



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA DE INGENIERÍA QUIMICA

“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN DESCASCARADOR DE CEBADA Y TRIGO”

TESIS DE GRADO

Previa la obtención del Título de:

INGENIERO QUIMICO

Presentado por:

ANGELICA NATALI MARTINEZ MALDONADO

JESSICA JOHANA PAREDES SANGOQUIZA

Riobamba – Ecuador

2013

AGRADECIMIENTO

El presente trabajo de tesis agradecemos a ti Dios por bendecirnos para llegar hasta donde hemos llegado, porque hiciste realidad este sueño anhelado.

Agradecemos a nuestra familia que siempre está presente en nuestras ideas, depositando su entera confianza en cada reto que se nos presentaba sin dudar ni un solo momento en nuestra inteligencia y capacidad.

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, en especial a la Escuela de Ingeniería Química, y a los grandes maestros que la conforman en particular al Ing. Mario Villacrés y Dr. Galo Insuasti, por su esfuerzo y dedicación, quien con sus conocimientos, su experiencia, su paciencia y su motivación han logrado en nosotros que podamos terminar nuestros estudios con éxito.

Son muchas las personas que han formado parte de nuestra vida profesional a las que nos encantaría agradecerles su amistad, consejos, apoyo, ánimo y compañía en los momentos más difíciles de nuestras vidas, queremos darles las gracias, por todo lo que nos han brindado y por todas sus bendiciones.

Para ellos: Muchas gracias y que Dios los bendiga

DEDICATORIA

Nuestra tesis la dedicamos con todo nuestro amor y cariño.

A ti Dios que nos diste la oportunidad de vivir y permitirnos el haber llegado hasta este momento tan importante de nuestra formación profesional, además de su infinita bondad y amor.

Con mucho cariño principalmente a nuestra familia por habernos apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por los ejemplos de perseverancia y constancia que los caracterizan. Todo este trabajo ha sido posible gracias a ellos.

A nuestros maestros, Ing. Mario Villares, por su gran apoyo y motivación para la culminación de nuestros estudios profesionales y para la elaboración de esta tesis; al Dr. Galo Insuasti, por su apoyo ofrecido en este trabajo; por su tiempo compartido y por impulsar el desarrollo de nuestra formación profesional.

Les agradecemos a todos ustedes por haber llegado a nuestras vidas y compartido momentos agradables y momentos tristes, pero esos momentos son los que nos hace crecer y valorar a las personas que nos rodean.

Es la hora de partir, la dura y fría hora que la noche sujeta a todo horario. (Pablo Neruda)

NOMBRE

FIRMA

FECHA

Dr. Silvio Álvarez

.....

DECANO FAC. CIENCIAS

Ing. Mario Villacrés

.....

DIRECTOR ESC. INGENIERÍA QUIMICA

Ing. Mario Villacrés

.....

DIRECTOR DE TESIS

Dr. Galo Insuasti

.....

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Tec. Carlos Rodríguez

.....

**DIRECTOR CENTRO DE
DOCUMENTACIÓN**

“Yo ANGELICA NATALI MARTÍNEZ MALDONADO,
soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados
expuestos en esta Tesis y el patrimonio intelectual de
la tesis de Grado pertenece a la ESCUELA
SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO”

.....

“Yo JÉSSICA JOHANA PAREDES SANGOQUIZA,
soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados
expuestos en esta Tesis y el patrimonio intelectual de la
tesis de Grado pertenece a la ESCUELA SUPERIOR
POLITECNICA DE CHIMBORAZO”

.....

INDICE DE ABREVIATURAS

Encuesta de superficie y producción agropecuaria continúa.....	ESPAC
Instituto nacional de investigaciones agropecuarias.....	INIAP
Distillersgrains and solubles (granos de destilería y solubles).....	DGS
Asociación Americana De Químicos Cerealistas.....	(AACC)
Instituto Ecuatoriano de Normalización.....	INEN
Instituto Nacional de Estadística y Censo.....	INEC
Humedad.....	X
Segundos.....	s
Grados centígrados.....	°C
Porcentaje.....	%
Media Aritmética.....	\bar{x}
Cantidad de cebada y trigo	X_j
Tamaño muestral.....	n
Presión requerida.....	p
Fuerza.....	F
Área.....	A

Área de contacto con la superficie.....	A_c
Espesor de la paleta.....	e_{paleta}
Longitud de la paleta.....	l_{paleta}
Número de paletas.....	n_{paleta}
Fuerza de rozamiento.....	F_r
Coeficiente de fricción.....	μ
Potencia.....	P
Velocidad lineal.....	v
Velocidad angular.....	ω
Radio.....	r
Torque.....	τ
Potencia de diseño.....	P_{dis}
Factor de servicio.....	K_s
Relación de transmisión.....	i
Diámetro primitivo de la polea lenta.....	d_l
Diámetro primitivo de la polea rápida.....	d_r
Ángulo de contacto.....	θ_s
Distancia entre ejes.....	C

Longitud de paso.....	L_p
Perímetro interior.....	L
Aumento de longitud.....	Δl
Factor de corrección de longitud.....	K_2
Potencia nominal.....	P_r
rpm del eje alta velocidad para 100.....	r
Factor de relación de velocidades.....	K_A
Factor de corrección para ángulos.....	K_1
Potencia nominal corregida.....	P_r'
Tiempo de secado.....	t
Temperatura de secado.....	T

INDICE DE CONTENIDO

CARÁTULA

AGRADECIMIENTO

DEDICATORIA

HOJA DE FIRMAS

HOJA DE RESPONSABILIDAD

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

TABLA DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE GRÁFICOS

ÍNDICE DE ECUACIONES

ÍNDICE DE ANEXOS

RESUMEN.....I

SUMMARY.....II

ANTECEDENTES.....III-IV

JUSTIFICACIÓN..... V

OBJETIVOS.....VI

CAPITULO I

MARCO TEÓRICO	1
1.1 CEREALES	1
1.1.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES	1
1.2 LA CEBADA.	2
1.2.1 DESCRIPCIÓN BOTÁNICA	2
1.2.1.1 TAXONOMÍA.....	2
1.2.1.2 MORFOLOGÍA DE LA CEBADA.....	3
1.2.1.2.1 DESCRIPCIÓN DEL GRANO	3
1.2.2 CLASIFICACIÓN DE LA PLANTA DE CEBADA.....	5
1.2.3 VALOR NUTRICIONAL DE LOS PRODUCTOS DE LA CEBADA.....	6
1.2.4 El grano de cebada y sus derivados.....	7
1.2.4.1 Otros productos:	9
1.2.5 La cebada en el Ecuador	9
1.3 TRIGO.....	11
1.3.1 Clasificación Taxonómica de la planta del trigo.	11
1.3.2 Variedades del Trigo según el grano.	11
1.3.3 Descripción botánica del trigo.	12
1.3.3.1 Estructura del grano del trigo.....	14
1.3.4 Composición nutricional del grano del trigo.	15
1.3.5 Productos derivados del trigo.....	17
1.3.6 Beneficios del trigo.....	18
1.3.7 El cultivo de trigo en el Ecuador.....	19

1.3.8 Variedades de trigo producidas en Ecuador ⁹	20
1.3.8.1 Características de las variedades de trigo del Ecuador	21
1.3.9 Fibra Dietética.....	22
1.3.9.1 Constitución de la fibra.....	22
1.3.9.2 Beneficios de la fibra en el ser humano.	24
1.3.9.3 Consumo de la fibra.	25
1.4 INDUSTRIA DE LOS CEREALES.	25
1.4.1 Procesamiento de los cereales.....	25
1.4.1.1 Sistema poscosecha.....	27
1.4.1.1.1 Cosecha.....	27
1.4.1.1.2 Trilla y Aventado	27
1.4.1.1.3 Secado.....	27
1.4.1.1.4 Almacenamiento	29
1.4.1.1.5 Transporte del grano.....	29
1.4.1.2 Procesado Preliminar.....	29
1.4.1.3 Molienda	31
1.4.2 Impacto Ambiental	31
1.5 DESCASCARILLADO	32
1.5.1 Influencias del descascarado en el valor nutritivo del cereal	32
1.5.2Ventajas y desventajas del descascarado.	33
1.5.2.1 Ventajas.....	33
1.5.2.2 Desventajas.	34
1.5.3 Métodos de descascarillar	35
1.5.3.1 Descascarillado en seco	35

1.5.3.2 Descascarillado en verde.....	35
1.5.3.3 Descascarillado en húmedo.....	35
1.5.4 Importancia del contenido de humedad de los granos con la aptitud del descascarillado.	36
1.5.5 Extracción del grano pelado EGP.....	36
1.6 DESCASCARADOR.....	37
1.6.1 Tipos de descascaradores.....	38
1.6.1.1 Descascarador centrifugo.....	38
1.6.1.2 Descascarador por fricción.....	40
1.6.1.2.1 Descascarador de rodillos de caucho.....	40
1.6.1.2.2 Descascarado por rectificación suave.....	41
1.6.1.3 Descascarado por abrasión.....	42
1.6.1.3.1 Rectificadora vertical.....	43
1.7 MÓDULO DE DISEÑO DEL DESCASCARADOR.....	43
1.7.1 Ablandamiento de la cáscara.....	44
1.7.2 Determinación de las medidas generales de la cebada y el trigo.	45
1.7.3 Parámetros para la selección del motor.....	46
1.7.4.1 Ventajas y desventajas del sistema de transmisión por correa.....	49
1.7.4.2 Selección de poleas y bandas trapeciales.....	50
1.7.4.2.1 Determinación de la sección de la correa.....	51
1.7.4.2.2 Determinar la relación de transmisión.....	53
1.7.4.2.3 Determinación del ángulo de contacto.....	54
1.7.4.2.4 Determinar la longitud de la banda.....	54
1.7.4.2.5 Determinar el perímetro interior.....	55

1.7.4.2.6 Determinación del Factor de corrección de longitud K_2	56
1.7.4.2.7 Determinar la potencia que la banda transmite.....	57
1.7.4.2.8 Determinar el número de correas.	60
1.7.5 Ejes.....	61
1.7.6 Chumaceras.....	61

CAPITULO II

PARTE EXPERIMENTAL	62
2.1 ELECCIÓN DEL MÉTODO EMPLEADO.	62
2.2 ELECCIÓN DEL DESCASCARADOR ADECUADO:	63
2.2.1 CARACTERÍSTICAS DE LA PILADORA DE LABORATORIO PARA ARROZ.	63
2.2.2 REFINADORA DE PULPA	64
2.2.3 ESCARIFICADORA DE QUINUA.	65
2.3 SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS	66
2.4 ESQUEMA DEL PROCESO SELECCIONADO DE DESCASCARADO.....	66
2.5 ENTRADAS Y SALIDAS DEL DESCASCARADOR.	68
2.6 IDENTIFICACIÓN DE LAS VARIABLES DEL DESCASCARADOR.....	69
2.6.1 DETERMINACIÓN DE LA VELOCIDAD Y LA PRESIÓN ÓPTIMA PARA EL DESCASCARADO MEDIANTE UN SIMULADOR.	69

CAPÍTULO III

CÁLCULOS Y RESULTADOS	72
3.1 CÁLCULOS, DISEÑO DE INGENIERÍA.	72
3.1.1 Cálculos Técnicos.....	72
3.1.1.1 Sistema de Alimentación.....	72

3.1.1.1.1	Diseño de la tapa y tolva de alimentación.....	72
3.1.1.2	Sistema de descascarillado.	73
3.1.1.2.1	Diseño de las paletas.....	73
3.1.1.2.2	Diseño del cilindro descascarador	74
3.1.1.2.3	Diseño de malla con perforaciones	75
3.1.1.2.3.1	Diámetro de las perforaciones de la malla.	75
3.1.1.3	Sistema de transmisión.....	77
3.1.1.3.1	Motor.....	77
3.1.1.3.2	Elección de la polea motriz y polea conducida.	82
3.1.1.3.2.1	Diámetro de la polea conducida.....	83
3.1.1.3.2.2	Velocidad angular de la polea conducida.....	83
3.1.1.3.2.3	Torque de la polea conducida	84
3.1.1.3.2.4	Selección de bandas.....	84
3.1.1.3.2.5	La relación de transmisión de las poleas.	85
3.1.1.3.2.6	El ángulo de contacto.....	85
3.1.1.3.2.7	La longitud de paso.....	86
3.1.1.3.2.8	El perímetro interior.....	86
3.1.1.3.2.9	La potencia nominal que la banda transmite.....	87
3.1.1.3.2.10	La potencia Corregida.....	87
3.1.1.3.2.11	El número de correas.....	88
3.1.1.4	Determinación del diseño del eje	89
3.1.1.4.1	Determinación de las tensiones de la banda.	90
3.1.1.4.1.1	Velocidad lineal de la correa.	90
3.1.1.4.1.2	Cálculo del ángulo β	91

3.1.1.4.2	Relación de tensiones tomando en cuenta la fuerza centrífuga...	91
3.1.1.4.2.1	Fuerza centrífuga.....	92
3.1.1.4.3	Relación de tensiones tomando en cuenta el torque del eje.....	92
3.1.1.4.4	Análisis de las tensiones de la banda, tomando en cuenta el ángulo β .	93
3.1.1.4.5	Determinación de los momentos flectores máximos.....	96
3.1.1.4.5.1	Análisis en el plano XY	97
3.1.1.4.6	Determinación del punto crítico del eje.	99
3.1.1.4.6.1	Diagrama de cortante en el plano XY	99
3.1.1.4.6.2	Diagrama de momento flector en el plano XY.....	101
3.1.1.4.6.3	Diagrama de momento flector en el plano XY.....	105
3.1.1.4.6.4	Análisis en el plano XZ.....	106
3.1.1.4.6.5	Diagrama de cortante en el plano XZ.....	107
3.1.1.4.6.6	Diagrama de momento flector en el plano XY.....	109
3.1.1.4.6.7	Diagrama de momento flector en el plano XZ.....	111
3.1.1.4.7	Determinación de la Superposición de momentos flectores máximos.....	112
3.1.1.4.7.1	Determinación del esfuerzo de corte en el punto σ ,.....	112
3.1.1.4.7.2	Cálculo del esfuerzo de flexión que se produce en el punto σ .	113
3.1.1.4.7.3	Determinación del esfuerzo equivalente según el criterio de TRESCA y VON MISSES HENCKY TEORIAS DE FALLA.....	113
3.1.1.4.8	Selección del material del eje.	115
3.1.1.4.8.1	Aplicando el criterio de VON MISSES HENCKY.....	115
3.1.1.4.9	Medidas del eje.....	117
3.1.1.5	Selección de chumaceras	118
3.1.1.5.1	Reacción resultante de la fuerza radial del punto B.....	118

3.1.1.5.2	Reacción resultante de la fuerza radial del punto E.....	118
3.1.1.5.3	Determinación de la capacidad de carga requerida.....	118
3.1.1.5.3.1	Cálculo del factor de velocidad f_n	119
3.1.1.5.3.2	Determinación del factor de vida útil F_l	119
3.1.1.5.3.3	Determinación de la carga dinámica equivalente.....	120
3.1.1.5.4	Selección del rodamiento.....	121
3.1.1.5.4.1	Determinación de la carga estática equivalente.....	121
3.1.1.5.4.2	Determinación de la capacidad de carga estática requerida....	122
3.1.1.6	Diseño de la carcaza.....	123
3.1.1.7	Diseño de la base.....	124
3.1.2	Dimensionamiento del Equipo.....	126
3.1.3	Especificaciones de los materiales para el descascarador.....	127
3.1.4	Requerimientos Presupuestales	130
3.1.4.1	Recursos Humanos	130
3.1.4.2	Recursos Materiales	130
3.1.4.2.1	Costos de materiales	131
3.1.4.2.2	Costo de diseño	132
3.1.4.2.3	Costo de pruebas.....	133
3.1.4.3	Recursos Totales	133
3.2	MÉTODOS Y TÉCNICAS DE ENSAYO.....	134
3.2.1	Manejo específico del trabajo.....	134
3.2.1.1	Porcentaje de humedad	135
3.2.1.2	Contenido de cáscara del cereal descascarado	136
3.2.1.3	Rendimiento del descascarado.....	137

3.2.1.4 Tiempo óptimo de descascarado	138
3.3 RESULTADOS	139
3.3.1 Tiempo óptimo de descascarado.....	139
3.3.2 Eficiencia del descascarador.	140
3.3.2.1 Contenido de cáscara y porcentaje de Granos Partidos.....	140
3.3.2.1.1 Porcentaje de Humedad	142
3.3.2.1.1.1 Cebada malta.....	142
3.3.2.1.1.1.1 Tratamiento 1	142
3.3.2.1.1.1.2 Tratamiento 2.....	143
3.3.2.1.1.1.3 Tratamiento 3.....	144
3.3.2.1.1.2 Cebada Nacional.....	145
3.3.2.1.1.2.1 Tratamiento 1	145
3.3.2.1.1.2.2 Tratamiento 2.....	146
3.3.2.1.1.2.3 Tratamiento 3.....	147
3.3.2.1.1.3 Trigo.....	148
3.3.2.1.1.3.1 Tratamiento 1	148
3.3.2.1.1.3.2 Tratamiento 2.....	149
3.3.2.1.1.3.3 Tratamiento 3.....	150
3.3.2.1.2 Contenido de cáscara	151
3.3.2.1.2.1 Cebada malta.....	151
3.3.2.1.2.1.1 Tratamiento 1	151
3.3.2.1.2.1.2 Tratamiento 2.....	152
3.3.2.1.2.1.3 Tratamiento 3.....	153
3.3.2.1.2.2 Cebada Nacional.....	154

