examinar los tubos a las 24 ± 2 horas y observar si hay acumulación de gas en la campana de fermentación. La presencia de gas, en cualquier cantidad dentro de 48 horas hace positiva la prueba. ✓ Prueba confirmatoria ✓ Reportar NMP de coliformes por gramo o mililitro.

Tabla 2.7.2.2-5

MÉTODO DE PRUEBA PARA LA DETERMINACIÓN DESTAPHYLOCOCCUS

FUNDAMENTO	MÉTODO	MATERIALES	MUESTRA	PROCEDIMIENTO
<p>La presencia del estafilococo áureo en ciertos alimentos reviste importancia por tratarse de un microorganismo parásito del hombre y animales superiores y por su capacidad para producir en determinadas condiciones una poderosa enterotoxina.</p>	<p>RECuento EN PLACA Baird-Parker</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Horno para esterilizar. ✓ Autoclave con termómetro, o manómetro ✓ Baño maría con termostato y termómetro. ✓ Licuadora de una o dos velocidades controladas por un reóstato ✓ Vasos esterilizables para licuadora. ✓ Balanza granataria con sensibilidad de 0.1 g. ✓ Incubadora con termostato que evite variaciones ✓ Utensilios estériles para la preparación de las muestras. ✓ Pipetas bacteriológicas estériles de 10 y 1 ml graduadas ✓ Gradillas y tubos ✓ Asa de platino o nicromel de 3 mm de diámetro y asa recta ✓ Portaobjetos de vidrio ✓ Contador de colonias Quebec o equivalente. ✓ Contador manual Tally o similar. 	<p>Se realizara a las muestras de cebada como también a las de cereal instantáneo elaborado</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Colocar 0.1 ml de cada dilución sobre una placa de agar Baird Parker y extenderla con la varilla de vidrio en toda la superficie ✓ Incubar las placas invertidas a 35-37°C durante 24-48 horas, después de 24 horas seleccionar las placas que muestren de 50 a 150 colonias aisladas, contar y marcar todas aquellas que aparezcan negras y brillantes con o sin ligero borde blanco y rodeadas por una zona clara en el fondo del medio opaco. Estas colonias son de estafilococo áureo. ✓ Incubar las placas 24 horas más e incluir en el cómputo las colonias nuevas que reúnan las características ya señaladas. ✓ Seleccionar la caja que contenga más de 150 colonias sospechosas y efectuar la prueba de coagulasa.