3.3.2.1.2.2.1 Tratamiento 1	154
3.3.2.1.2.2.2 Tratamiento 2	155
3.3.2.1.2.2.3 Tratamiento 3	156
3.3.2.1.2.3 Trigo.....	157
3.3.2.1.2.3.1 Tratamiento 1	157
3.3.2.1.2.3.2 Tratamiento 2	158
3.3.2.1.2.3.3 Tratamiento 3	159
3.3.2.1.3 Granos Partidos.	160
3.3.2.1.3.1 Cebada Malta.....	160
3.3.2.1.3.1.1 Tratamiento 1	160
3.3.2.1.3.1.2 Tratamiento 2	161
3.3.2.1.3.1.3 Tratamiento 3	162
3.3.2.1.3.2 Cebada Nacional.....	163
3.3.2.1.3.2.1 Tratamiento 1	163
3.3.2.1.3.2.3 Tratamiento 3	165
3.3.2.1.3.3 Trigo.....	166
3.3.2.1.3.3.1 Tratamiento 1	166
3.3.2.1.3.3.2 Tratamiento 2	167
3.3.2.1.3.3.3 Tratamiento 3	168
3.3.2.2 Capacidad del procesamiento en el descascarador.	169
3.3.2.3 Balance de masa	170

CAPITULO IV

DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	171
------------------------------	-----

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	174
-------------------------------------	-----

5.1 CONCLUSIONES.....	174
-----------------------	-----

5.2 RECOMENDACIONES.....	176
--------------------------	-----

BIBLIOGRAFÍA.....	177-187
-------------------	---------

INDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1.2.1.2.1-1 Partes principales del grano de cebada.....	5
Figura 1.3.2 -1 Partes de la planta de trigo.....	13
Figura 1.3.3.1-1 Estructura del grano de trigo.....	14
Figura 1.4.1-1 Tratamiento de los cereales.	26
Figura 1.4.1.2.2-1 Proceso de limpieza del trigo, que intercala las diferentes operaciones y equipos.	30
Figura 1.6.1.1-1 Descascarador centrífugo.....	39
Figura 1.6.1.2.1-1 Partes principales del descascarador de rodillos de caucho	41
Figura 1.6.1.2.2-1 Descascarador por rectificación suave.....	42
Figura 1.6.3.1-1 Rectificador vertical	43
Figura 1.7.1-1 Paletas.....	44
Figura 1.7.4-1 Sistema de transmisión de movimiento por poleas.....	48
Figura 1.7.4.2.1-1 Gráfico de selección del perfil de correa.....	52
Figura 1.7.4.2.7-1 Factores de corrección k1 para ángulos de contacto hasta 180°.....	59

Figura 2.4-1 Esquema del proceso de descascarado.....	66
Figura 2.5-1 Entrada y salida de la máquina	68
Figura 2.6.1-1 Esquema de las pruebas realizadas.....	70
Figura 3.1.1.1.1-1 Diseño de la tapa y tolva de alimentación con sus medidas en cm	72
Figura 3.1.1.2.1-1 Diseño y dimensionamiento de las paletas en mm.....	74
Figura 3.1.1.2.2-1 Cilindro descascarador	74
Figura 3.1.1.2.3-1 Dimensionamiento de la malla.....	75
Figura 3.1.1.3.2.11-1 Sistema de transmisión.....	88
Figura 3.1.1.4-1 Análisis de los momentos en el plano x-y-z.....	89
Figura 3.1.1.4..4-1 Análisis del ángulo β , en el plano yz.....	93
Figura 3.1.1.4.5-1 Sentido de los momentos.	96
Figura 3.1.1.4.5.1-1 Diagrama de cuerpo libre en el plano xy.	97
Figura 3.1.1.4.6.1-1 Diagrama de cortante en el plano xy.	99
Figura 3.1.1.4.6.2-1 Relación de triángulos rectángulos.....	101
Figura 3.1.1.4.6.2-2 Relación de triángulos rectángulos.....	102
Figura 3.1.1.4.6.3-1 Diagrama del momento flector en el plano xy.....	105
Figura 3.1.1.4.6.4-1 Diagrama de cuerpo libre en el plano xz	106
Figura 3.1.1.4.6.5-1 Diagrama de cortante en el plano xz.	108
Figura 3.1.1.4.6.6-1 Relación de triángulos rectángulos.....	109

Figura 3.1.1.4.6.7-1 Diagrama de momento flector en el plano xz.....	111
Figura 3.1.1.4.8.1-1 Colocación de las paletas, en el eje de transmisión	117
Figura 3.1.1.4.9-1 Diseño del eje con sus medidas en mm	117
Figura 3.1.1.5.4.2-1 Chumaceras seleccionadas seleccionada.	122
Figura 3.1.1.6-1 Diseño de la canastilla, con sus medidas cm.	123
Figura 3.1.1.6-2 Diseño de la carcaza, con sus medidas cm.....	124
Figura 3.1.1.7-2 Estructura de la máquina.....	125
Figura 3.1.1.7-3 Vista lateral del soporte.	125
Figura 3.1.2-1 Vistas lateral y superior del descascarador	126
Figura 3.1.2-2 Dimensiones de la cámara de descascar	126
Figura 3.1.2-3 Vista lateral del descascarador.....	127

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
TABLA 1.1.1-1 Clasificaciones de los cereales/criterio económico y agrícola.	1
TABLA 1.2.2-1 Clasificación de la planta de cebada.	5
TABLA 1.2.3-1 Valor nutricional de la cebada con cáscara / harina de cebada (machica)/ cebada descascarillada/ tostada y molida	6
TABLA 1.2.3-2 Composición química de la cebada comparada con otros cereales ⁷	7
TABLA 1.2.4-1 El grano de cebada y sus productos, subproductos.	7
TABLA 1.2.5-1 Las variedades de cebada producidas por el INIAP hasta el 2012.	10
TABLA 1.3.1-1 Taxonomía del trigo	11
TABLA 1.3.4-1 Composición típica de macro y micro nutrientes del grano de trigo, y su distribución en los diferentes productos.	16
TABLA 1.3.4-2 Propiedades del grano del trigo.	17
TABLA 1.3.5-1 Derivados del grano del trigo	17
TABLA 1.3.8-1 Variedades de trigo producidas en Ecuador	20
TABLA 1.3.8.1-1 Características de algunas variedades del Ecuador ⁹	21
TABLA 1.3.9.1-1 Constituyentes de la fibra dietética según la definición de la AACC.	23

TABLA 1.3.9.2-1 Beneficios de consumir el salvado del trigo y la cebada. .	25
TABLA 1.4.1.1.3-1 Porcentaje máximo de humedad.....	28
TABLA 1.7.4.2.1-1 Designaciones normales para bandas trapeciales o en v.	52
TABLA 1.7.4.2.5 -1 Aumentos de longitud de bandas v comunes de servicio pesado-serie en pulgadas.....	56
TABLA 1.7.4.2.6 -1 Longitudes normales l y factores de corrección de longitud k2 para bandas v de tipo común para servicio pesado.....	56
TABLA 1.7.4.2.7-1 Constantes para emplear en la ecuación de la potencia nominal de transmisiones de banda.....	58
TABLA 1.7.4.2.7-2 Factor de relación de velocidades para emplear en la ecuación de la potencia nominal de trasmisiones de banda.	59
TABLA 2.1-1 Elección del método empleado	62
TABLA 2.2.1-1 Ensayos de la piladora de arroz de laboratorio.	64
TABLA 2.2.2-1 Ensayos de la refinadora de pulpa	65
TABLA 2.2.3-1 Ensayos de la escarificadora de quinua.....	65
.....	68
TABLA 2.5-1 Entradas y salidas del proceso.....	68
TABLA 2.6.1-1 Determinación de la velocidad y presión óptimas para el proceso del descascarado.	71
TABLA 3.1.1.2.3.1-1 Medidas del cereal: cebada y trigo.....	76

TABLA 3.1.1.4.9-1 Medidas del eje de trasmisión.	117
FIGURA 3.1.1.7-1 Diseño de la base de la máquina y del motor, con sus medidas en cm.....	124
TABLA 3.1.3-1 Materiales que requieren transformación.	127
TABLA 3.1.3-2 Materiales que no requieren transformación.	128
TABLA 3.1.4.1-1 Costos de mano de obra.	130
TABLA 3.1.4.2.1-1 Materiales para la construcción del equipo.	131
TABLA 3.1.4.2.3-1 Costos de pruebas antes del diseño.	133
TABLA 3.1.4.3-1 Costos de pruebas antes del diseño.	133
TABLA 3.2.1.1-1 Determinación del contenido de humedad en cereales..	135
TABLA 3.2.1.2-1 Determinación del contenido de cáscara del cereal descascarado.....	136
TABLA 3.2.1.3-1 Determinación del rendimiento del descascarado.....	137
TABLA 3.2.1.4-1 Determinación del tiempo óptimo de descascarado.....	138
TABLA 3.3.1-1 Datos promedios de la determinación del tiempo de descascarado.....	139
TABLA 3.3.1-2 Datos promedios de la determinación del tiempo óptimo de descascarado.....	140
TABLA 3.3.2.1-1 Determinación de los factores de estudio.....	141
TABLA 3.3.2.1-1 Tratamientos experimentales.	141

TABLA 3.3.2.1.1.1.1-1 Resultados del % humedad tratamiento 1, cebada malta	142
TABLA 3.3.2.1.1.1.2-1 Resultados del % humedad tratamiento 2, cebada malta	143
TABLA 3.3.2.1.1.1.3-1 Resultados del % humedad tratamiento 3, cebada malta	144
TABLA 3.3.2.1.1.2.1-1 Resultados del % humedad tratamiento 1, cebada nacional.....	145
TABLA 3.3.2.1.1.2.2-1 Resultados del % humedad tratamiento 2, cebada nacional.....	146
TABLA 3.3.2.1.1.2.3-1 Resultados del % humedad tratamiento 3, cebada nacional.....	147
TABLA 3.3.2.1.1.3.1-1 Resultados del % humedad del trigo tratamiento 1, trigo	148
TABLA 3.3.2.1.1.3.2-1 Resultados del % humedad tratamiento 2, trigo ...	149
TABLA 3.3.2.1.1.3.3-1 Resultados del % humedad tratamiento 3, trigo ...	150
TABLA 3.3.2.1.2.1.1-1 Resultados del contenido de cáscara tratamiento 1, cebada malta.....	151
TABLA 3.3.2.2.1.2-1 Resultados del contenido de cáscara tratamiento 2, cebada malta.....	152
TABLA 3.3.2.2.1.3-1 Resultados del contenido de cáscara tratamiento 3, cebada malta.....	153

TABLA 3.3.2.2.2.1-1 Resultados del contenido de cáscara tratamiento	
1,cebada nacional.....	154
TABLA 3.3.2.1.2.2.2-1 Resultados del contenido de cáscaratratamiento	
2,cebada nacional.....	155
TABLA 3.3.2.1.2.2.3-1 Resultados del contenido de cáscara tratamiento	
3,cebada nacional.....	156
TABLA 3.3.2.2.3.1-1 Resultados del contenido de cáscaratratamiento 1,trigo.	
.....	157
TABLA 3.3.2.2.3.2-1 Resultados del contenido de cáscara tratamiento	
2,trigo.	158
TABLA 3.3.2.2.3.3-1 Resultados del contenido de cáscaratratamiento3, trigo.	
.....	159
GRÁFICO 3.3.2.1.2.3.3-1 Porcentaje de humedad vs contenido de cáscara,	
tratamiento 3, trigo.	159
TABLA 3.3.2.1.3.1.1-1 Resultados de granos partidos tratamiento 1, cebada	
malta.	160
TABLA 3.3.2.1.3.1.2-1 Resultados de granos partidos tratamiento 2, cebada	
malta.	161
TABLA 3.3.2.1.3.1.3-1 Resultados de granos partidos tratamiento 3, cebada	
malta.	162
TABLA 3.3.2.1.3.2.1-1 Resultados de granos partidos tratamiento 1,cebada	
nacional.....	163

TABLA 3.3.2.1.3.2.2-1 Resultados de granos partidos tratamiento 2, cebada nacional.....	164
TABLA 3.3.2.1.3.2.3-1 Resultados de granos partidos tratamiento 3, cebada nacional.....	165
TABLA 3.3.2.1.3.3.1-1 Resultados de granos partidos tratamiento 1, trigo.	166
TABLA 3.3.2.1.3.3.2-1 Resultados de granos partidos tratamiento 2, trigo.	167
TABLA 3.3.2.1.3.3.3-1 Resultados de granos partidos tratamiento 3, trigo.	168
TABLA 3.3.2.2-1 Capacidad de procesamiento en el descascarador.....	169
TABLA 5-1 Resultados del tratamiento 1.....	171

ÍNDICE DE GRÁFICOS

	Pág.
GRÁFICO 3.3.2.1.1.1.1-1 Porcentaje de humedad vs número de muestra tratamiento 1, cebada malta.....	142
GRÁFICO 3.3.2.1.1.1.2-1 Porcentaje de humedad vs tiempo de secado, tratamiento 2, cebada malta.....	143
GRÁFICO 3.3.2.1.1.1.3-1 Porcentaje de humedad vs tiempo de secadotratamiento 3, cebada malta.	144
GRÁFICO 3.3.2.1.1.2.1-1 Porcentaje de humedad vs número de muestra tratamiento 1,cebada nacional.	145
GRÁFICO 3.3.2.1.1.2.2-1 Porcentaje de humedad vs tiempo de secado tratamiento 2, cebada nacional	146
GRÁFICO 3.3.2.1.1.2.3-1 Porcentaje de humedad vs tiempo de secado tratamiento 3, cebada nacional	147
GRÁFICO 3.3.2.1.1.3.1-1 Porcentaje de humedad vs número tratamiento 1,trigo.....	148
GRÁFICO 3.3.2.1.1.3.2-1 Porcentaje de humedad vs tiempo de secado tratamiento 2, trigo	149
GRÁFICO 3.3.2.1.1.3.3-1 Porcentaje de humedad vs tiempo de secado tratamiento 3, trigo	150
GRÁFICO 3.3.2.1.2.1.1-1 Porcentaje de humedad vs contenido de cáscara tratamiento 1, cebada malta.....	151

GRÁFICO 3.3.2.1.2.1.2-1 Porcentaje de humedad vs contenido de cáscara tratamiento 2, cebada malta.....	152
GRÁFICO 3.3.2.1.2.1.3-1 Porcentaje de humedad vs contenido de cáscara tratamiento 3, cebada malta.....	153
GRÁFICO 3.3.2.1.2.2.1-1 Porcentaje de humedad vs contenido de cáscara tratamiento 1, cebada nacional	154
GRÁFICO 3.3.2.1.2.2.2-1 Porcentaje de humedad vs contenido de cáscara tratamiento 2, cebada nacional.....	155
GRÁFICO 3.3.2.1.2.2.3-1 Porcentaje de humedad vs contenido de cáscara tratamiento 3, cebada nacional.....	156
GRÁFICO 3.3.2.1.2.3.1-1 Porcentaje de humedad vs contenido de cáscaratratamiento 1, trigo.....	157
GRÁFICO 3.3.2.1.2.3.2-1 Porcentaje de humedad vs contenido de cáscara tratamiento 2, trigo.....	158
GRÁFICO 3.3.2.1.3.1.1-1 Porcentaje de humedad vs % granos partidos tratamiento 1, cebada malta.....	160
GRÁFICO 3.3.2.1.3.1.2-1 Porcentaje de humedad vs % granos partidos tratamiento 2, cebada malta.....	161
GRÁFICO 3.3.2.1.3.1.3-1 Porcentaje de humedad vs % granos partidos, tratamiento 3, cebada malta.....	162
GRÁFICO 3.3.2.1.3.2.1-1 Porcentaje de humedad vs % granos partidos tratamiento 1, cebada nacional.....	163

GRÁFICO 3.3.2.1.3.2.2-1 Porcentaje de humedad vs % granos partidos tratamiento 2, cebada nacional.	164
GRÁFICO 3.3.2.1.3.2.3-1 Porcentaje de humedad vs % granos partidos tratamiento 2, cebada nacional.	165
GRÁFICO 3.3.2.1.3.3.1-1 Porcentaje de humedad vs % granos partidos tratamiento 1, trigo.	166
GRÁFICO 3.3.2.1.3.3.2-1 Porcentaje de humedad vs % granos partidos tratamiento 2, trigo.	167
GRÁFICO 3.3.2.1.3.3.3-1 Porcentaje de humedad vs % granos partidos tratamiento 2, trigo.	168
GRÁFICO 3.3.2.2-1 Capacidad de procesamiento del descascarador.....	169
GRÁFICO 3.3.2.3-1 Esquema del balance de masa.	170
GRÁFICO 5-1 Resultados del tratamiento 1.....	172

ÍNDICE DE ECUACIÓN

	Pág.
EC: 1.5.5-1 Contenido de cáscara	37
EC. 1.7.2-1 Análisis muestral de las medidas generales	45
EC.1.7.2-2 Promedio de las mediciones	46
EC:1.7.3-1 Velocidad tangencial.....	46
EC.1.7.3-2 Velocidad angular	47
EC. 1.7.2-3 Potencia del eje	47
EC. 1.7.2-4 Torque del eje	47
EC.1.7.4.2.1-1Potencia de diseño	51
EC.1.7.4.2.2-1Relación de transmisión.....	53
EC.1.7.4.2.3-1Ángulo de contacto	54
EC:1.7.4.2.4-1Longitud de banda	54
EC. 1.7.4.2.5-1Perímetro interior	55
EC.1.7.4.2.7-1Potencia nominal	57
EC.1.7.4.2.7-2Potencia corregida.....	60
EC.1.7.4.2.8-1Número de correa	60
EC. 2.3.1-1 Velocidad lineal requerida.....	70
EC. 2.3.1-2 Presión requerida.....	70
EC. 3.1.1.3.1-1Fuerza.....	77

EC.3.1.1.3.1-2 Área de contacto.....	78
EC.3.1.1.3.1-2 Fuerza de fricción	78
EC. 3.1.1.3.1-3 Altura de la fuerza carga distribuida.....	79
EC. 3.1.1.3.1-4 Potencia necesaria	79
EC. 3.1.1.3.1-5 Velocida angular	80
EC.3.1.1.3.1-6 Torque del eje	80
EC. 3.1.1.3.1-7 Potencia necesaria	82
EC. 3.1.1.3.1-8 Torque del motor.....	82
EC.3.1.1.3.2.1-1 Diámetro por la velocidad angular	83
EC.3.1.1.3.2.1-2 Diámetro de la polea conducida.....	83
EC.3.1.1.3.2.2-1 Velocidad angular de la polea conducida	83
EC.3.1.1.3.2.3-1Torque de la polea conducida.....	84
EC. 3.1.1.4.1.1-1Velocidad lineal de la correa	90
EC.3.1.1.4.1.2-1 Ángulo beta.....	91
EC. 3.1.1.4.2-1Relación de tensiones.....	91
EC. 3.1.1.4.2-2 Relación de tensiones relacion con la fuerza centrifuga	91
EC. 3.1.1.4.2.1-1 Fuerza centrifuga	92
EC. 3.1.1.4.3-1Relación de tensiones con relación al torque del eje	92
EC.3.1.1.4.3-2 Tensión 1con relación al torque del eje	92
EC.3.1.1.4.3-3 Relación para obtener tensión 2	92

EC. 3.1.1.4.4-1 Seno beta	94
EC.3.1.1.4.4-2 Seno beta	94
EC.3.1.1.4.4-3 Coseno beta.....	94
EC.3.1.1.4.4-4 Coseno beta.....	95
EC. 3.1.1.4.4-5 Tensión resultante en el eje.....	95
EC3.1.1.4.5.1-1.Fuerza opuesta 1	98
EC 3.1.1.4.5.1-2.Fuerza opuesta 2	98
EC.3.1.1.4.6.2.1-1 Ángulos.....	102
EC. 3.1.1.4.6.2.1-2 Ángulo rectángulo.....	103
EC.3.1.1.4.6.6-1Relación de triángulos rectangulos	109
EC. 3.1.1.4.7-1Momento flectores máximos	112
EC. 3.1.1.4.7.1-1Esfuerzo de corte.....	112
EC.3.1.1.4.7.2 -1Esfuerzo de flexión	113
EC. 3.1.1.4.7.3-1Esfuerzo equivalente según TRESCA	113
EC. 3.1.1.4.7.3-2Esfuerzo equivalente de TRESCA.....	114
EC. 3.1.1.4.7.3-3 Esfuerzo equivalente según Teoría de falla.....	114
EC.3.1.1.4.8.1-1Esfuerzo equivalente según VON MISSES HENCKY.....	115
EC 3.1.1.4.8.1-2Esfuerzo equivalente	116
EC.3.1.1.5.3-1Capacidad de carga requerida.....	118
EC. 3.1.1.5.3.3-1Carga dinámica equivalente	120

EC. 3.1.1.5.4.1-1Carga estática equivalente para rodamientos.....	121
EC.3.1.1.5.4.2-1Capacidad de carga estática requerida	122

INDICE DE ANEXOS

	PÁG
ANEXO 1 Detalles de la espiga.....	189
ANEXO 2 Datos recogidos en un descascarador de rodillo	190
ANEXO 3 Medidas generales de cebada y trigo.....	191
ANEXO 4 Coeficiente dinámico de fricción para diferentes materiales.....	192
ANEXO 5 Propiedades mecánicas de aceros.....	193
ANEXO 6 Valores para s_y	194
ANEXO 7 Valores de f_n para rodamientos de bolas.....	195
ANEXO 8 Capacidad dinámica de rodamientos FAG rígidos de bola según el diámetro del eje.....	196
ANEXO 9 Factor de servicio según las exigencias.....	197
ANEXO 10 Canastilla.....	198
ANEXO 11 Malla perforada.....	199
ANEXO 12 Eje.....	200
ANEXO 13 Partes del descascarador.....	201
ANEXO 14 Construcción de la máquina.....	202
ANEXO 15 Funcionamiento de la máquina.....	203

ANEXO 16 Aspectos de seguridad.....	204
ANEXO 17 Operación de la máquina	205
ANEXO 18 Mantenimiento del descascarador.....	206-207
ANEXO 19 Programa preventivo de mantenimiento.....	208
ANEXO 20 Ensayos del % Humedad.....	209
ANEXO 21 Ensayos del % Contenido de cáscara.....	210
ANEXO 22 Ensayos del % Granos Partidos.....	211

RESUMEN

Diseñar y construir un descascarador de cebada y trigo que será utilizado en el Laboratorio de Procesos de la Facultad de Ciencias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Los métodos utilizados son: Método Deductivo determina el tipo de descascarador, rendimiento del descascarado 90-95%, Método Inductivo mediante la observación realizada en un escarificador de quinua se determina el número de paletas y menor velocidad del descascarado para mejorar la eficiencia, Método Experimental verifica cuan eficiente es el descascarador mediante pruebas del contenido de cáscara y porcentaje de granos partidos.

En el diseño del equipo primero se efectúa la simulación del proceso en máquinas similares y en un simulador para obtener las variables referentes, luego se procede a ejecutar cálculos de ingeniería para su dimensionamiento. Tomando esto como referencia se selecciona los principales elementos de la máquina: sistema de transmisión constituido por una banda Trapecial en V A71, chumacera con un rodamiento de 0,025 m de diámetro, un motor eléctrico de 1hp, rpm 1740, una polea conducida de 12 pulg, una polea motriz de 2,5 pulg y la cámara de descascarillado: formada por un eje de acero AISI 4140 de 1 pulg de diámetro, ocho paletas, una malla con un perforaciones de 3 mm.

Los resultados obtenidos son: tiempo óptimo de descascarado 4 min para 0,454 Kg, rango de humedad: cebada malta (11,5-14%), cebada nacional (11,3-13,8%), trigo (8,9-13%).

Se concluye que la máquina construida cumple con lo siguiente: rendimiento 97%, fácil ensamblaje, materiales y elementos mecánicos de calidad y accesibles en el mercado nacional o local, nivel de seguridad suficiente a fin de preservar a las personas y a los bienes.

Se recomienda cumplir el programa de mantenimiento preventivo para prolongar la vida útil de la máquina y evitar daños al recurso más valioso como es el humano.

SUMMARY

The purpose of this investigation is to design and construct a barley and wheat husker which will be used at the Faculty of Science Processing Laboratory, at Escuela Superior Politecnica de Chimborazo.

In order to conduct the research, the following methods were used: The Deductive method by which the husker type and 90-95 percent of husked yielding are determined: the Inductive method by which the accomplished observation on the quinoa scarifier is determined by means of a number of pallets and lesser velocity which improves efficiency; the Experimental method through which husker efficiency, husk content tests, and broken grains porcentaje are verified.

During the equipment design the following steps have been carried out: First, a process simulation is carried out on similar machinery besides another simulator for obtaining different variables. Then, engineering calculations are executed for their dimensioning. Taking into account the aforementioned steps for reference, the machine main components are chosen such as: Transmission system consisting of a V A71 trapezoidal band, a journal bearing with 0.025mm diameter bearings, a 1hp-1740 rpm electric motor, a 12 inch driven pulley, a 2.5 inch drive pulley and a shelling chamber, which consists of an AISI 4140 1 inch diameter steel axis, eight pallets, a mesh with 3 mm holes.

The results were as follows: Husked optimum time 4 min for 0,454 kg, moisture range on malt barley (11.5-14 percent), domestic barley (11.3-13.8 percent), wheat (8.9-13 percent).

It can be concluded that the built machine fulfills what the following parameters: 97 percent yield, easy assembly, materials and quality mechanical parts which are accessible either from domestic or local markets, sufficient safety levels for preserving both people's integrity and goods.

Therefore, it is recommended that a preventive maintenance program be fulfilled in order to extend the useful life of the machine, avoiding harm to the most valued resource, that of the human being.

ANTECEDENTES

En el mundo hasta 1750, los cereales de consumo se descascaraban y pulía a mano. La “mano” y el “mortero” se utilizaban en todas las zonas productoras de harina de los diferentes cereales.

Según parece, las primeras instalaciones que, de forma exitosa, fueron diseñadas y construidas, hacia 1870 en Carolina del Sur, entonces centro de la zona Productora de cereales de los Estados Unidos por Jonathan Lucas.

Lucas, un mecánico de gran habilidad e ingenio, construyó molinos, accionados por ruedas hidráulicas, totalmente mecanizados que llegaban a procesar más de una tonelada por hora de cereales.

Paddy. Sus equipos incluían zarandas cilíndricas limpiadoras, descascaradores de piedra, rudimentarias aventadoras que separaban las cáscaras de los cereales.

Blanco, elevadores de cangilones y equipos blanqueadores formados por “manos” y “morteros” de madera que se accionaban por un ingenioso mecanismo de levas. Las “manos” que utilizaba Lucas, pesaban aproximadamente 100 kilos y eran levantados y soltados por un sistema mecánico de levas con frecuencia que oscilaba entre 32 y 44 golpes por minuto. En los últimos 40 años, en el desarrollo tecnológico de la industria molinera de cereales, empresas de todas las latitudes han hecho aportes de gran valor y han continuado la aplicación de técnicas y máquinas desarrolladas para la molinería de trigo.

En Colombia la instalación de maquinaria de molinería de cereales, que pueda considerarse moderna se inició, probablemente en Cartagena, durante los años de la primera guerra mundial.

La transferencia de tecnología que puede considerarse moderna a los países andinos se inició en la década de 1960. Los hitos de mayor importancia de esta transferencia parecen haber sido los siguientes: En los países andinos en la década de 1960 aparecen las descascaradoras de rodillos de caucho para reemplazar las unidades de piedra tradicionales. La tecnología llegó con algunas unidades japonesas y chinas hacia 1965 y fue adaptada por varios fabricantes colombianos.

Las descascaradoras de alto rendimiento: su difusión se inició con la importación de unidades Europeas y japonesas por parte de los molinos líderes de Colombia y Venezuela.

JUSTIFICACIÓN

En la actualidad el Laboratorio de Alimentos, el laboratorio industrial y laboratorios en general de la Facultad de Ciencias, carecen de un equipo que permita eliminar de forma mecánica la cáscara de los cereales como la cebada, el trigo y otros, limitando el aprendizaje práctico y la facilidad de los estudiantes en las distintas actividades donde se requiere el proceso de descascarado.

La aportación de un descascarador de cereales en el laboratorio no solo facilitará la realización de trabajos relacionados con alimentos como por ejemplo obtención de bioetanol a partir del trigo y la cebada descascarados ahorrando energía y materia prima, optimizando el proceso, mejorando cualitativa y cuantitativamente el producto, sino también para el descascarillado del alpiste en trabajos de estudio del efecto lipásico, además promoverá la construcción de pequeñas máquinas eficientes a bajo costo empleando tecnología propia.

Es por esta razón que se pone en consideración como tesis “diseño y construcción de un descascarador para cebada y trigo.”, con la finalidad de que se realice de la mejor manera las prácticas de laboratorio, satisfaciendo las necesidades de los estudiantes y optimizando su aprendizaje.

OBJETIVOS

GENERAL

- Diseñar y construir un descascarador de cebada y trigo para uso en trabajos relacionados con alimentos.

ESPECÍFICOS

- Desarrollar un simulador de descascarillado para obtener las variables de proceso.
- Elaborar el diseño de ingeniería para el equipo descascarador.
- Construir el equipo de descascarado en base al diseño de ingeniería.
- Realizar pruebas de validación del equipo para determinar eficiencia del mismo, mediante análisis de cantidad de cáscara y de ruptura de los cereales procesados.

CAPITULO I

MARCO TEÓRICO

1.1 CEREALES

1.1.1 Características Generales

Los cereales constituyen un grupo de plantas dentro de otro más amplio: las gramíneas, se caracterizan porque la semilla y el fruto son prácticamente una misma cosa: los granos de los cereales.

Los más utilizados en la alimentación humana son el trigo, el arroz, la cebada y el maíz, aunque también son importantes el centeno, la avena y el mijo.

Si tomamos en cuenta un criterio económico y agrícola podemos agrupar a los cereales y semillas oleaginosas como “granos”, estos a su vez pueden clasificarse en dos grupos¹ :

Tabla 1.1.1-1 Clasificaciones de los cereales/criterio económico y agrícola.

Granos finos o de cosecha fina	Cereales: Trigo, cebada, avena, centeno, alpiste y mijo. Oleaginosas: lino.
Granos gruesos o de cosecha gruesa	Cereales: Maíz y sorgo. Oleaginosas: el girasol, la soja y el maní.

(Fuente:<http://minnie.uab.es/~veteri/21260/Manual%20Practicas%20Microscopia%2009.pdf>)

¹VV. AA., Cereales, Harina y Pan

1.2 LA CEBADA.

1.2.1 Descripción Botánica

La cebada es una especie de cereal de un género de gramíneas originario de Asia y Etiopía; es una de las plantas agrícolas más antiguas. La cebada es un cereal altamente recomendable, dada sus excelentes propiedades terapéuticas y nutricionales, germina aproximadamente a la misma temperatura que el trigo.

A nivel mundial la cebada ocupa el tercer puesto en el sector de los cereales, exceptuando el arroz. En Ecuador el aumento de la cebada como un cereal rico en proteínas se ha incrementado considerablemente. Actualmente, la cebada ecuatoriana llega a las 25 mil toneladas anuales en las 48 mil hectáreas cultivadas a nivel nacional².

Se cría en prácticamente cualquier clima y tiene un sabor ligeramente almendrado y dulce. El color varía desde moreno claro a marrón o púrpura. Se suele vender pelada y procesada y también en harina, lista para usar. El grano de cebada contiene entre un 10 y un 12% de cáscara cuyo valor nutritivo es similar al de la paja³.

1.2.1.1 Taxonomía

Nombre científico: *Hordeum vulgare*, perteneciente a la familia POACEAE

Nombre común: “cebada”⁴.

²Instituto Nacional de Estadística y Censo (INEC), Sistema Agroalimentario de la Cebada.

³Agro Inversiones., Manual de la Cebada.

⁴SCADE, John., Cereales

1.2.1.2 Morfología de la cebada.

- **Raíces:** El sistema radicular es fasciculado, fibroso y alcanza poca profundidad en comparación con el de otros cereales. Se estima que un 60% del peso de las raíces se encuentra en los primeros 25 cm del suelo y que las raíces apenas alcanzan 1,20 m. de profundidad.
- **Tallo:** El tallo es erecto, grueso, formado por unos seis u ocho entrenudos, los cuales son más anchos en la parte central que en los extremos junto a los nudos. La altura de los tallos depende de las variedades y oscila desde 0.50 cm. a un metro.
- **Hojas:** La cebada es una planta de hojas estrechas y color verde claro. La planta de cebada suele tener un color verde más claro que el del trigo y en los primeros estadios de su desarrollo la planta de trigo suele ser más erguida.
- **Flores:** Las flores tienen tres estambres y un pistilo de dos estigmas. Las flores abren después de haberse realizado la fecundación, lo que tiene importancia para la conservación de los caracteres de una variedad determinada.
- **Fruto:** El fruto es en cariósipide, con las glumillas adheridas, salvo en el caso de la cebada desnuda.
- **Grano:** El tamaño del grano depende de la influencia del ambiente ³.

1.2.1.2.1 Descripción del grano

El tamaño depende de las condiciones ambientales. Longitud máxima de 9,5 mm. Y mínima de 6,0 mm; de ancho 2,5 y 3,0 mm. Y densidad

aproximada(peso específico) de 67.00 Kg. /HL. El peso de los mil granos varía de 45 a 55 gr. El grano puede ser dividido en tres partes distintas:

a) El embrión, o germen, que eventualmente crecerá formando primero la raíz y posteriormente la planta nueva.

b) El endospermo, que contiene almidón insoluble, que es la reserva del alimento que utilizará el germen del grano en su desarrollo. El embrión produce las enzimas que se trasladan al endospermo rompiendo las paredes del almidón y cambiando la condición de éste volviéndolo soluble. Este cambio se llama "modificación".

c)La cáscara es la primera capa que protege al grano, y está constituida por celulosa, hemicelulosa y lignina, Se forma durante el desarrollo del grano.

La cáscara, envoltura o gluma formada por dos mitades, cubre la superficie del grano protegiendo el embrión y el endospermo. El Contenido de cascara es diferente entre las 2 y 6 hileras, en general se cree que la de 6 hileras tiene un mayor contenido de cascara, porque tiene granos más delgados, pero el contenido de cascara varía mucho según las condiciones medioambientales del cultivo. El grano puede tener la cascarilla adherida al pericarpio (cebada cubierta) o suelta (cebada desnuda).