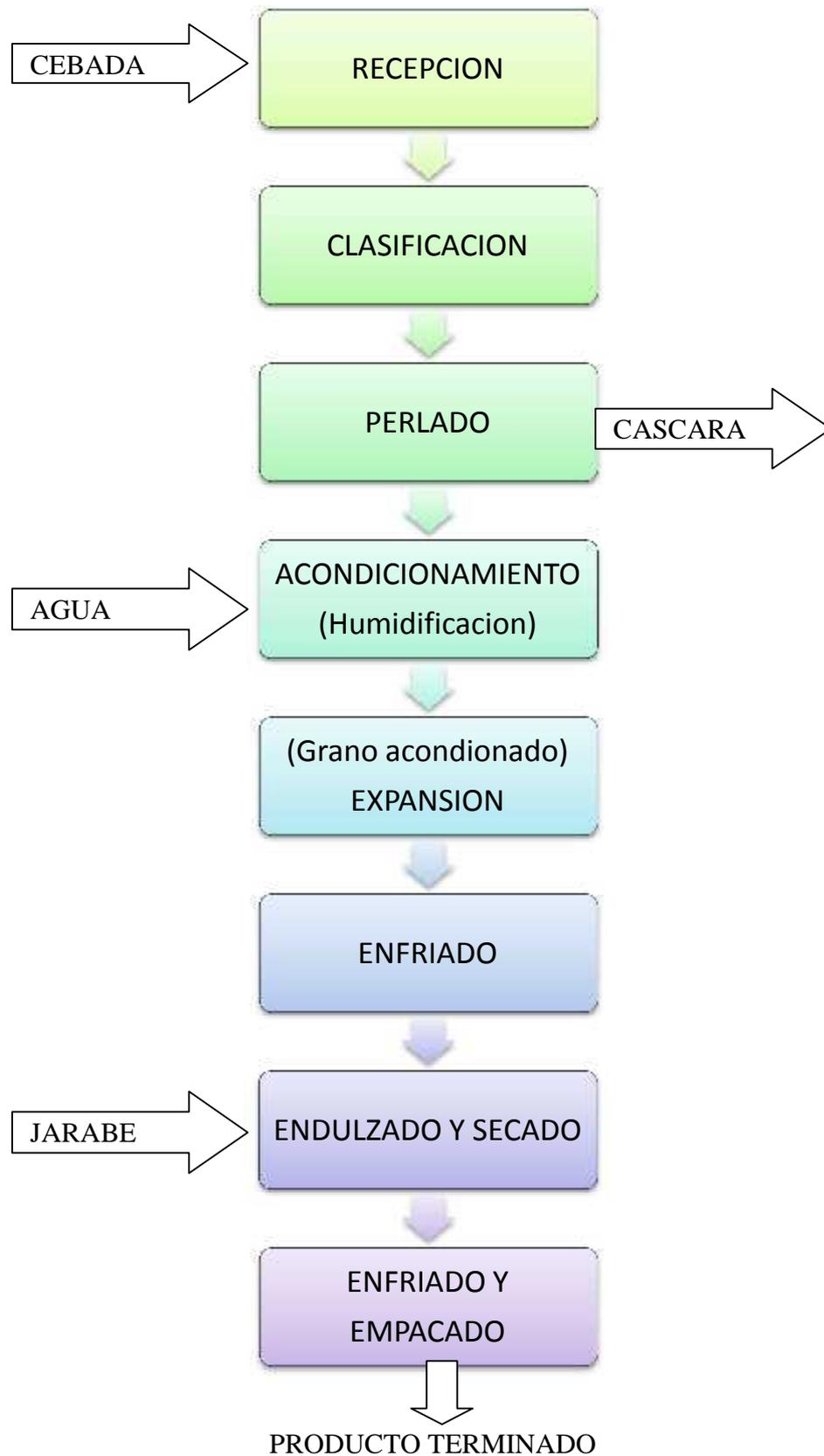
3 DISEÑO DE LA PLANTA PILOTO

El diseño de la planta para elaboración de cereal consiste principalmente en la selección de aspectos físicos y tecnológicos para el tratamiento de la materia prima de una manera eficiente mediante procesos de humidificación, inflado, etc.

De acuerdo a las necesidades de cada uno de los procesos a aplicarse se hace la selección de las herramientas y la maquinaria para un funcionamiento óptimo en todas sus etapas.

El diseño de la planta considera además parámetros muy estrictos de calidad y seguridad alimentaria así también de conservación y vida útil del producto.

3.1 DIAGRAMA DE FLUJO PARA LA ELABORACIÓN DE UN CEREAL INSTANTÁNEO DE CEBADA



3.2 CÁLCULOS DE INGENIERÍA

3.2.1 Clasificadora de cereales

Datos

$$r_{exc}=0.002 \text{ m}$$

$$=25$$

$$g = 9.8 \text{ m/s}^2$$

$$U_E= 0.62$$

$$U_c= 0.47$$

Diseño del mecanismo principal de la clasificadora de cereales

La potencia requerida y las condiciones de movimiento para el cribado son transmitidos a través de un sistema biela manivela

Aceleración de la zapata al bajar

$$j_{zB} = \frac{9.81}{\frac{\cos 25}{0.63} - \sin 25} = 9.5 \frac{m}{s^2}$$

$$j_{zS} = \frac{9.81}{\frac{\cos 25}{0.47} - \sin 25} = 6.5 \frac{m}{s^2}$$

$$6.5 \frac{m}{s^2} < j_z < 9.5 \frac{m}{s^2}$$

Aplicando la Ec. 1.10-2 y sabiendo que el tiempo de arranque $t=0$ (aceleración máxima) se tiene que realmente j_z depende de las revoluciones W_{p3c} que tendrá la polea inferior de la criba.

$$J_z = -r_{exc} \Gamma_{p3c} \left(\sin W_{p3c} t + \frac{r_{exc}}{2l} \sin 2W_{p3c} t \right) r_{exc} W_{p3c}^2 \left(\cos W_{p3c} t + \frac{r_{exc}}{l} \cos 2W_{p3c} t \right)$$

Tabla: Velocidad angular óptima

(rpm)	Tiempo t(s)	Jz (m/s ²)
1000	0	22.07
900	0	17.87
800	0	14.2
700	0	10.81
650	0	9.32
600	0	7.94
550	0	6.67
500	0	5.52
450	0	4.47
400	0	3.53

De esta tabla se obtiene que la velocidad óptima angular $W_{p3c}=650\text{rpm}$ satisface la condición:

$$J_z = 9.32 \frac{m}{s^2}$$

$$6.5 < 9.32 < 9.5$$

Torque requerido por el eje 3 C

$$T_{21} = [(m_{3B} + m_4) j_z] A_z \tan \omega R$$

$$T = 1.33$$

Potencia requerida por la clasificadora de cereales

$$P_{sc} = T_{21} * W_{p3c}$$

$$P_{sc} = 1.33 * 650 = 0.12Hp$$

Potencia dinámica del motor de la clasificadora de cereales

$$P_{dmc} = \frac{P_{sc}}{n_{general}} * C_s$$

Cálculo del rendimiento general

$$n_{general} = n_{banda} * n_{rodm}^k$$

$$n_{general} = 0.8 * 0.99^2 = 0.78$$

$$C_S = 1.25$$

$$P_{DMC} = \frac{0.12}{0.78} * 1.25 = 0.19Hp$$

Potencia del motor de la clasificadora de cereales

$$P_{MC} = 1.75 * P_{DMC}$$

$$P_{MC} = 1.75 * 0.19 = 0.33Hp$$

3.2.2 PELADORA PULIDORA DE CEREALES

$$F_m = 56.8Kg/h$$

$$= 1.416Kg/m^3$$

$$a = 0.782$$

$$a_1 = 0.1613$$

$$b = 0.16$$

$$b_1 = 0.16$$

$$V_{TOLVA} = 0.03476 \quad m^3$$

$$V_{TOLVA} = h[(a * b) + (a + a_1) * (b + b_1) + (a_1 * b_1)] / 6$$

$$V_{TOLVA} = 0.03476 \quad m^3$$

$$t_{RECARGA} = \frac{V_{TOLVA} * u_{CEBADA}}{F_m_{CEBADA}}$$

$$t_{RECARGA} = 0.87 \quad h$$

3.2.2.1 BALANCE DE ENERGÍA A PARA EL RODILLO ALIMENTADOR

T_{1ra}	=	Energía cinética inicial del rodillo alimentador
T_{2ra}	=	Energía cinética final del rodillo alimentador
V_{1ra}	=	Velocidad inicial del rodillo alimentador
V_{2ra}	=	Velocidad final del rodillo alimentador
I	=	Distancia entre centros
m_{ra}	=	Masa del rodillo alimentador
W_{1p5D}	=	Velocidad angular inicial de la polea 5D
W_{2p5D}	=	Velocidad angular final de la polea 5D
V_{1-2ra}	=	Trabajo del rodillo alimentador
F_{pra}	=	Fuerza de la polea del rodillo alimentador
S_{1p5D}	=	Peso de la cebada sobre el rodillo alimentador
W_{ceb}	=	

e_{ra} = Radio del rodillo alimentador

2_{ra} = Desplazamiento angular del rodillo alimentador

$$T_{1ra} + V_{1-2ra} = T_{2ra}$$

$$T_{1ra} = \frac{1}{2} m_{ra} V_{2ra}^2 + \frac{1}{2} I_{ra} W_{1p5D}^2$$

Energía cinética: $T_{2ra} = \frac{1}{2} m_{ra} V_{2ra}^2 + \frac{1}{2} I_{ra} W_{2p5D}^2$

$$V_{1ra} = V_{2ra}$$

$$W_{1p5D} = W_{2p5D}$$

- **Trabajo:**

$$S_{2p5D} = r_{p5D} \theta_{2p5D}$$

- **Reemplazando**

$$F_{p5D} (r_{p5D} \theta_{2p5D}) = \frac{1}{2} W_{SET} \theta_{ra} \theta_{2ra}$$

- **Sabiendo que por estar sobre el mismo eje**

$$n_{P5D} = n_{ra} \quad \text{Ec. 3.2.1.1-1}$$

$$F_{P5D} \times n_{P5D} = \frac{W_{set} \times n_{ra}}{2} \quad \text{Ec. 3.2.1.1-2}$$

$$T_{P5D} = F_{P5D} \times n_{P5D} \quad \text{Ec.3.2.1.1-3}$$

Aplicando la Ec. 3.2.1.1-1 en Ec. 3.2.1.1-2

$$T_{5D} = \frac{W_{set} \times n_{ra}}{2}$$

$$W_{SET} = \chi_{sem} U_{s5ra}$$

$$U_{sra} = a_1 b_1 h$$

Reemplazando se tiene

$$U_{sra} = 0.1613 * 0.16 * 0.55 = 0.01419m^3$$

$$W_{set} = 1102 \frac{Kg}{m^3} * 0.01419m^3$$

$$W_{set} = 15.63Kg = 152.7N$$

Teniendo $n_{ra}=0.044$

$$T_{P5D} = \frac{152.97 * 0.044}{2}$$

$$T_{P5D} = 3.36N - m$$

- **Potencia en el rodillo alimentador**

$$P_{P5D} = T_{P5D} * W_{P5D}$$

Con el resultado de la Ec. 103 y con $W_{ra}= 12rpm$ en la 104 se tiene

$$P_{P5D} = 3.36 * 0.12 = 40.32N - m * rpm = 0.2360Hp$$

- **Fuerza entre rodillos**

Al determinar la presión necesaria para pulir la cebada se aplica una fuerza de 0.09N determinada experimentalmente