La cascarilla adherida al pericarpio, está formada por: la lema y la palea. La lema cubre el lado dorsal del grano y la palea el ventral.

Barba: Es la prolongación o punta de la lema⁵.

⁵**ARTICA R, Y OTROS.**, Cultivo del Trigo, cebada Avena

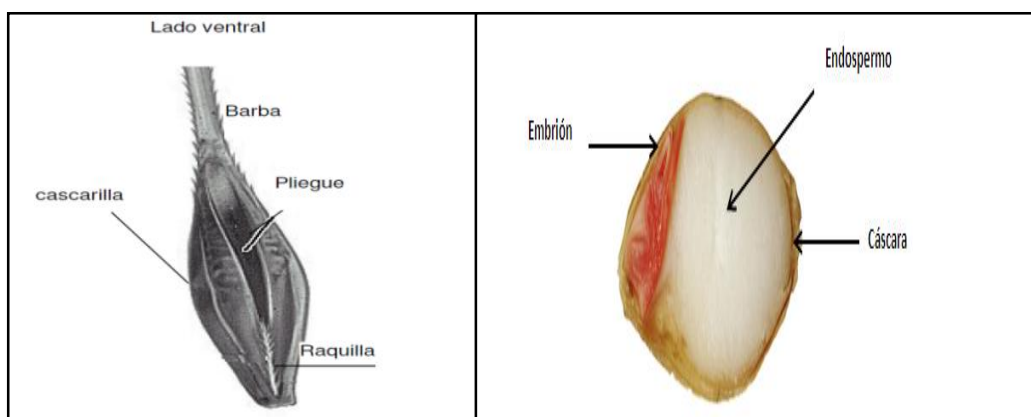


Figura 1.2.1.2.1-1 Partes principales del grano de cebada

(Fuente:http://www.tecnologiaslimpias.org/html/central/313302/313302_mp.ht).

1.2.2 Clasificación de la planta de cebada.

Hay guías para su clasificación que diferencian características como: La forma de la planta. La conformación de la espiga, la morfología del grano, la época de cultivo ⁶.

Tabla 1.2.2-1 Clasificación de la planta de cebada.

Por su hábito de desarrollo- época de cultivo Según el momento de la siembra	
Primaverales o de ciclo corto	Prestige, Henley, Signora (Cultivada comercialmente en el país).La siembra se realiza a mediados de septiembre.
Invernales o de ciclo largo	Meseta y Arturo (Requieren baja temperatura en fase inicial.) La siembra se realiza a mediados de septiembre.
Alternativas	Shakira y Clairion
Por la conformación de la espiga.	
6 hileras o cebada caballar (Hordeumvulgare)	Las tres florecillas por espiga son fértiles. Son granos más desiguales. Se utiliza básicamente como forraje para la alimentación animal.
2 hileras o cebada cervecera	Solo la florecilla central es fértil. Son granos con

⁶<http://www.cooperativabarbastro.com>

(Hordeumdistichon)	cáscara más fina y uniformes en tamaño. Dentro de este tipo de cebada se encuentran la mayoría de las variedades cervceras.
4 hileras (Hordeumtetrastichum)	Después de madurar la espiga, mantiene las dos espiguillas laterales después de desaparecer la central. ANEXO1
Irregulares	Florejillas indistintamente fértiles o estériles, apariencia irregular.
Por el tipo de grano	
Desnudas(H.vulgare var. nudum L)	La lema y palea son libres no adheridas al grano. Es más redondeada que la cebada vestida porque las glumas no aprietan la semilla.
Cubiertas (Hordeumvulgare L)	Se encuentra provista por la lema, cascarilla y palea, es decir los constituyentes que comúnmente denominamos cáscara
Por la morfología del grano	
Grande, Mediano, Pequeño.	

(Fuente: Catálogo de Variedades de Cebada y Trigo/ Cooperativa Agrícola de Barbastro.)

1.2.3 Valor nutricional de los productos de la cebada.

Tabla 1.2.3-1 Valor nutricional de la cebada con cáscara / harina de cebada (machica)/ cebada descascarillada/ tostada y molida⁷.

	Cebada con cáscara	Harina de cebada/machica	Cebada descascarada/pepada	Tostada y molida
Energía Kcal	344	344	330	351
Agua g	12,1	10,0	15,4	9,9
Proteína g	6,9	8,6	8,2	7,7
Grasa g	1,8	0,7	1,1	0,8
Carbohidrato g	76,6	77,4	73,1	79,7
Fibra g	7,3	6,6	1,3	5,3
Fósforo mg	394	320	202	253

(Fuente: Villacrés Elena, La cebada un cereal nutritivo, pág. 81) * Porcentaje sobre materia seca del grano entero).

⁷VILLACRES Elena., La cebada un cereal nutritivo.

Tabla 1.2.3-2 Composición química de la cebada comparada con otros cereales⁷.

CEREAL	PROTEINA	GRASA	FIBRA
Arroz pilado	10.1	2.1	1.0
Avena pilada	14.7	8.0	4.0
Cebada cubierta	12.2	1.9	6.8
Cebada desnuda	13.3	2.6	1.9
Cebada descascarillada	12.0	1.5	1.0
Maíz	10.3	4.5	2.3
Trigo	13.4	2.4	2.4

(Fuente: Villacrés Elena, La cebada un cereal nutritivo, pág. 81) * Porcentaje sobre materia seca del grano entero.)

1.2.4 El grano de cebada y sus derivados.

Tabla 1.2.4-1 El grano de cebada y sus productos, subproductos⁸.

DENOMINACIÓN	DESCRIPCIÓN
Cebada integral	El grano completo, excepto la glumela exterior.
Cebada perlada	Se le ha retirado la glumela externa y el salvado y se ha sometido a diferentes procesos de blanqueado y abrillantado. Es decir totalmente despojados de su envoltura, del pericarpio.
Cebada descascarillada	Se le ha retirado la glumela externa y parte del salvado
Cebada tostada	Es aquella que se le ha sometido al calor.
Copos de cebada	Producto obtenido por tratamiento al vapor y aplastamiento de cebada descascarillada que puede contener una pequeña proporción de cascarilla.
Fibra de cebada	Producto obtenido de la fabricación de almidón de cebada. Constituido por partículas de endospermo y principalmente por fibra.
Salvado de cebada.	Producto de la fabricación de harina, obtenido a partir de granos de cebada descascarillada. Constituido principalmente por fragmentos de envolturas y por partículas de grano del que se ha retirado la mayor parte del endospermo.

⁸ <http://www.made-inargentina.com/alimentos>

Almidón líquido de cebada	Fracción secundaria del almidón resultante de la producción de almidón a partir de cebada
Raicillas de malta	Producto de la germinación de cereales para malta y de la limpieza de la malta, constituido por raicillas, partículas finas de cereales, cascarillas y pequeños granos partidos de cereales malteados. Puede ser molido.
Malta	Producto a partir de cereales germinados, secos, molidos y/o de extracción
Cascarillas de cebada para malta	Producto de la limpieza de la cebada para malta, constituido por fracciones de cascarilla y partículas finas.
Cerveza (etanol o alcohol etílico).	<p>Producto obtenido por fermentación de los azúcares que se encuentran en los productos vegetales, tales como cereales (cebada, trigo) remolacha, caña de azúcar, sorgo o biomasa, proceso donde la glucosa es transformada por un microorganismo en etanol y en una serie de componentes especiales cualidades sensoriales (olor y sabor) y con desprendimiento de CO₂ y calor.</p> $C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2 CH_3CH_2OH + 2CO_2 + Q + \text{Subproductos.}$
Alcohol y aguardiente	Producto obtenido por medio de la destilación.
Levadura de cerveza	Es un producto natural obtenido mediante la deshidratación de un hongo llamado <i>saccharomyces cerevisiae</i> que se encuentra almacenado en el fondo de los tanques donde se madura la cerveza. La levadura de cerveza se ha hecho popular por la gran cantidad de propiedades beneficiosas que se le atribuyen, entre ellas la mejora de la piel y el crecimiento del pelo, su importante aporte de proteínas o que regula nuestros niveles de azúcar en sangre.
Bioetanol	Es un tipo de biocombustible que se obtiene en base a cultivos de biomasa específica en azúcares, que mediante un proceso de fermentación se extrae el alcohol etílico que luego será convertido en bioetanol. El bioetanol mezclado con la gasolina produce un biocombustible de alto poder energético con características muy similares a la gasolina pero con una importante reducción de las emisiones contaminantes en los motores tradicionales de combustión.

(Fuente: www.made-in-argentina.com/.../usos%20de%20la%20cebada.htm)

1.2.4.1 Otros productos:

- El jarabe de malta tiene uso medicinal.
- La fabricación de Whisky.
- Para repostería, elaboración de dulces.
- Preparación de maltas especiales.
- Sustituto de café.
- En la elaboración de azúcares.
- Preparación de productos alimenticios. (Arroz de cebada. Harina, machica, de sopa o en guisos de carne .etc.)⁸.

1.2.5 La cebada en el Ecuador⁹.

El cultivo de cebada está concentrado en la Sierra, y la provincia de Chimborazo es la más especializada ya que aporta con el 25% de la producción nacional. El Oro es la única provincia fuera de esta región que produce cebada, y aporta con apenas el 0,14% del total nacional. En el Ecuador, la superficie sembrada con cebada supera las 48 000 ha (INEC, 2002). Distribuidas en las provincias de Chimborazo, Cotopaxi, Cañar, y Pichincha, seguida de las provincias de Imbabura, Carchi, y Loja. La importancia económica y social de la cebada se basa en el consumo humano.

En áreas rurales el consumo de este cereal representa el 46% de la producción nacional que es de 20.800 toneladas (INEC 1995), mientras que en el área urbana, el consumo familiar (cinco personas/familia) no excede de los 34.16 kg/año. La actualidad, la cebada ocupa el cuarto lugar en volumen de

⁹Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), Folleto divulgativo plegable 333 y 334

producción de cereales, después del trigo, el arroz y el maíz (INIAP 2003). En el Ecuador, la superficie sembrada con cebada supera las 48 000 ha (INEC, 2002). Según el programa de producción de cereales del INIAP, en Ecuador existen 11 variedades de cebada, las cuales mencionamos en la siguiente tabla.

Tabla 1.2.5-1 Las variedades de cebada producidas por el INIAP hasta el 2012.

Variedades de cebada producidas por el INIAP hasta el 2012	
Estación experimental	Variedad
Santa Catalina	Dorada
Santa Catalina	Duchicela
Santa Catalina	Teran-78
Santa Catalina	<u>INIAP-Shyri-89</u>
Santa Catalina	<u>INIAP-Calicuchima-92</u>
Santa Catalina	<u>INIAP-Atahualpa-92</u>
Santa Catalina	<u>INIAP-Shyri 2000</u>
Santa Catalina	<u>INIAP-Cañarí 2003</u>
Austro	<u>INIAP-Cañicapa</u>
Austro	<u>INIAP-Paccha</u>

(Fuente: INIAP, Guía de cultivos, Quito.)

1.3 TRIGO

El trigo es un grano maduro, entero, sano y seco. Es una planta gramínea de crecimiento anual de la familia del césped, de altura promedio de un metro. Sus hojas verdes, parecidas a las de otras gramíneas, brotan muy pronto y van seguidos por tallos muy delgados rematados por espigas de cuyos granos molidos se saca la harina. El trigo, la avena y la cebada tienen semejantes prácticas de cultivo, objetos y usos ¹⁰.

1.3.1 Clasificación Taxonómica de la planta del trigo.

Tabla 1.3.1-1 Taxonomía del trigo ¹¹.

Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Liliopsida
Orden:	Poales
Familia:	Poaceae
Género:	Triticum L.
Especies:	<i>Triticumaestivum</i>

(Fuente: BEDRI, 2010)

1.3.2 Variedades del Trigo según el grano.

Existe una cantidad enorme de variedades de trigo, cuyo género botánico es el *Triticum*, que mercantilmente se reducen específicamente a dos tipos: el trigo duro (*T. durum*) y el trigo blando (*T. aestivum* o vulgar).

¹⁰<http://www.profichef.com/info-food/almidones/el-trigo>

¹¹BEDRI., Taxonomía del cultivo del trigo.

a) Trigo común o blando: También llamado vulgar o candeal, es el más cultivado, la cariósida (la semilla) tiene un aspecto vítreo cuando se fragmenta, opaca en el borde y harinosa en el centro. Prefiere climas que van de cálidos a templados y se utiliza para la panificación.

b) Trigo duro: Proporciona el grano que se utiliza para la fabricación de pastas alimenticias (macarrones, fideos, etc.), es muy rico en proteínas.

También tenemos el trigo compacto.

c) Trigo compacto: Es de calidad relativamente baja y es el que se utiliza para repostería, sémola tiene pocas proteínas¹⁰.

1.3.3 Descripción botánica del trigo.

Las partes de la planta de trigo se pueden describir de la siguiente manera:

a) Raíz

Es una raíz fasciculada con numerosas ramificaciones, las cuales alcanzan en su mayoría una profundidad de 25 cm.

b) Tallo

Es una caña hueca con 6 nudos que se alargan hacia la parte superior, alcanzando entre 0,5 a 2 metros de altura, es poco ramificado.

c) Hojas

Las hojas del trigo tienen una forma linear lanceolada (alargadas, rectas y terminadas en punta) con vaina, lígula y aurículas bien definidas¹².

¹²<http://www.infoagro.com/herbáceos/cereales/trigo.htm>

d) Inflorescencia

La inflorescencia es una espiga compuesta por un raquis (eje escalonado) o tallo central de entrenudos cortos, sobre el cual van dispuestas de 20 a 30 espiguillas en forma alterna y laxa o compacta, llevando cada una nueve flores.

La espiga consta:

- **Arista** Filamento áspero de cascabillo o gluma
- **Glumas Terminales** Las vainas ubicadas donde finaliza la espiga
- **Gluma** Vaina rígida que envuelve y protege el grano del trigo.
- **Tallo** Largo y fuerte para sostener las semillas de la espiga.

e) Granos

Los granos son carióspsides que presentan forma ovalada con sus extremos redondeados¹³.

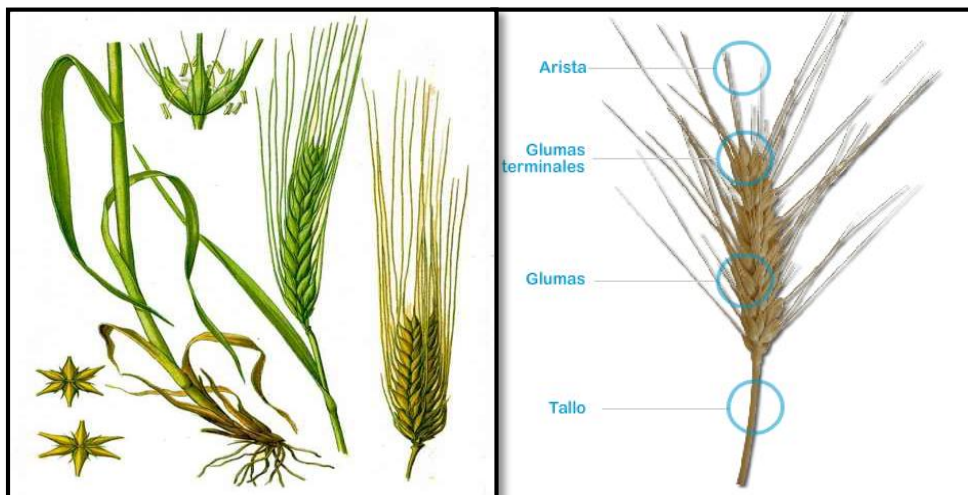


Figura 1.3.2 -1 Partes de la planta de trigo

(Fuente:<http://www.harineraguadalupe.com>)

¹³<http://www.harineraguadalupe.com>

1.3.3.1 Estructura del grano del trigo.



Figura 1.3.3.1-1 Estructura del grano de trigo

(Fuente: INFOAGRO 2009)

Cada grano de trigo consta de las siguientes partes:

a) Salvado

El salvado corresponde a lo que serían las capas externas del grano:

- **Capa protectora o gluma, cascarilla**

Es la que protege al grano, está formado principalmente por fibra

- **Pericarpio** con sus tres subclases: epicarpio, mesocarpio y endocarpio

(ricas en fibras y minerales,)

La testa (rica en vitaminas y enzimas)

La capa de aleurona (rica en proteínas y grasas).

Presenta un alto contenido en fibra (9-12%), el mayor de todas las fracciones del trigo. Parte o la totalidad del salvado se elimina para elaborar la harina blanca, no puede digerirse, utilizándose fundamentalmente en alimentación animal. Tiene alrededor de 15.5% del peso del grano.

b) Germen o embrión

Se localiza en el centro o núcleo de la semilla, es la parte del grano que daría lugar a la planta si se encuentra en condiciones adecuadas. Es rico en proteínas de alto valor biológico, ácidos grasos esenciales, vitaminas E y B1 y elementos minerales.

c) Endospermo

Estructura harinosa o feculenta que envuelve al embrión y que le proporciona los nutrientes necesarios para su desarrollo, comprende más de la mitad del grano y consiste principalmente en almidón. Tiene alrededor de 82.5% del peso del grano

d) Surco

A lo largo de la cara ventral del grano hay una depresión (surco): una invaginación de la aleurona y todas las cubiertas. En el fondo del surco hay una zona vascular fuertemente pigmentada¹⁴.

1.3.4 Composición nutricional del grano del trigo.

El valor nutricional previsto incluye los macronutrientes y micronutrientes y otros componentes de los alimentos de los que se sabe que tienen efectos fisiológicos positivos.

¹⁴Agrociencia., Royal Lineal, fenología, rendimiento y sus componentes en trigo harinero

Tabla 1.3.4-1 Composición típica demacro y micro nutrientes del grano de trigo, y su distribución en los diferentes productos.

Nutrientes	Unidades por 100 g	Grano	Harina de grano entero	Refinada	Cáscara
ANÁLISIS APROXIMAL					
proteínas	g	12,6	13,7	9,7	15,6
almidón	g	62,4	60,0	58,9	14,1
lípidos	g	1,54	1,81	1,48	4,25
cenizas	g	1,57	1,60	0,58	5,79
fibra dietética	g	12,2	12,2	5,5	42,8
MINERALES					
Hierro	mg	3,19	3,88	1,26	10,57
Magnesio	mg	126	138	25	611
Fosforo	mg	288	346	107	1.013
Potasio	mg	363	405	149	1.182
Zinc	mg	2,65	2,93	1,02	7,27
Cobre	mg	0,43	0,38	0,19	1,00
VITAMINAS					
Tiamina	mg	0,38	0,45	0,19	0,52
Riboflavina	mg	0,12	0,22	0,07	0,58
Niacina	mg	5,46	6,37	1,20	13,58
Ácido pantoténico	mg	0,95	1,01	0,25	2,18
B6	mg	0,30	0,34	0,04	1,30
A	IU	9	9	0	9
E	mg	1,01	0,82	0,05	1,49
K	ug	1,90	1,90	0,30	1,90
PERFIL LIPÍDICO(ácidos grasos)					
Saturados	g	0,27	0,32	0,30	0,63
mono insaturados	g	0,20	0,23	0,19	0,64
poliinsaturados	g	0,63	0,78	0,85	2,21

(Fuente: Elaboración propia basada en USDA – ARS, 2006, NationalPublicHealthInstitute 2007).

Las variedades de trigo existentes en el Ecuador tienen un valor promedio de proteínas que va desde 11-12% (CESTA 2009).

Tabla 1.3.4-2 Propiedades del grano del trigo.

PROPIEDADES FÍSICAS				
Diámetro (mm)	Porosidad	Factor Forma	Tipo de lecho	
3,92	0,4175	1,14	Normal	
PROPIEDADES QUÍMICAS				
Densidad (Kg/m³)		Humedad del grano fresco		
Absoluta	Aparente	Bajo	Bajo- Medio	Bajo- Alto
1370	800	Hasta 14%	14-16 %	Mayor a 16%

(Fuente: http://www.molinovillafane.com/todo_acerca_del_trigo.html.)

1.3.5 Productos derivados del trigo

Tabla 1.3.5-1 Derivados del grano del trigo ¹⁵.

<p>Harina Es el principal factor de demanda del grano</p>	<p>Harina Refinada o blanca Se remueve el salvado y el germen del grano y se muele únicamente el endospermo. La popularidad de la harina refinada es por tres factores: <u>Durabilidad</u>: el germen es rico en ácidos grasos que se arrancian rápidamente. Al removerlo, la durabilidad de la harina se incrementa. <u>Apariencia</u>: al remover el germen y el salvado se obtiene una harina de grano fino y color homogéneo. <u>Costos</u>: es más rentable vender la harina refinada por un lado, obtener aceite del germen y vender el salvado por separado.</p>
	<p>Harina Integral Se obtiene de la molienda del grano de trigo entero. Lo que se hace es simplemente triturar el grano para que sea comestible y formar una harina. La harina integral tiene un color café no homogéneo. Vida útil limitada La harina de trigo integral tiene un alto contenido de grasa del germen. Estas grasas pueden oxidarse con el tiempo y volverse rancias, lo que genera sabores desagradables. Debido a su vida útil limitada, de dos a tres semanas en climas calientes, se recomienda mantener en el congelador para limitar su oxidación.</p>

¹⁵ <http://www.hvsa.es/HARINERA/Castellano/Web/Productos>

Sémola	Se trata de una harina refinada muy gruesa, en la que se conservan trocitos del trigo duro.
Malta de trigo Trigo de menor calidad	Para la elaboración de bebidas alcohólicas.
Biocombustible	La demanda de trigo para la producción del etanol (7,2% del consumo mundial de este cereal).
Germen de trigo	Se obtiene como producto natural inalterado, mediante la molienda del trigo puro. Es la parte más nutritiva del grano del trigo.
Subproducto.	
Salvado de Trigo Producto obtenido de las diferentes envueltas del trigo.	Salvado de trigo para el consumo humano Producto elaborado a partir de trigos seleccionados, con excelente calidad, limpio y puro.
	Salvado de trigo con destino a la alimentación animal Su destino básicamente, es al consumo porcino, avícola, bovino, cunícola y equino.

(Fuente: <http://www.hvsa.es/HARINERA/Castellano/Web/Productos/Salvado.htm>)

1.3.6 Beneficios del trigo

Entre los principales beneficios que ofrece el trigo es:

- Ayuda a combatir el colesterol
- Brinda energía al tener carbohidratos en forma de almidón, celulosa, hemicelulosa, pentosanos, dextrinas y azúcares.
- Combate el estreñimiento por su alto contenido de fibra
- Es un aliado de belleza del cabello, uñas y piel por su aporte de zinc y vitaminas B.
- Estabiliza estados nerviosos por su contenido de vitamina B12¹⁶.

¹⁶<http://remedios.innatia.com/c-trigo-propiedades>

1.3.7 El cultivo de trigo en el Ecuador

El cultivo de trigo fue introducido a nuestro país en la época de la colonia, alrededor del año 1536 y desde entonces se ha constituido en uno de los más importantes y difundidos en la agricultura de la Región Interandina.

En los últimos cinco años, el consumo de trigo y sus derivados en el país se ha incrementado. Notoriamente, a tal punto que en la actualidad se requiere 250 000 Tm para satisfacer la demanda interna, siendo necesario importar alrededor del 85% de dicha demanda. El Ecuador es dependiente de las importaciones de trigo; anualmente más de 500.000 tm se importan para satisfacer las demandas internas.

El Gobierno Nacional, dentro de sus políticas de sustitución de importaciones y ahorro de divisas, promueve la siembra de 80.000 ha de trigo, para lo cual desarrolla un ambicioso programa de siembras.

Si en el año 2010 se cosecharon en el Ecuador 8533 hectáreas (ha), en 2011, estas sobrepasaron las 14 566 ha, esto se debe a que el área de cultivo creció en el 64%, en las provincias de Carchi, Imbabura, Pichincha, Chimborazo, Bolívar, Cañar Y Loja.

Otro de los alicientes que ha hecho que el interés por esta cosecha aumente es el hecho de que el precio mínimo del quintal de trigo se estableció en 20 USD, con 13 % de humedad, 2% de impurezas⁹.

1.3.8 Variedades de trigo producidas en Ecuador⁹.

Tabla 1.3.8-1 Variedades de trigo producidas en Ecuador .

VARIEDADES DE TRIGO PRODUCIDAS POR EL INIAP HASTA EL 2012	
Estación experimental	Variedad
Santa Catalina	Napo
Santa Catalina	Rumiñahui
Santa Catalina	Amazonas
Santa Catalina	Romero-73
Santa Catalina	Cayambe-73
Santa Catalina	Antisana
Santa Catalina	INIAP-Altar-82
Santa Catalina	INIAP-Tungurahua-82
Santa Catalina	<u>INIAP-Cotopaxi-88</u>
Santa Catalina	<u>Chimborazo</u>
Santa Catalina	<u>INIAP-Cojitambo-92</u>
Santa Catalina	<u>Iniap-Sangay-94</u>
Santa Catalina	<u>INIAP-Quilindana-94</u>
Santa Catalina	<u>INIAP-Cotacachi-98</u>
Austro	<u>INIAP-Zhalao</u>
Austro	<u>Vivar 2010</u>
Santa Catalina	<u>Mirador 2010</u>
Santa Catalina	<u>San Jacinto 2010</u>

(Fuente: INIAP, Guía de cultivos, Quito)

1.3.8.1 Características de las variedades de trigo del Ecuador

Tabla 1.3.8.1-1 Características de algunas variedades del Ecuador⁹.

CARACTERÍSTICAS	INIAP ZHALAO 2003 ³	INIAP COTACACHI 98 ³	UEB CARNAVALERO 2007 ⁴	INIAP COJITAMBO 1992 ³	INIAP MIRADOR 2010 ³	INIAP SAN JACINTO 10 ³
Zona de cultivo	2200-3200 msnm	2500-3200 msnm	Bolívar	Austro	2200-3000 msnm	2200-3000 msnm
Numero de granos/ espiga	40	50-68	39-45		47	46
Tipo de espiga	Barbada		Barbada	Barbada	Barbada	Barbada
Color de espiga	Blanca	Blanca ámbar	Blanca	Blanca	-	-
Tamaño de espiga	10-12 cm	10-13.6 cm		-	11 cm	10cm
Numero de espiguillas	-	21-27	13-15	-	-	-
Tipo de grano	1 a	-	Normal formado	-	Oblongo	Oblongo
Forma y tipo de grano	-	-	Ovoide vítreo	-	-	-
Color del grano	Blanco	rojo	Rojo	-	Blanco	blanco
Ciclo de cultivo	175-180 días	184 días	135-150 días	175-185 días	160-170 días	160-170 días
Rendimiento	4.7 TM/ ha	2.7-5.2 TM/ ha	2.7-4.5 TM/ ha	3 -4.24 TM/ ha	4 TM/ ha	4 TM/ ha
Rendimiento harinero	69%	62-65%	75%	63-66%	70-75 %	70-75 %
Aptitud panadera	Buena	Regular	Buena	Buena	Buena	Buena

(3) Fuente: Folleto divulgativo INIAP Variedades trigo (4) Fuente: Folleto divulgativo variedad UEB- Carnavalero

1.3.9 Fibra Dietética.

Según la AACC define a la fibra dietética como la parte comestible de los vegetales, que son resistentes a la digestión y absorción en el intestino delgado humano, y que son fermentados parcial o totalmente en el intestino grueso, es decir la fibra es la parte de los alimentos de origen vegetal que nuestro cuerpo no puede absorber o digerir, se encuentra en frutas, verduras, frijoles, chícharos, lentejas, frutos secos, semillas y granos enteros, conocida como fibra alimentaria.

1.3.9.1 Constitución de la fibra

La fibra se considera formada por dos grupos de componentes, unos que son insolubles o que presentan una capacidad de captación de agua baja que constituyen la porción insoluble de la FD y otros que son solubles pues presentan una gran afinidad con el agua, se hidratan en una proporción muy alta, pudiendo formar dispersiones que alteran fuertemente la viscosidad del medio en que se encuentran.

- **Componentes insolubles: celulosa y lignina y algunas hemicelulosa**

Celulosa glucano lineal formado por glucosas unidas por enlace beta 1-4 glicosídico. Lignina polímero de alcoholes complejos

- **Componentes solubles: pectinas, gomas, mucílagos, polisacáridos de algas**

Polisacáridos lineales formados por cadenas de azúcares iguales o cadenas de azúcares diferentes.

Tabla 1.3.9.1-1 Constituyentes de la fibra dietética según la definición de la AACC.

Polisacáridos no amiláceos y oligosacáridos no digeribles	Análogos de carbohidratos	Sustancias no polisacáridos
<ul style="list-style-type: none"> - Celulosa,gomas,pectinas - Hemicelulosa,musilagos - Arabinoxilanos - Arabinogalactanos - Polifruktosas - Inulina - Oligofruktanos - Galacto-oligosacáridos 	<ul style="list-style-type: none"> - Dextrinas indigeribles - Maltodextrinas resistentes - carbohidráticos sintetizados - Polidextrosa - Metilcelulosa - Hidroxipropilmetilcelulosa - Almidones resistentes 	<ul style="list-style-type: none"> - Ligninas - Ceras - Fitatos - Cutinas - Saponinas - Suberina - Taninos

(Fuente: universitatoviravirgili efectos metabólico-terapéuticos a corto y largo plazo de la suplementación con fibra dietética. Rafael Balanza Roure).

Los componentes principales de la fibra dietética incluidos en la definición de la AACC son: polisacáridos como la celulosa y la hemicelulosa, oligosacáridos formados por polímeros de 3 a 10 monosacáridos y análogos de carbohidratos, es decir, aquellas sustancias producidas durante el procesamiento químico o físico de polisacáridos amiláceos y que han demostrado alguna de las propiedades fisiológicas y saludables de los otros componentes de la fibra dietética.

También se incluyen en esta definición sustancias no polisacáridos como: lignina, ceras, cutinas, suberina y derivados indigeribles de ácidos grasos, que están íntimamente ligadas a los componentes polisacáridos de la fibra dietética, añadiéndoles mayor resistencia a la digestión.

Con posterioridad se han incluido dentro del concepto de fibra dietética otras sustancias como ciertos polisacáridos amiláceos, llamados almidones resistentes, que son parcialmente resistentes a la degradación enzimática intestinal, así como algunos oligosacáridos no digeribles como los fructooligosacáridos (inulina y oligofructosa) ¹⁷.

1.3.9.2 Beneficios de la fibra en el ser humano.

Al referirse a la fibra se habla de una esponja vegetal que recorre todo el tracto intestinal hasta ser eliminada por las deposiciones. Se trata de una serie de moléculas que el aparato digestivo no puede asimilar.

La fibra es un material de higiene interior que resulta imprescindible para evitar, por ejemplo, el problema tan frecuente del estreñimiento. La fibra al ser absorbida no aporta energía pero realiza funciones esenciales en nuestro organismo.

- La escoba formada por los productos integrales absorbe y elimina las toxinas manteniendo sano el intestino.
- La fibra es también un elemento fundamental para intentar evitar o en su caso tratar, enfermedades como la diabetes y las dolencias cardiovasculares que pueden surgir por el exceso de colesterol y los triglicéridos¹⁸.

¹⁷<http://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/8661/2Introduccion.pdf>

¹⁸<http://www.laboratoriofitocol.com>

Tabla 1.3.9.2-1 Beneficios de consumir el salvado del trigo y la cebada.

Salvado de trigo	Salvado de cebada
Es una fibra insoluble (no se absorbe), contiene celulosa, fitina y vitamina E. Además es rica en contenido de magnesio.	Contiene fibras, vitaminas, ácidos grasos esenciales (Omega 3 y 6)
Propiedades: - Es laxante natural. - Reduce colesterol y triglicéridos. - Reduce azúcar en sangre (ideal para los diabéticos). - Disminuye la absorción de las grasas	Propiedades: - Laxante suave natural. - Demulcente (Protege la mucosa). - Reduce colesterol. - Reduce niveles de azúcar en sangre (ideal para diabéticos).

(Fuente: <http://www.laboratoriofitocol.com/2013>)

1.3.9.3 Consumo de la fibra.

Diariamente se aconseja tomar un mínimo de 30 gramos de fibra. Esta cantidad se puede superar según la necesidad que exista de regular las deposiciones. Es muy útil comer alimentos ricos en fibra en cada una de las comidas diarias. Una cantidad muy recomendable para la gran mayoría de la población sería de 70 gramos al día¹⁹.

1.4 INDUSTRIA DE LOS CEREALES.

1.4.1 Procesamiento de los cereales

Si bien cada tipo de cereal requiere de un tratamiento específico, hay algunos principios de carácter general. Así los cereales pasan por distintas etapas en una gran, y a veces compleja, cadena que se inicia en la cosecha y termina en el consumo.

¹⁹<http://www.jugosylicuados.com/consumo-fibra-alimentacion-diaria>

1. **Sistema poscosecha**, comprende básicamente tres bloques separados: el primero cubre desde la cosecha hasta el almacenado del grano, y engloba todas las operaciones que permiten extraer y estabilizar el grano de cereal.
2. **Procesado preliminar**, comprende aquellas operaciones que pueden ser industriales o domésticas y permiten obtener productos intermedios, fundamentalmente harinas, que no pueden ser consumidos directamente por el hombre.
3. **Procesamiento secundario**, es la tercera etapa y lo forman aquellas operaciones que transforman los productos intermedios en finales (por ejemplo, la fabricación de pan)²⁰.