- **Potencia necesaria en el rodillo descascarador**

$$P_{fsem} = T_{frs} * W_{P4D}$$

$$W_{P4D} = 1000rpm$$

$$P_{fsem} = 0.3537 * 1000 = 0.0497Hp$$

- **Potencia consumida por la descascaradora**

$$P_{CD} = 2P_{fsem} + P_{P5D}$$

$$P_{CD} = 2(0.0497) + 0.0956$$

$$P_{CD} = 0.195Hp$$

- **Calculo del rendimiento general**

$$P_{DMD} = \frac{P_{CD}}{Y_{general}} * C_s$$

$$Y_{general} = Y_{banda} * Y_{rodamiento}^k$$

$$Y_{general} = 0.8 * 0.99^4 = 0.77$$

$$P_{DMD} = \frac{0.195}{0.77} * 1.25 = 0.316Hp$$

- **Potencia del motor de la descascaradora**

$$P_{MD} = 1.75 * P_{DMD}$$

$$P_{MD} = 1.75 * 0.316 = 0.554Hp$$

$$P_M = 0.6Hp$$

3.2.3 HUMIDIFICADOR

$$A + B \Leftrightarrow C$$

$$56.8 * 0.12 + B * 1 = C * 0.17$$

$$6.816 + B = 0.17 * 56.8$$

$$B = 9.66 - 6.816$$

$$B = 2.84 Kg$$

$$u = \frac{m}{V}$$

$$V = \frac{2840 g}{0.9982 \frac{g}{cm^3}}$$

$$V = 2845.12 cm^3$$

$$V = 2.85 L \Leftrightarrow$$

Recipiente cilíndrico

$$r = 35 cm$$

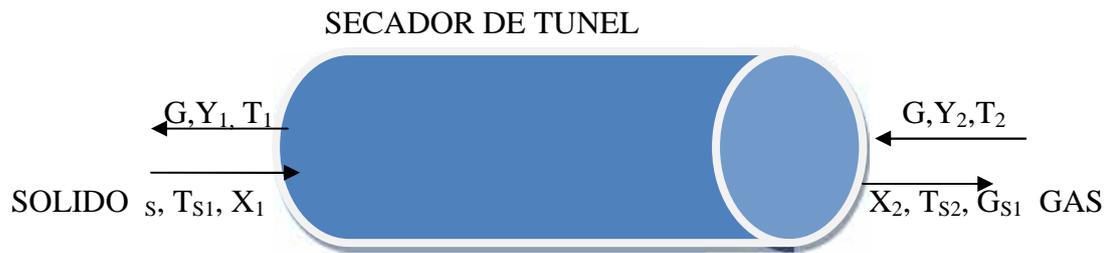
$$h = 50 cm$$

$$p = 0.1 Hp$$

12 rpm

3.2.3.1 SECADOR

3.2.3.1.1 Balance de masa



G_s = Caudal de solido 56.8 Kg/h

X_1 = Humedad del solido a la entrada 0.17

X_2 = Humedad del solido a la salida 0.04

Y_2 = humedad del aire a la entrada 0.009 Kg de H_2O / Kg de aire seco

T_{s1} = Temperatura del solido a la entrada 20 C

T_{s2} = Temperatura del solido a la salida 80°C

T_2 = Temperatura del aire a la entrada 185 C

T_1 = Temperatura del aire a la salida 85 C

C_{ps} = Capacidad calorífica de la cebada 0.71 Kcal/Kg C

C = Calor específico del aire 0.24 Kcal/Kg C

G = Caudal de gas

Y_1 = Humedad del aire a la salida

$$\begin{aligned}
X_1 G_s + Y_2 G &= X_2 G_s + Y_1 G \\
9.656 + 0.096 - 2.72 &= Y_1 G \\
0.17 * 56.8 + 0.009 G &= 0.04 * 56.8 + Y_1 G \\
Y_1 G &= 7.384 + 0.09 G
\end{aligned}$$