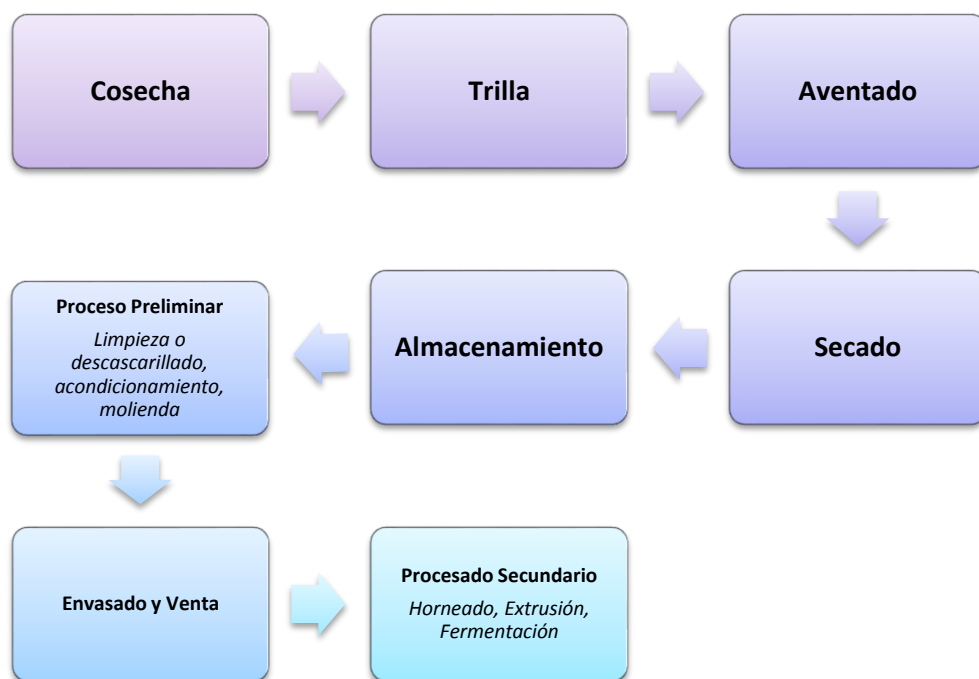


Figura 1.4.1-1 Tratamiento de los cereales.

(Fuente: Cereales y Productos Derivados, Dendy, D.A.V. y Dobraszczyk, B.J.)

²⁰DENDY, D. Y OTROS., Cereales y Productos Derivados

1.4.1.1 Sistema poscosecha.

1.4.1.1.1 Cosecha

Es una labor agrícola, donde se procede al corte ya sea manual o mecanizado del trigo para ser trillado

1.4.1.1.2 Trilla y Aventado

Tras la trilla los granos continúan mezclados con los restos de la planta, que constituyen la *paja*, por lo que es necesario separarlos²¹.

1.4.1.1.3 Secado

El secado de los granos tiene por objeto reducir el nivel de humedad en los mismos, por debajo de un nivel considerado de seguridad, lo cual contribuye a garantizar su conservación, al impedir tanto su germinación como el crecimiento de microorganismos.

Sin embargo, la absorción de agua puede ser especialmente problemática cuando el grano se almacena en condiciones de elevada humedad absoluta, tales como las que se dan en climas tropicales. Por el contrario, en climas fríos de montaña, donde incluso a elevadas humedades relativas existe poca cantidad de agua en el aire, los granos pueden almacenarse temporalmente con un nivel de humedad mayor del 20%.

Dado que el agua se sitúa tanto en el interior como en la superficie de los granos, durante el secado de los mismos se dan dos etapas diferentes:

²¹Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP)., Inventario Tecnológico del Programa de Cereales

1. La evaporación del agua superficial, hasta alcanzar el equilibrio con el ambiente.
2. El transporte por difusión del agua desde el interior del grano hasta la superficie, para reponer a la evaporada.

Esta etapa se prolonga hasta que el interior, superficie y ambiente se hallan en equilibrio en cuanto a su contenido de agua.

Para lograr el contenido bajo de humedad los granos deben secarse, pero **nunca superar los 65 °C**, ya que podría afectarse las proteínas del gluten y destruirse las enzimas necesarias para la panificación²².

Obviamente, en cuanto las condiciones ambientales cambian el equilibrio se rompe, y el grano puede volver a ganar humedad. En principio se asume que, una vez secado hasta los niveles de humedad indicados en la Tabla 1.4.1.1.3-1, el grano de cereal no absorbe agua nuevamente o lo hace en cantidades que no comprometen su conservación.

Tabla 1.4.1.1.3-1 Porcentaje máximo de humedad.

Cereal	Contenido máximo de humedad %
Trigo	13.5
Cebada	13

(Fuente: <http://www.fao.org/docrep/x5051s/x5051s02.htm>)

²²<http://www.ugr.es/~mgroman/archivos/TC/mat.pdf>

1.4.1.1.4 Almacenamiento.

Una vez secos los granos deben almacenarse en recipientes o silos aislados térmicamente, de manera de impedir la re-hidratación, aún en uso en muchos países en vías de desarrollo, el grano puede ser almacenado en bruto, en grandes depósitos verticales u horizontales (estos últimos menos habituales), o bien ensacado y los sacos convenientemente apilados, conservados en almacenes bien sellados y generalmente contruidos de hormigón. Sin embargo, el ensacado del grano es poco utilizado, salvo en los países en desarrollo.

El nivel de seguridad para el almacenamiento de cereales es del 13 al 15% de humedad, para periodos de almacenamiento de hasta un año, y del 11 al 13% para periodos de más de un año, y T de 20 °C, deberá ser del 9%, aunque depende del tipo de cereal .

1.4.1.1.5 Transporte del grano.

El grano ha de ser transportado desde el campo de labor hasta el silo situado en la propia granja, de aquí normalmente a un depósito local, desde el cual es a su vez distribuido a las industrias transformadoras²³.

1.4.1.2 Procesado Preliminar

1.4.1.2.1 Limpieza

Los granos que llegan hasta la harinera transportan con ellos elementos extraños tales como pequeñas piedras, tierra, paja o semillas de otros cereales. Son varios los procedimientos que permiten separar las impurezas, basándose en diferencias

²³BAQUERO, J. Y OTROS., Equipos para Industria Química y Alimentaria

de tamaño, forma, densidad o resistencia al aire entre los granos y los agentes extraños, o incluso aprovechando las propiedades magnéticas de las posibles partículas metálicas presentes. En general se emplean los siguientes equipos para la limpieza ²⁰:

1.4.1.2.2. Diagrama general del Proceso de limpieza del trigo, que intercala las diferentes operaciones y equipos.

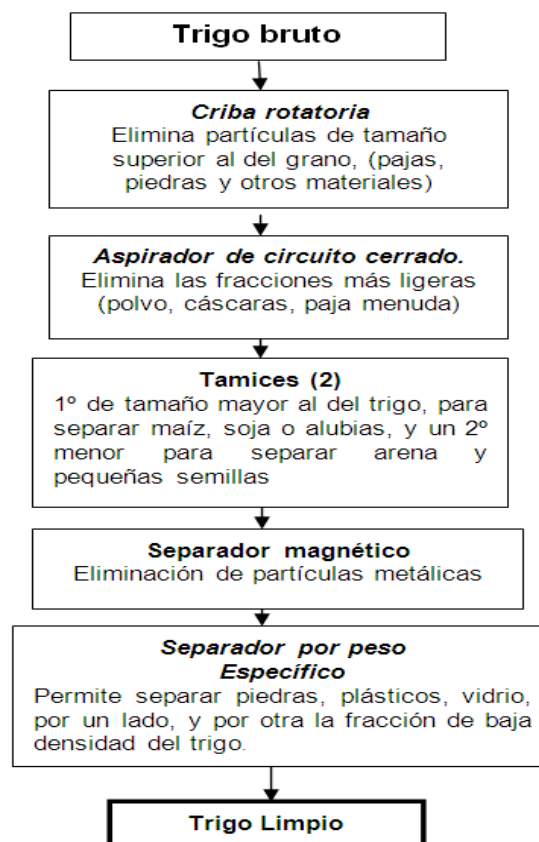


Figura 1.4.1.2.2-1 Proceso de limpieza del trigo, que intercala las diferentes operaciones y equipos.

(Fuente:<http://www.ugr.es/~mgroman/archivos/TC/mat.pdf>)

1.4.1.3 Molienda

La molienda tiene por objetivo la transformación del endospermo en harina y sémolas, y la separación, lo más íntegras posible de las cubiertas del grano (fibra o salvado) y el germen.

Las partículas ricas en almidón son más densas que las ricas en proteína²⁴.

1.4.2 Impacto Ambiental

Los impactos ambientales de la industria molinera abarcan los siguientes campos:

- Emisión de polvo.
- Molestias por ruidos.
- Peligros por explosiones de polvo e incendios.
- Molestias por malos olores a pequeña escala.
- Aprovechamiento de residuos y/o eliminación de desechos.
- Agua de procesos específicamente en el lavado de los cereales, pero si tienen que fabricarse productos granulados o de grano entero

En el caso de las técnicas de procesamiento aplicadas actualmente, se requieren energías de propulsión para la limpieza y grandes cantidades de aire para una limpieza en seco²⁵.

²⁴LOCK W. Y OTROS., Molienda del Trigo

²⁵<http://ces.iisc.ernet.in/energy/HC270799/HDL/ENV/envsp/Vol248.htm>

1.5 DESCASCARILLADO

Es la operación por medio de la cual se despoja a la semilla (trigo y cebada) de su cáscara que se encuentra fuertemente adherida. A través del fraccionamiento por medios mecánicos o manualmente²⁶.

El descascarillado manualmente tiene un rendimiento muy bajo (aproximadamente 2 kg de vainas por persona-hora). Las descascarilladoras oscilantes o rotativas tienen un rendimiento de unos 40a 60 kg de vainas por hora²⁷.

1.5.1 Influencias del descascarado en el valor nutritivo del cereal

Los alimentos etiquetados o identificados como descascarados, agrietados o procesados son los granos refinados. Los granos refinados son considerados pobre en valor nutricional. Los fabricantes de alimentos enriquecen los granos con hierro y vitamina B junto con un par de otros nutrientes; sin embargo, el contenido original de la fibra del grano se pierde. Estos tipos de alimentos son arroz blanco, granos y alimentos de maíz de germinado procesado como pan de maíz y tortillas.

Mientras que el maíz es un grano entero, los cereales de preparación rápida para el desayuno como los copos de maíz no tienen el mismo valor nutritivo que los cereales de trigo integral²⁸.

²⁶<http://www.streckel-schrader.com/espanol/procesos-de-produccion>

²⁷<http://www.fao.org/docrep/T0818S/T0818S09.htm>.

²⁸) **PIZARRO D.**, Higiene y seguridad en el agro.

1.5.2 Ventajas y desventajas del descascarado.

1.5.2.1 Ventajas

Es necesaria una considerable preparación del cereal, y la realización de varios procesos bien controlados, para lograr una máxima reducción de fibra en la harina con mínima pérdida de materia hacia la cáscara.

- La industria molinera moderna elimina la cáscara y el germen dejando solamente la parte interior. Las razones son de orden económico: las harinas refinadas no son atacadas por gorgojos y polillas con la misma facilidad que las harinas integrales y por este motivo pueden almacenarse por mayor tiempo.
- El secado puede ser mejorado cuando los granos están limpios, y esto da más importancia a la operación de limpieza previa al almacenamiento. Si los granos no han sido limpiados, los problemas de emisión de aire se incrementan notablemente debido a que el gran volumen de aire requerido en el secado se transformará en un flujo polvoriento al pasar a través de los granos sucios.
- A través del pelado o descascarado se consigue una molienda óptima, debido a la eliminación de productos secundarios las cascara que pesan sobre el proceso.

- Un sistema de limpieza para la remoción del 80/90% de las vainas, la separación de cáscara etc. prevendrá la aparición de puntos calientes y ayudará a uniformar la humedad en los granos.
- Reducción del coste de secado y molienda.
- Reducción del costo total a través del proceso de descascarado controlado al influir directamente sobre el grado de descascarillado.
- Las cáscaras de la cebada son muy abrasivas y causan un desgaste costoso en el equipo de manejo y de moler de grano. Quitar la cáscara y otros componentes (a excepción del almidón) del grano antes de fermentación para el etanol mejoraría significativamente el procesamiento de etanol²⁹.

1.5.2.2 Desventajas.

- Se pierde el valor alimenticio.
- Descascarillados excesivos pueden acarrear una pérdida de granos por el alto porcentaje de granos partidos.

Este es el caso particular del arroz que es sujeto a las quebraduras y a las lesiones; el grano es entonces dañado y pasa a ser vulnerable a ciertos insectos tales como la *Corcyracephalonica*³⁰.

²⁹http://www.schulefood.de/schule/files/Prospekte_spanisch

³⁰<http://www.fao.org/docrep/004/AC301S/ac301s03.htm>

1.5.3 Métodos de descascarillar

Tenemos los siguientes métodos de descascarillar:

1.5.3.1 Descascarillado en seco

Consiste en secar los cereales ya sea de forma natural o utilizando secadores, hasta una humedad óptima para el proceso del descascarillado.

Por ejemplo en la avena se hace pasar la avena seca por el medio de unas piedras, una estática y la otra en movimiento.

1.5.3.2 Descascarillado en verde

Los cereales se descascarillan con su contenido natural de humedad 12 al 16 % en máquinas de impacto, haciendo que los granos estabilizados choquen a grandes velocidades contra una placa revestida de material abrasivo, los granos desprovistos son secados.

1.5.3.3 Descascarillado en húmedo

Los cereales se humedecen hasta una cierta humedad. Por ejemplo la avena se humedece hasta un 20 % (avena) de humedad o más, depende del tipo de cereal. La mezcla granos desnudos, cascarilla y granos enteros se secan antes de separarse cada uno de los componentes³¹.

³¹<http://ces.iisc.ernet.in/energy/HC270799/HDL/ENV/envsp/Vol248.htm>

1.5.4 Importancia del contenido de humedad de los granos con la aptitud del descascarillado.

La aptitud al descascarillado depende en parte de la anatomía de la cáscara y está relacionada con otras características de la semilla, tales como el peso y dimensión de la misma. La literatura indica que los mejores métodos de descascarillado de semilla son los basados en impacto, adquiriendo relevante influencia el tamaño y la humedad de la semilla. El contenido de humedad de la semilla incide marcadamente en su aptitud al descascarillado. Disminuir el contenido de humedad facilita la eliminación de la cáscara, efecto que sería más pronunciado en semillas de mayor contenido de aceite. Pero la disminución de la humedad también produce un aumento en la cantidad y composición de los finos, por lo que se hace necesario determinar el valor óptimo de humedad del grano entero para maximizar el descascarillado y reducir al mínimo los finos³².

1.5.5 Extracción del grano pelado EGP

El grano, tanto el utilizado en alimentación humana como animal, es deseable que tenga el menor contenido de cáscara posible. Esta es rica en celulosa y otros materiales altos en fibra, que tienen bajo valor nutritivo y además encarecen el transporte. De aquí que la EGP o relación grano/cáscara es un importante factor de calidad y también económico, tanto para las empresas que compran cereales para consumo humano como para productores que los utilizan en la alimentación animal.

³²EDIFARM., Vademécum Agrícola

La EGP se define como el porcentaje de granos pelados obtenidos al descascarar o pelar mecánicamente 100 (g. Kg o ton) de cereal cubierto.

Actualmente, es uno de los indicadores más usados y confiables para determinar la calidad física e industrial de los granos, constituyéndose en uno de los principales requisitos para comercializar y exportar los cereales. Los granos llenos de cáscara fina y sin sobreposición entre lema y palea, tienen una alta proporción de grano pelado y una muy buena EGP. En cuanto a la cáscara, esta tiene un bajo valor nutritivo, por su menor contenido de proteína (1,4 a 1,9%) y alto contenido de fibras. Sin embargo es utilizada en alimentación animal y protege al grano del ataque de hongos e insectos³³.

$$\text{Contenido de cáscara (\%)} = \frac{E - A}{E} * 100$$

Ec: 1.5.5-1

Donde:

E= Masa de la muestra como % de sustancia seca

A= Masa de granos descascarados como porcentaje de sustancia seca³⁴.

1.6 DESCASCARADOR

Máquina que separa la cáscara o cascarilla del grano o cereal, por centrifugado o por fricción o procedimientos de abrasión.

³³<http://www.loporcaro.it/descascadora.htm>

³⁴Instituto de Normalización Ecuatoriano Nacional INEN., Norma Técnica 2358

1.6.1 Tipos de descascaradores.

El proceso de descascarado representa el centro del procesamiento de cereales. Los cereales tratados y preclasificados en el proceso de limpieza se convierten en esta operación de materia prima en un producto pre acondicionado.

Con el fin de corresponder a la multitud de tipos de cereales, se aplican diferentes descascaradores como, descascarado por centrifugado, por fricción o procedimientos por abrasión.

El uso de descascaradores elegidos en función del producto permite maximizar el rendimiento³⁵.

1.6.1.1 Descascarador centrífugo

Aprovechan la mayor facilidad de arrastre de las partículas pequeñas y ligeras en una corriente de aire. La descascaradora centrífuga elimina las cáscaras de avena, pipas de girasol, mijo, alforfón, colza, espelta y cereales similares.

Se utiliza principalmente en molinos de avena y sistemas descascaradores para girasol

El descascarador centrífugo trabaja según el probado procedimiento de impacto.

El material a descascarar se conduce primero a través de una entrada hacia el lanzador. Allí, los cereales se distribuyen uniformemente en los canales de lanzado por medio de un plato difusor.

³⁵ORTIZ, J., Técnicas de Mecanización Agraria

El producto es orientado en el canal y proyectado de forma controlada contra el anillo de impacto. Según el producto a descascarar se elige un anillo de impacto de acero o de goma.

El rendimiento de descascarado de la máquina se puede ajustar a través del tubo de entrada regulable sin escalonamiento. A través de un convertidor de frecuencia, la velocidad de giro del lanzador se puede adaptar específicamente al producto. Con este ajuste se optimiza la relación entre el grado de descascarado y un eventual volumen de producto roto ³⁶.