3.2.3.1.2 BALANCE DE ENERGÍA

$$H_1 G_s + H_{12} G = H_2 G_s + H_1 G + q$$

3.2.3.1.3 CÁLCULO DE LAS ENTALPÍAS DEL SÓLIDO

ENTRADA

$$\begin{aligned}
H_{(Solidoentrada)} &= (C_{ps} + X_1) T_{s1} \\
&= (0.17 + 0.71) 20 \\
&= 17.6 \frac{Kcal}{Kg}
\end{aligned}$$

SALIDA

$$\begin{aligned}
&= (C_{ps} + X_2) T_{s2} \\
&= (0.71 + 0.04) 80 \\
&= 60 Kcal / Kg
\end{aligned}$$

3.2.3.1.4 CÁLCULO DE LA ENTALPÍA DEL AIRE

$$\begin{aligned}
H_{2(aireentrada)} &= (0.24 + 0.46 Y_2) T_2 + 59702 Y_2 \\
&= (0.24 + 0.46 (0.09)) 185 + 5.375 \\
&= (0.24 + 0.00414) 185 + 5.375 \\
&= 44.4 + 0.766 + 5.735 \\
&= 50.901 \frac{Kcal}{Kg}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
H_{1(airesalida)} &= (0.24 + 0.46 Y_1) 85 + 597.2 Y_2 \\
&= 20.4 + 39.1 Y_1 + 597.2 Y_2 \\
&= H_1 = 20.4 + 636.3 Y_1
\end{aligned}$$

El cálculo de la cantidad necesaria de aire y su humedad de salida se efectúa por aplicación de un balance de masa y energía simultáneos con $q=0$ pues no hay pérdidas de energía.

$$H_{1(entalpia\ del\ solido\ de\ entrada)} G_s + H_{2(entalpia\ de\ entrada)} G = H_{2(entalpia\ del\ solido\ de\ salida)} G_s + H_{1(entalpia\ del\ aire\ de\ salida)} G$$

$$1706 \cdot 56.8 + 50.901 \cdot G = 60 \cdot 56.8 + (20.4 + 636.3Y_1)G$$

$$99.68 + 50.901 G = 3408 + 20.4 G + 636.34 Y_1 G$$

$$30.501 G = 2408.32 + 636.34 G Y_1$$

$$30.501 G = 2408.32 + 636.34 (7.384 + 0.009 G)$$

$$30.501 G = 2408.32 + 4698.74 + 5.72 G$$

$$24.77 G = 7107.05$$

$$G = 286.88 \frac{\text{Kg aire } \text{sec } o}{h}$$

3.2.3.1.5 CÁLCULO DE LA HUMEDAD DE SALIDA

$$Y_1 G = 7.384 + 0.009 G$$

$$Y_1 = \frac{7.384 + 2.58}{286.88}$$

$$Y_1 = 0.035$$

- **CÁLCULO DE LA ENTALPIA DE SALIDA**

$$H_1 = 20.4 + 63.63 Y_1$$

$$H_1 = 42.5 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}}$$

- **CÁLCULO DE LA CANTIDAD DE CALOR PERDIDO**

La pérdida del calor al exterior se estima en un 10% de la entalpia total del aire de entrada

$$q = G \cdot F \cdot H_2$$

$$q = 286.88 \cdot 0.1 \cdot 50.91$$

$$q = 1460.51 \frac{\text{Kcal}}{h}$$

3.3 RESULTADOS

3.3.1 DENSIDAD

**TABLA 3.3.1-1
DENSIDAD APARENTE Y REAL DE LA CEBADA**

	DAkg/m³	DRkg/m³	E%
Dorada	869	1416	0.386

Fuente: Tesista

TABLA 3.3.2-2

DENSIDAD APARENTE Y REAL DETERMINADA EN CEBADA EXPANDIDA

	DA Kg/m³	DRkg/m³
Dorada	183.72	359,17

Fuente: Tesista

TABLA 3.3.2-3

GRADO DE EXPANSIÓN

	A 120 PSI %	A 150 PSI %	PROMEDIO %
Dorada	71.99	72.47	72.23

Fuente: Tesista

TABLA 3.3.2-3

EFFECTO DE LA EXPANSIÓN EN LA COMPOSICIÓN PROXIMAL DEL GRANO

MEDICION	DORADA	
	GN	GE
Humedad %	15	7.3
Cenizas %	1.73	1.71
Fibra cruda %	2.43	4.39
Extracto etéreo %	1.6	1
Proteína	12	11
Almidón	80	89