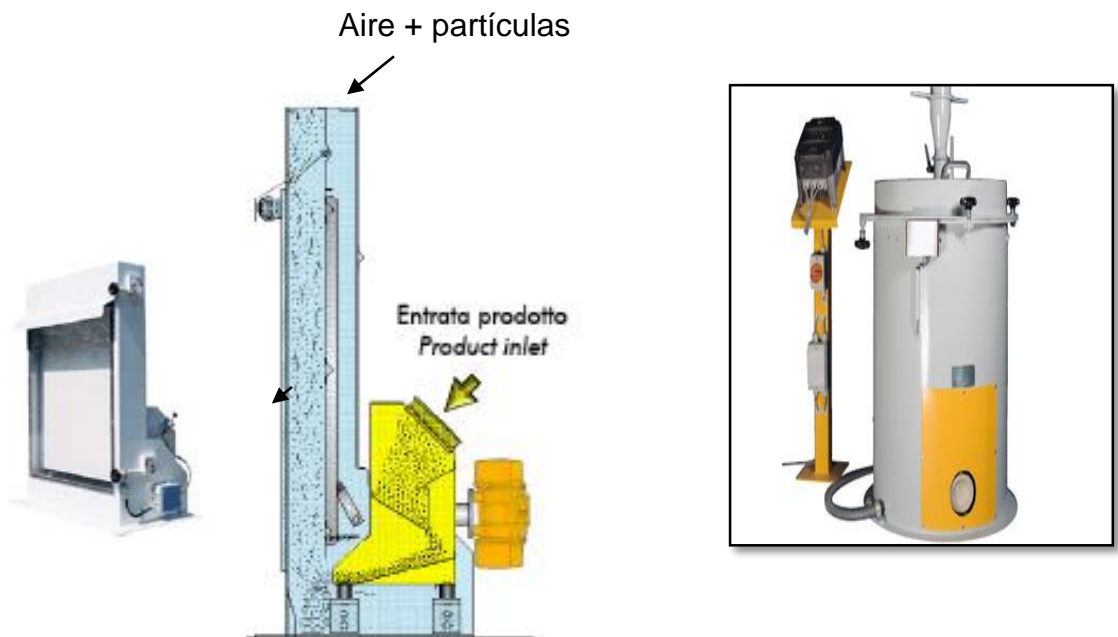


Figura 1.6.1.1-1 Descascarador centrífugo.

(Fuente:<http://books.google.com.ec/books?id=tY8gAQAAIAAJ&pg=PA72&lpg=PA72&dq=descascarador+CENTRIFUGO&source=>)

³⁶HALL W. Y OTROS., Equipo Para Procesamiento de Productos Agrícola

1.6.1.2 Descascarador por fricción

La fricción se refiere a frotar, restregar o rozar algo. Se conoce como fuerza de fricción a la que realiza una oposición al desplazamiento de una superficie sobre otra, o a aquélla opuesta al comienzo de un movimiento.

La fricción, como fuerza, se origina por las imperfecciones entre los objetos que mantienen contacto, las cuales pueden ser minúsculas, y generan un ángulo de rozamiento.

En el proceso de descascarado, se utiliza para rectificar y pulir arroz y otros tipos de cereales duros, tales como cebada o trigo duro³⁷.

Tenemos dos tipos de descascaradores por procesos de fricción:

1.6.1.2.1 Descascarador de rodillos de caucho.

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

El forraje fluye de manera de una capa fina y regular entre los dos rodillos ³⁸.

³⁷<http://www.conarroz.com/pdf/8Molineriamoderna2.pdf>

³⁸www.patentesonline.com.mx/descascarador-de-rodillos-46420co.html

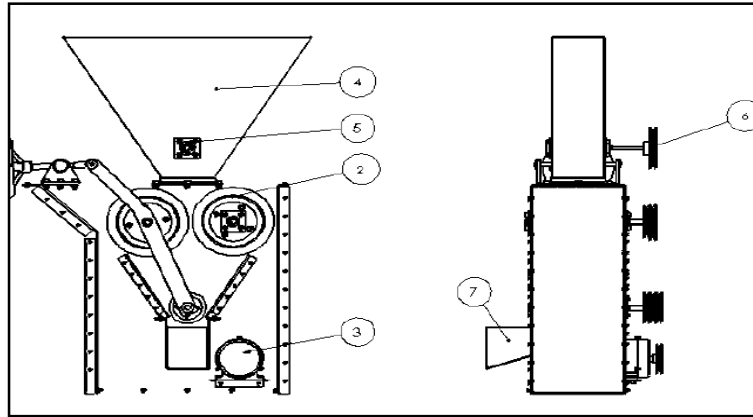


Figura 1.6.1.2.1-1 Partes principales del descascarador de rodillos de caucho

(Fuente: Ortiz. Técnicas de Mecanización Agraria)

- 1) Volante de regulación.
- 2) Rodillo descascarador.
- 3) Motor.
- 4) Tolva de alimentación.
- 5) Eje del rodillo alimentación.
- 6) Polea.
- 7) Tolva de salida.

1.6.1.2.2 Descascarado por rectificación suave

Durante el descascarado por fricción, es decir, en la fricción de los cereales en la chapa de tamizado y de los granos entre ellos, el producto es refrigerado por medio de una corriente de aire. De este modo se garantiza el descascarado especialmente suave de los cereales.

Funcionamiento:

Mediante un tornillo sinfín situado debajo de la entrada se transporta el producto al área de trabajo de la máquina. Allí, el cesto de tamizado estable aloja las chapas

de tamizado fácilmente intercambiables. El árbol de levas de acero colado templado está dotado de dos rendijas que permiten la entrada del aire frío del ventilador al área de trabajo.

Así se asegura la refrigeración necesaria del producto durante el proceso de rectificación. El flujo de aire continuo evita al mismo tiempo que los tamices se queden atascados prematuramente³⁹.



Figura 1.6.1.2.2-1 Descascarador por rectificación suave.

(Fuente: <http://www.streckel-schrader.com/espanol/productos/descascarado-de-cereales-/jet-pearler.html>)

1.6.1.3 Descascarado por abrasión

La abrasión es provocar desgaste de la superficie de un cuerpo por medio de métodos químicos (ej. con un ácido sobre un metal) o físicos (ej. lija, carda etc.)

En el descascarado de cereales, esta máquina se utiliza para el tratamiento suave de diversos productos, p. ej. Cebada, trigo, centeno, leguminosas o pimienta, mediante la eliminación por capas de la cáscara superficial.

³⁹<http://www.loporcaro.it/descascadora.htm>

1.6.1.3.1 Rectificadora vertical

En la robusta carcasa de la rectificadora vertical se encuentra un eje hueco con seis muelas abrasivas y una camisa de tamizado. Para refrigerar el producto durante el proceso de trabajo, se conduce aire de aspiración al cuerpo de la máquina a través del eje hueco. Al aspirar el aire al sistema de aspiración central, se arrastran las partículas de cáscara y de polvo de la máquina a través de la camisa de tamizado³⁹.



Figura 1.6.3.1-1 Rectificador vertical

(Fuente: <http://www.streckel-schrader.com/espanol/productos/descascarado-de-cereales-rectificadora-vertical-.html>).

1.7 Módulo de diseño del descascarador.

El sistema recomendado para cereales duros (cebada, trigo, quinua) es el que comprende medios mecánicos abrasivos y la acción combinada de paletas giratorias con el golpeado del grano en tamices estacionarios o superficie abrasiva, para permitir un raspado eficiente de los granos contra las paredes rugosas.

La cáscara desprendida de los granos, pasa a través de la malla y se separaría por gravedad. El grano una vez desprendido la cáscara, sería transportado en el interior de la superficie rugosa, y se pasa por tolvas para su recepción en sacos.

1.7.1 Ablandamiento de la cáscara

En esta etapa el grano es golpeado contra paredes rugosas o friccionado contra tamices con la función de facilitar el desprendimiento de la cáscara.

Para esto se utiliza la fuerza de paletas o tambores giratorios.

Raspado constante; el grano es friccionado constantemente contra paredes rugosas, con la finalidad de ir separando segmentos internos que se encuentran localizados en la superficie del grano. En este caso se utilizan generalmente paletas giratorias sean éstas metálicas, de un material plástico semi-rígido o ambos⁴⁰.

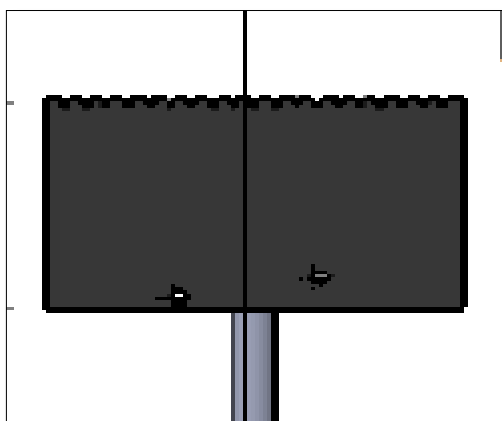


Figura 1.7.1-1 Paletas

(Fuente:Curso de quinua.)

⁴⁰ Ministerio de Alimentación., Curso de quinua

1.7.2 Determinación de las medidas generales de la cebada y el trigo.

Para determinar la cantidad de cebada y trigo se realizara mediante un análisis muestral que obedece a la siguiente ecuación:

$$n = \frac{N\sigma^2 Z^2}{(N - 1)e^2 + \sigma^2 Z^2}$$

Ec. 1.7.2-1

Donde:

n = el tamaño de la muestra.

N = tamaño de la población.

σ = Desviación estándar de la población que, generalmente cuando no se tiene su valor, suele utilizarse un valor constante de 0,5.

Z = Valor obtenido mediante niveles de confianza. Es un valor constante que, si no se tiene su valor, se lo toma en relación al 95% de confianza equivale a 1,96 (como más usual) o en relación al 99% de confianza equivale 2,58, valor que queda a criterio del investigador.

e = Límite aceptable de error muestral que, generalmente cuando no se tiene su valor, suele utilizarse un valor que varía entre el 1% (0,01) y 9% (0,09).

Las medidas generales de cada uno de los cereales involucrados se determinarán mediante un análisis estadístico; se procederá en un muestreo al azar para la selección del número de cereales según la Ec 1.7.1-1, con la ayuda de un calibrador obtendremos las medidas de la Longitud, Ancho y Grosor del grano expresado en (m).

Los resultados serán expresados como promedio de las mediciones en cada descriptor ⁴¹.

$$\bar{x} = \frac{\sum_{j=1}^n x_j}{n}$$

Ec.1.7.2-2

Donde:

\bar{x} = media aritmética

X_j =Cantidades de cebada y trigo

n = Tamaño muestral.

1.7.3 Parámetros para la selección del motor.

1.La expresión para determinar la velocidad angular, parte de la ecuación de la velocidad tangencial.

2.La dirección de la velocidad es tangente a la trayectoria circular, es decir, perpendicular a la dirección radial.

$$v = \omega * r$$

Ec:1.7.3-1

⁴¹PÉREZ, M., Control Estadístico de Procesos

$$\omega = \frac{v}{r}$$

Ec.1.7.3-2

Donde:

ω = Velocidad angular (rpm)

v = velocidad tangencial o lineal según pruebas (m/s)

r = radio (m).

1. Determinación del torque del eje.

La expresión para determinar el torque del eje, es decir el momento de fuerza del motor, parte de la siguiente ecuación:

$$P_e = \tau_{eje} * \omega$$

Ec. 1.7.2-3

Despejando el torque del eje:

$$\tau_{eje} = \frac{P_e}{\omega}$$

Ec. 1.7.2-4

Donde:

τ_{eje} = Torque del eje (N.m)

P_e = Potencia del eje (w)

ω = Velocidad angular (rpm)

Con los valores que se obtiene de la potencia requerida, el torque y la velocidad angular, se acude a los catalogo para seleccionar el motor que debe cubrir la potencia requerida para accionar los elementos móviles de la máquina, además de vencer las fuerzas de fricción de los mismos ⁴².

1.7.4 Sistema de transmisión mediante poleas y correas.

El sistema de reducción de la máquina descascaradora para cebada y trigo está conformado por una transmisión de una correa abierta puesto el giro de estos es un mismo sentido. Es la transmisión más difundida. En estas transmisiones la flexión en la correa es normal y depende fundamentalmente del diámetro de la polea menor.

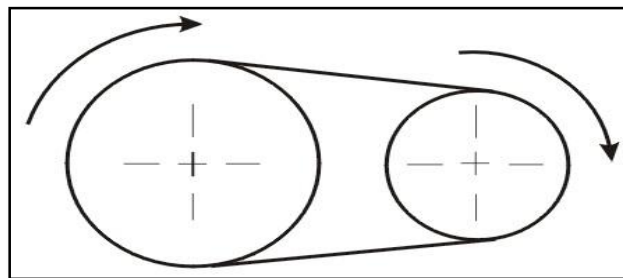


Figura 1.7.4-1 Sistema de transmisión de movimiento por poleas.

(Fuente: Focuseducational. Copyright).

El proceso de transmisión del movimiento con correa es un proceso de elevado rendimiento (95-98%) y precio reducido⁴³.

⁴²LOAIZA R., Máquinas Transportadoras

⁴³<http://tecnologiapirineos.blogspot.com>

1.7.4.1 Ventajas y desventajas del sistema de transmisión por correa.

En relación a otros sistemas de transmisión, las transmisiones por correa presentan las siguientes ventajas:

- Poseen un funcionamiento mucho más silencioso que una transmisión por cadenas o engranajes, si se encuentran en buen estado.
- Permiten absorber choques en la transmisión, debido a la elasticidad de la correa.
- Precisa poco mantenimiento, al no ir engrasadas como ocurre en el caso de las cadenas o de los engranajes.
- Los costes de adquisición (salvo excepciones) son menores que en el caso de las cadenas y engranajes.
- Son fácilmente desacoplables y acoplables.
- Permiten cambiar la relación de transmisión fácilmente (en el caso de emplear correas planas y poleas con forma cónica).
- Pueden alcanzar velocidades bastante elevadas en comparación a las cadenas.
- En caso de que el eje de uno de los árboles quede bloqueado, al intentar transmitir el par a través de la polea, se produce el deslizamiento de la misma, por lo que asegura que no se produzcan daños en la máquina.

Algunos de sus inconvenientes, en cambio, son:

- Precisan de un esfuerzo de pretensado inicial, lo cual produce una sobrecarga inicial del eje que puede producir problemas de fatiga. Este esfuerzo no es necesario en las correas de tipo sincronizado.
- Posibilidad de deslizamiento en la transmisión con lo que la relación de transmisión puede sufrir pequeñas variaciones.
- Aunque el mantenimiento es bajo, se requiere controlar el tensado de la correa. Una correa destensada puede tener una disminución de rendimiento de hasta el 5%, o no ser capaz de transmitir nada de potencia.
- Las pérdidas de potencia suelen ser elevadas, lo cual afecta directamente al rendimiento (94% - 98%).
- No pueden soportar condiciones de alta temperatura debido a los materiales elastómeros o sintéticos empleados.
- Poseen un deterioro mayor que las cadenas o engranajes, en función de los factores ambientales: humedad, polvo, lubricantes, luz solar,...etc. ⁴⁴.

1.7.4.2 Selección de poleas y bandas trapeciales.

La máquina descascaradora de cebada y trigo utilizará bandas trapeciales en V, ya que es menos propensa al patinaje que la banda plana. Generalmente se utiliza con poleas acanaladas y ajustables en donde la transmisión debe ser por lo menos continua.

⁴⁴http://www.mecapedia.uji.es/transmision_por_correa.htm

1.7.4.2.1 Determinación de la sección de la correa⁴⁵.

1. Se multiplica la potencia dada por el factor de servicio dando como resultado la potencia de diseño:

$$P_{dis} = k_s * P$$

Ec.1.7.4.2.1-1

Donde:

P_{dis}: Potencia de diseño (W)

K_s= Factor de servicio

P= Potencia (W)

Con la potencia de diseño y la velocidad del eje más rápido se consulta el gráfico (ver Fig.1.7.4.2.1-1) en el cual se aprecia las cinco secciones más típicas de las correas.

2. Con los datos ya indicados se observa en que zona se encuentra, esto determina la sección de correa que se recomienda usar.

⁴⁵SHIGLEY, J., Manual de Diseño Mecánico

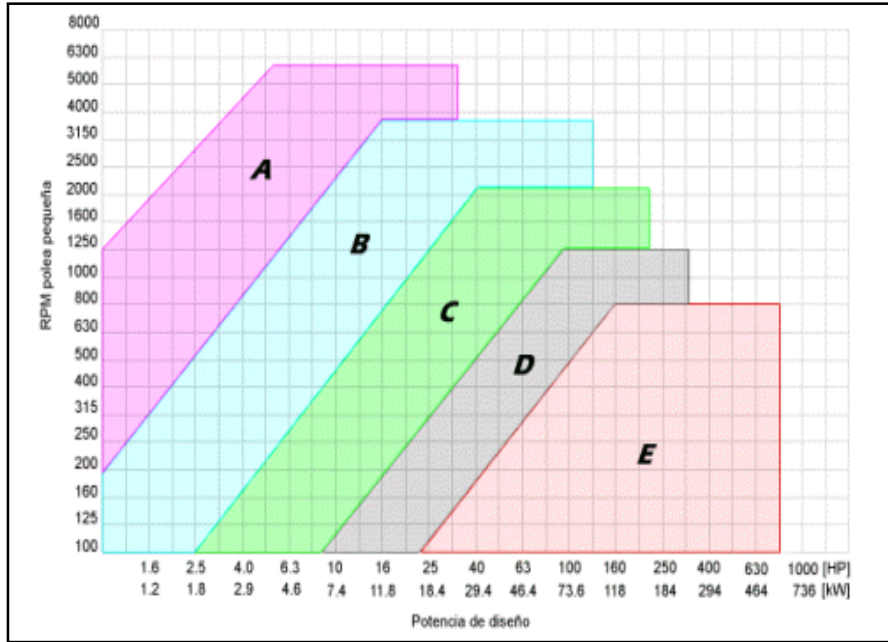


Figura 1.7.4.2.1 Gráfico de selección del perfil de correa.