Fuente: Tesista

3.4 REQUERIMIENTOS DE MAQUINARIA PARA LA PLANTA

TABLA 3.4.1
DIMENSIONAMIENTO DE LA CLASIFICADORA DE CEREALES

CLASIFICADORA DE CEREALES		
MECANISMO	RPM	POTENCIA MOTOR HP
VIOLA MANIBELA	650	0.33
LARGO	2,00	M
ANCHO	1,20	M
TOLVA DE ALIMENTACION		
LARGO	0,78	M
ANCHO	0,26	M
TOLVA DE DESCARGA		
ANCHO	0,78	M
LARGO	0,20	M
3 EJES		
LARGO	1,07	M
GRUESO	0,04	M

Fuente: Tesista

TABLA 3.4.2
PELADORA DE CEBADA

PELADORA DE CEBADA		
MECANISMO	RPM	POTENCIA MOTOR HP
RODILLOS DE CAUCHO	1000	0,6
TOLVA DE ALIMENTACION		
LARGO	0,78	M
ANCHO	0,26	M
RODILLO DESCASCADOR		
EJE DEL RODILLO DE ALIMENTACION		
TOLVA DE SALIDA		
LARGO	0,34	M
ANCHO	0,25	M
POLEAS		

Fuente: Tesista

**TABLA 3.4.3
HUMIDIFICADOR**

MECANISMO	FLUJO MASICO KG	HUMEDADES DE ENTRADA Y SALIDA %
DIRECTO	56.8	12-17
RECIPIENTE		
ALTO	0,55	M
RADIO	0,35	M
VOLUMEN	0,06	m ³
MATERIAL		
ACERO INOX	3	Mm

Fuente: Tesista

**TABLA 3.4.4
EXPANSOR**

MECANISMO	FLUJO MASICO	PRESION	TEMPERATURA	TIEMPO
Diferencias de presión y temperatura	56.8 kg/h	150 psi	210 C	1-7 min
CAMARA ESPANSORA				
RADIO	0,50		M	
VOLUMEN			m ³	
CAMARA DE RECEPCION				
LARGO	2.5		M	
ANCHO	2.5		M	
ALTO	2		M	
SERPENTIN				
LARGO	0,8		M	
ALTO	0,20		M	
DIAMETRO DE TUBO	0,04		M	

FUENTE: Tesista

TABLA 3.4.5
DIMENSIONAMIENTO DEL SECADOR ROTATORIO

SECADOR		
LARGO	4,00	M
ANCHO	0,60	M
CAMARA DE SECADO		
LARGO	3,00	M
ANCHO	0,45	M
ALTO	0,50	M
REDUCTOR DE VELOCIDAD		
POTENCIA	1	Hp
TOLVA DE ALIMENTACION		
LARGO	0,20	M
ANCHO	0,30	M
TOLVA DE DESCARGA		
ANCHO	0,20	M
LARGO	0,30	M
2 VENTILADORES		
CAUDAL	12,6	m ³ /s

Fuente: Tesista

3.5 ANALISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS

La densidad del grano de cebada con respecto al cereal expandido baja considerablemente misma que en la real era 869 kg/m^3 y en el cereal expandido fue de $183,72 \text{ kg/m}^3$, misma que vario por la expansión sufrida por el cereal, el grado de expansión del cereal varía de acuerdo a la temperatura y a la presión sometida al grano durante su expansión ya que el grado de expansión es directamente proporcional a la presión y temperatura hasta llegar a un equilibrio máximo.

El contenido proximal del grano también varia por efecto de la expansión siendo así que la humedad de un 15% inicial baja a un 7,5% misma que por efecto de la variación de la precion y temperatura al momento de la expansión se libera de forma drástica y se da así la expansión.

CAPITULO IV

4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES

- Realizada la caracterización microbiológica y bromatológica de la cebada y el cereal se logro determinar que los procesos realizados no afectan drásticamente la composición química nutricional del grano nativo de cebada en especial lo relacionado con la proteína (17.72) y al ser medido como grano expandido (16.41) no se registro una reducción significativa; en contraste un incremento en la concentración de fibra de (3.91) a (4.87).
- Analizados los resultados determinamos las variables a utilizar en nuestro proceso tales como tiempo, temperatura de expansión como de secado, presión, humedad y grado de expansión, mismas que introducidos a un proceso nos sirvieron para el dimensionamiento de los equipos necesarios para nuestro proceso.
- Con el dimensionamiento de los equipos se determinó el tamaño de los equipos, potencia requerida para el funcionamiento de cada uno de ellos, las especificaciones para el correcto funcionamiento dentro de la planta, y los materiales en los cuales deben estar fabricados para un manejo correcto de los alimentos.

4.2 RECOMENDACIONES

- Aplicar el diseño realizado para cada una de las maquinas y de la planta realizada, para así poder elaborar un producto de calidad y con un grado de nutrición alto para así poder suplir los requerimientos alimenticios de nuestra población, dando como resultado un producto apetecido en nuestro medio y porque no en el exterior.
- Equipar un laboratorio de control de calidad con los equipos básicos para monitorear constantemente el producto que estamos elaborando en cada uno de los puntos del proceso.
- Mantener a cargo de la planta y de la maquinaria a personal calificado y capacitado para asegurar su buen funcionamiento asegurando así la calidad del producto y la rentabilidad de la planta.

BIBLIOGRAFÍA

GENERAL

- ✓ **CRUZ ROJA ECUATORIANA**, Proyecto Cajas de Ahorro y Crédito y Fortalecimiento de la Gestión Comunitaria de las Comunidades Campesinas de Columbe y Gatazo – Ecuador. 2004
- ✓ **CALLEJO, M.** Industria de cereales y derivados. Eds AMV, Mundi-Prensa. Madrid, España. 2002
- ✓ **VIVAR, H.** Investigación de Cebada en América: Un Panorama. Primera reunión Latinoamericana de cebada Cervecera. Noviembre 28-Diciembre 1, 1994- Bolivia
- ✓ Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC). Encuesta Nacional de Superficie y Producción Agropecuaria. 1995
- ✓ **KENT, L.N.** Technology of Cereals Tercera edición Research, Association of British Flour – Millers: Cambridge, USA.
- ✓ **VILLACRES, E.** La cebada un cereal Nutritivo. Editorial IMPREFEPP. Quito, Ecuador
- ✓ **BELIZT, H; GROSH, W.** Química de los Alimentos Ed. Acribia Zaragoza-España
- ✓ **PEISKER, M.** Extrusión Communique, june 1994
- ✓ **DAVILA, J; POLIT, P; ACUÑA, O.** Memorias del Seminario Taller sobre Extrusión de Alimentos. Escuela Politécnica Nacional. Instituto de Investigación Tecnológica Área de Alimentos Quito – Ecuador
- ✓ **GUEVARA, M.** Desarrollo y Caracterización de Alimentos Expandidos a base de Maíz y Soya. Tesis previa a la obtención del Título de Ingeniero de Alimentos. Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ciencias e Ingeniería de Alimentos. Ambato – Ecuador

- ✓ **POLIT, P.** Efecto del procesamiento por extrusión sobre los almidones. Documento. Escuela Superior Politécnica Nacional. Instituto de investigación Tecnológica Área de Alimentos. Quito – Ecuador
- ✓ **LARA, N.** Estudio de efectos de Expansión por aire caliente en las propiedades Físicoquímicas, Nutricionales y Sensoriales de la semilla de Amaranto. Tesis Msc EPN Quito – Ecuador
- ✓ **CENDRERO, ORESTES** Nociones de historia natural. Séptima Edición, París. 1938
- ✓ **KENT, NORMAN LESLIE** Technology of cereals: An introduction for students of food science and agriculture. Pergamon Press Ltd, Oxford. 1983
- ✓ **RUIZ CAMACHO, RUBÉN** Cultivo del Trigo y la Cebada. Temas de Orientación Agropecuaria, Bogotá. 1981

ESPECIFICA

- CRUZ ROJA ECUATORIANA**, Proyecto Cajas de Ahorro y Crédito y Fortalecimiento de la Gestión Comunitaria de las Comunidades Campesinas de Columbe y Gatazo – Ecuador. 2004 Pp. 5
- CALLEJO, M.** Industria de cereales y derivados. Eds AMV, Mundi-Prensa. Madrid, España. 2002 Pp. 322-324
- VIVAR, H.** Investigación de Cebada en América: Un Panorama. Primera reunión Latinoamericana de cebada Cervecera. Noviembre 28-Diciembre 1, 1994- Bolivia Pp. 20
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC). Encuesta Nacional de Superficie y Producción Agropecuaria. 1995 Pp. 63

KENT, L.N. Technology of Cereals Terceraedición Research, Association of British Flour – Millers: Cambridge, USA.

VILLACRES, E. La cebada un cereal Nutritivo. Editorial IMPREFEPP. Quito, Ecuador Pp. 3-5

BELIZT, H; GROSH, W. Química de los Alimentos Ed. Acribia Zaragoza-España Pp.212-213

ILA, J; POLIT, P; ACUÑA, O. Memorias del Seminario Taller sobre Extrusión de Alimentos. Escuela Politécnica Nacional. Instituto de Investigación Tecnológica Área de Alimentos Quito – Ecuador Pp. 23-47

GUEVARA, M. Desarrollo y Caracterización de Alimentos Expandidos a base de Maíz y Soya. Tesis previa a la obtención del Título de Ingeniero de Alimentos. Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ciencias e Ingeniería de Alimentos. Ambato – Ecuador Pp. 42

POLIT, P. Efecto del procesamiento por extrusión sobre los almidones. Documento. Escuela Superior Politécnica Nacional. Instituto de investigación Tecnológica Área de Alimentos. Quito – Ecuador Pp. 46

LARA, N. Estudio de efectos de Expansión por aire caliente en las propiedades Físicoquímicas, Nutricionales y Sensoriales de la semilla de Amaranto. Tesis Msc EPN Quito – Ecuador Pp. 100

BIBLIOGRAFIA DE INTERNET:

✓ Muestreo

<http://html.rincondelvago.com/conceptos-y-muestreo.html>

✓ Tipos de muestreo

<http://www.icm.csic.es/rec/gim/defini.htm>

✓ Tipos de muestreo

http://www.hsa.es/id/investigacion/uai/uai_docs/muestreo/muestreo.htm

✓ Muestreo sistemático

<http://www.monografias.com/trabajos11/tebas/tebas.shtml>

✓ Muestreo sistemático

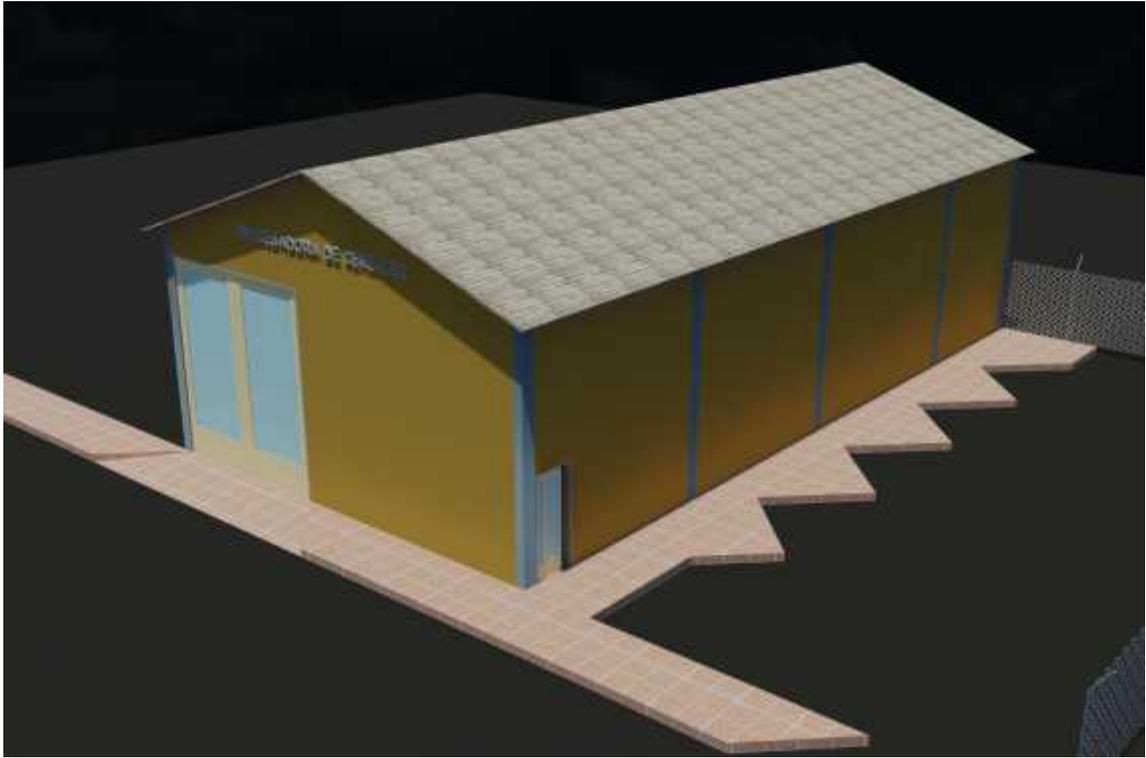
<http://www.bioestadistica.uma.es/libro/node90.htm>

✓ Secado

["http://es.wikipedia.org/wiki/Secado de sÃ³lidos"](http://es.wikipedia.org/wiki/Secado_de_sÃ³lidos)

ANEXOS

ANEXO A



ANEXO B



ANEXO C



ANEXO D



ANEXO E