(Fuente: <http://www.google.com.ec>)

Con los datos ya indicados se observa en que zona se encuentra; esto determina la sección de correa que se recomienda usar.

Tabla 1.7.4.2.1-1 Designaciones normales para bandas trapeciales o en V.

Tipo	Sección Transversal	Diámetro mínimo de polea	Norma
Común para servicio pesado.	A	3,0 (plg)	ANSI/RMA-1P-20-1997
	B	5,4 (plg)	
	C	9,0 (plg)	
	D	13,0 (plg)	
	E	21,0 (plg)	

Común SI para servicio pesado	13 C	80 (mm)	ANSI/RMA-1P-20-1997
	16 C	140 (mm)	
	22 C	224 (mm)	
	32 C	355 (mm)	

(Fuente: SHIGLEY, J: Manual de Diseño Mecánico: Editorial McGraw- Hill, Cuarta Edición 1989, México, Pág 759-805.)

1.7.4.2.2 Determinar la relación de transmisión

La relación de transmisión entre ejes “i” se define como relación “1:i” a la razón entre las velocidades de la rueda conducida (receptor) y la rueda conductora (motriz).

Para un sistema de transmisión por bandas o correas, la relación de transmisión no debe exceder 6:1:

$$i = \frac{d_l}{d_r}$$

Ec.1.7.4.2.2-1

Donde:

i= Relación de transmisión

d_l= Diámetro primitivo de la polea lenta (m).

d_r= Diámetro primitivo de la polea rápida (m).

1.7.4.2.3 Determinación del ángulo de contacto.

El ángulo de contacto no debe ser menor de 120°, cumpliendo este parámetro se evita que la banda resbale en las poleas, se lo determina mediante la siguiente expresión:

$$\theta_s = 2 * \cos^{-1} \left(\frac{d_2 - d_1}{2 * C} \right)$$

Ec.1.7.4.2.3-1

Donde:

θ_s = Ángulo de contacto (°)

C= Distancia entre ejes (m)

d₁ =Diámetro polea motriz (m)

d₂ =Diámetro polea conducida (m)

1.7.4.2.4 Determinar la longitud de la banda.

La longitud de paso o de la banda se determina mediante la siguiente ecuación:

$$L_p = 2 * c + 1.57(d_1 + d_2) + \frac{(d_2 - d_1)^2}{4 * C}$$

Ec:1.7.4.2.4-1

Dónde:

L_p=longitud de paso (m)

C=distancia entre ejes (m)

d₁=diámetro polea motriz (m)

d₂= diámetro polea conducida (m)

Hoy en día se tiene la facilidad de comprar la banda en cualquier tamaño deseado, de modo que no es difícil ubicar una banda fabricada a nuestras necesidades.

1.7.4.2.5 Determinar el perímetro interior

El perímetro interior se calcula mediante la siguiente expresión:

$$L = L_P - \Delta L$$

Ec. 1.7.4.2.5-1

Dónde:

L= perímetro interior (plg) (cm)

L_P= Longitud de paso (plg) (cm)

ΔL =Aumento de longitud (plg) (cm).

Tabla 1.7.4.2.5 -1 Aumentos de longitud de bandas V comunes de servicio pesado-serie en pulgadas.

Sección transversal	Intervalos de tamaño (plg)	Aumentos de longitud(plg)
A	26 a 128	1.3
B	35 a 240	1.8
b	240 ó mayor	2.1
C	51 a 210	2.9
C	210 ó mayor	3.8
D	120 a 210	3.3
D	210 ó mayor	4.1
E	180 a 240	4.5
E	240 ó mayor	5.5

(Fuente: SHIGLEY J: Manual de diseño Mecánico: Editorial McGraw-Hill: cuarta edición 1989: México, pág.807)

1.7.4.2.6 Determinación del Factor de corrección de longitud K₂

Se selecciona el tamaño normal más próximo de la siguiente tabla:

Tabla 1.7.4.2.6 -1 Longitudes normales L y factores de corrección de longitud K₂ para bandas V de tipo común para servicio pesado.

L	A	B	C	D	L	B	C	D	E
26	0.78				144	1.10	1.00	0.91	
31	0.82				158	1.12	1.02	0.93	
35	0.85	0.80			173	1.14	1.04	0.94	
38	0.87	0.82			180	1.15	1.05	0.95	0.92
42	0.89	0.84			195	1.17	1.06	0.96	0.93

46	0.91	0.86			210	1.18	1.07	0.98	0.95
51	0.93	0.88	0.80		240	1.22	1.10	1.00	0.97
55	0.95	0.89			270	1.24	1.13	1.02	0.99
60	0.97	0.91	0.83		300	1.27	1.15	1.04	1.01
68	1.00	0.94	0.85		330		1.17	1.06	1.03
75	1.02	0.96	0.87		360		1.18	1.07	1.04
80	1.04				390		1.20	1.09	1.06
81		0.98	0.89		420		1.21	1.10	1.07
85	1.05	0.99	0.90		480			1.13	1.09
90	1.07	1.00	0.91		540			1.15	1.11
96	1.08		0.92		600			1.17	1.13
97		1.02			660			1.18	1.15
105	1.10	1.03	0.94						
112	1.12	1.05	0.95						
120	1.13	1.06	0.96	0.88					
128	1.15	1.08	0.98	0.89					

(Fuente: SHIGLEY J: Manual de diseño Mecánico: Editorial McGraw-Hill: cuarta edición 1989: México, pág.811)

1.7.4.2.7 Determinar la potencia que la banda transmite

1. El cálculo de la potencia nominal

Es la potencia que la banda transmite en hipotéticas condiciones de trabajo, se lo realiza con la siguiente ecuación:

$$P_r = \left[c_1 - \frac{c_2}{d} - c_3(rd)^2 - c_4 \log(r * d) \right] (r * d) + c_2 r \left(1 - \frac{1}{k_A} \right)$$

Ec.1.7.4.2.7-1

Donde:

P_r= potencia nominal (w)

C₁- C₄=constantes

r= rpm del eje alta velocidad para 100 (m)

K_A= factor de relación de velocidades.

D= Diámetro de la polea menor. (m)

Las constantes C₁, C₂, C₃, C₄, dependen de la sección transversal de la correa y se las encuentra en la siguiente tabla:

Tabla 1.7.4.2.7-1 Constantes para emplear en la ecuación de la potencia nominal de transmisiones de banda.

sección transversal	C₁	C₂	C₃	C₄
A	0,8542	1,3420	2,436E -0'4	0,1703
B	1,5060	3,5200	4,193E -04	0,2931
C	2,7860	9,7880	7,460E-04	0,5214
D	5,9220	34,7200	1,522E-04	1,0640
E	8,6420	66,3200	2,19E-03	1,5320
13C	3,316E-02	1,0880	1,161E-03	5,238E-04
16C	5,185E-02	2,2730	1,759E-03	7,934E-04
22C	1,002E-01	7,0400	3,326E-03	1,500E-02
32C	2,205E-01	26,6200	7,03E-03	3,174E-02

(Fuente: SHIGLEY J: Manual de diseño Mecánico: Editorial McGraw-Hill: cuarta edición 1989: México, pág.809)

Tabla 1.7.4.2.7-2 Factor de relación de velocidades para emplear en la ecuación de la potencia nominal de transmisiones de banda.

Intervalo D/d	KA
1.00 a 1.01	1,0000
1.02 a 1.04	1,0112
1.05 a 1.07	1,0226
1.08 a 1.10	1,0344
1.11 a 1.14	1,0463
1.15 a 1.20	1,0586
1.21 a 1.27	1,0711
1.28 a 1.39	1,0840
1.40 a 1.64	1,0972
Mayor que 1.64	1,1106

(Fuente: SHIGLEY J: Manual de diseño Mecánico: Editorial McGraw-Hill: cuarta edición 1989: México, pág.810)

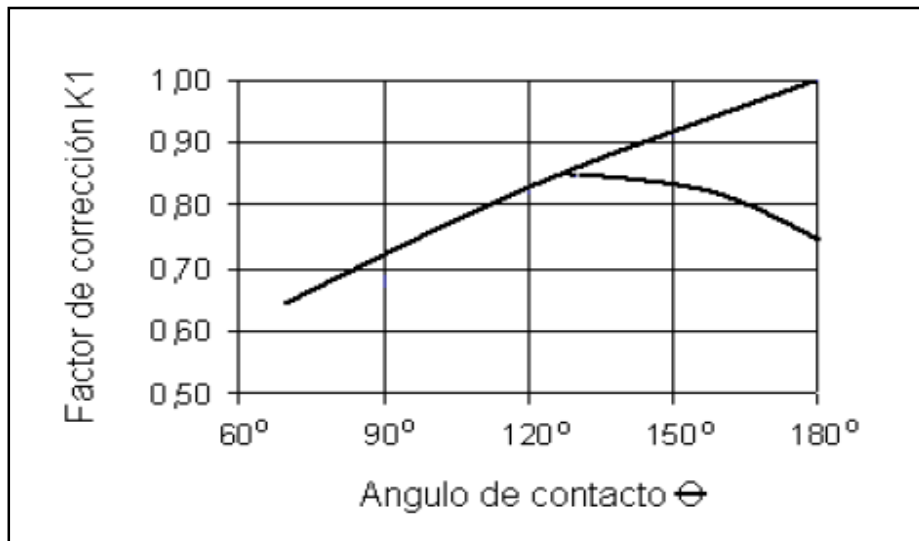


Figura 1.7.4.2.7-1 Factores de corrección K1 para ángulos de contacto hasta 180°

(Fuente: SHIGLEY J: Manual de diseño Mecánico: Editorial McGraw-Hill: cuarta edición 1989: México, pág.810)

1. Por lo tanto la potencia corregida es decir aquella potencia que puede transmitir la banda en condiciones reales, se determina por la siguiente expresión:

$$P_r' = k_1 + k_2 + P_r$$

Ec.1.7.4.2.7-2

Donde:

P_r': potencia nominal corregida (kW)

k₁: factor de corrección para ángulos.

k₂: factor de corrección para longitudes.

P_r: potencia nominal (kW)

1.7.4.2.8 Determinar el número de correas.

El número de correas necesarias se determina mediante la siguiente ecuación:

$$\text{N}^\circ \text{ Correas} = \frac{P_{dis}}{P_r'}$$

Ec.1.7.4.2.8-1

Donde:

P_r': potencia nominal corregida (W)

P_{dis}: potencia de diseño (W)

Si la parte decimal del cociente del valor obtenido es menor del 10% se toma el entero; si sobrepasa el 10% se toma el entero superior.

1.7.5 Ejes.

El eje es un elemento de máquina que está diseñado para guiar el movimiento de rotación de una pieza, como puede ser una rueda, polea o engrane y este puede soportar esfuerzos admisibles de compresión, tracción flexión, torsión con un factor de seguridad establecido.

Se requiere un elemento de la máquina sobre el cual se montan las partes giratorias de las máquinas (paletas), resultando ser los verdaderos ejes geométricos de estas partes en rotación.

El eje es un elemento de máquina que está diseñado para guiar el movimiento de rotación de una pieza, como puede ser una rueda, polea o engrane y este puede soportar esfuerzos admisibles de compresión, tracción flexión, torsión con un factor de seguridad establecido⁴⁶.

1.7.6 Chumaceras.

En la actualidad casi todos los mecanismos inventados por el hombre contienen en sus partes móviles rodamientos o cojinetes cuya función es reducir al máximo el rozamiento o fricción, que como fenómeno natural se opone al movimiento, y al mismo tiempo guiar y soportar dichos elementos móviles.

Debido a que utilizamos un eje liso necesitamos dos puntos de apoyo del mismo para sostener su peso, guiarlos en su rotación y evitar deslizamientos.

⁴⁶<http://iesvillalbahervastecnologia.files.wordpress.com>

CAPITULO II

PARTE EXPERIMENTAL

2.1 Elección del método empleado.

Debido a la falta de información de los descascaradores existentes en el Ecuador, para la elección del método empleado se basa en la información teórica obtenida.

Se considera los siguientes métodos como alternativas:

1. **Alternativa** Descascarillado en seco
2. **Alternativa** Descascarillado en verde
3. **Alternativa** Descascarillado en húmedo

Tabla 2.1-1 Elección del método empleado

Variable	Alternativas		
	1 Alternativa	2 Alternativa	3 Alternativa
% Humedad que requiere el método.	< al 12 %	12 -16%	>16 %
Proceso previo al descascarillado que requiere el método	Secado	Ninguno	Humedecido
Proceso después del descascarillado para separar el cereal y la cascarilla	Ninguno	Ninguno	Secado
Costo del método	Medio	Bajo	Elevado

(Fuente: Natali Martínez, Jéssica Paredes)

2.2 Elección del descascarador adecuado:

Para la elección y el diseño de la máquina es necesario experimentos preliminares. Los experimentos se realizaron con máquinas diseñadas para otros fines; máquina piladora de laboratorio para arroz, máquina escarificadora de quinua y la máquina refinadora de pulpa.

La primera máquina consta de dos rodillos de caucho, la segunda y la tercera tienen en común un eje que soporta las paletas que trabajan dentro de un cilindro, pero así mismo se diferencian en el número de paletas y en las características de rugosidad del cilindro.

El número limitado de datos recogidos en la máquina escarificadora de quinua y la máquina refinadora de pulpa es debido a la poca colaboración de los fabricantes.

2.2.1 Características de la piladora de laboratorio para arroz.

Piladora de arroz de laboratorio constituido por dos rodillos de caucho. Importada

- **Capacidad de entrada de arroz en cáscara Kg/h**

La producción de arroz cáscara (kg / h) 20-22

- **Potencia**

Potencia 1hp

- **Tiempo de descascarado estimado**

Tiempo de descascarado 3 minutos / Kg.

Tabla 2.2.1-1 Ensayos de la piladora de arroz de laboratorio.

# Muestra	Grano	% Humedad inicial	Tiempo de descascarado (s)	Grano sin procesar	Grano Procesado	Cáscara	Grano partido y sin descascarar
1	Cebada malta	16% Natural	40	gr)100)100	2 2	0,2 0,2	97,8 97,8
	Trigo	15% Natural	50	gr)100)100	0,5 0,5	0,01 0,01	99,49 99,49
2	Cebada malta	14%	50	gr)100)100	1,5 1,5	0,1 0,1	98,4 98,4
	Trigo	13%	60	gr)100)100	0,5 0,5	0,01 0,01	99,49 99,49
3	Cebada malta	12%	40	gr)100)100	2,5 2,5	0,25 0,25	97,25 97,25
	Trigo	11%	50	gr)100)100	0,8 0,8	0,01 0,01	99,19 99,19
4	Cebada malta	20%	30	gr)100)100	5 5	0,6 0,6	94,4 94,4
	Trigo	19%	40	gr)100)100	1,2 1,2	0,15 0,15	98,65 98,65

(Fuente: Natali Martínez, Jéssica Paredes)

Con los resultados contemplados en la tabla 2.2.1-1 se observa que este tipo de descascarador no es el adecuado para el descascarado de cebada y trigo.

2.2.2 Refinadora de pulpa

Las características de la refinadora de pulpa son las siguientes:

- RPM: 1725
- 1hp
- Número de Paletas: 2 de metal.
- Cilindro de metal, liso, con perforaciones circulares.

Tabla 2.2.2-1 Ensayos de la refinadora de pulpa

# Muestra	Grano	Granos sin procesar	Grano Procesado	Cáscara	Granos partidos y no descascarados
1	Cebada	gr) 1000	23,2	1,5	975,3
	malta	%) 100	2.32	0,15	97,53
	Trigo	gr) 1000	0,6	0,2	999,2
		%) 100	0,06	0,02	99,92

(Fuente: Natali Martínez, Jéssica Paredes)

2.2.3 Escarificadora de quinua.

- RPM: 1050
- 3 hp
- Número de Paletas: 4 de metal.
- Cilindro de metal, rugoso, con perforaciones rectangulares.

Tabla 2.2.3-1 Ensayos de la escarificadora de quinua.

# Muestra	Grano	Granos sin procesar	Grano Procesado	Cáscara	Granos partidos y no descascarados
1	Cebada	gr) 1000	713.4	43,9	242,7
	malta	%) 100	71,34	4,39	24,27
	Trigo	gr) 1000	798,2	31,7	170.1
		%) 100	79,82	3,17	17,01

(Fuente: Natali Martínez, Jéssica Paredes)

2.3 Selección de alternativas

En base a la tabla 2.1-1 se observa que la alternativa más conveniente para iniciar el proceso de fabricación es la alternativa número dos que corresponde al descascarado en verde.

Una vez elegido el método, se enfoca en la elección del descascarador adecuado tomando en cuenta los resultados de la tabla 2.2.3-1, se observa que la alternativa más conveniente para iniciar el proceso de diseño es la alternativa número tres, es decir el descascarador por abrasión física con ocho paletas y con menor velocidad del eje.

2.4 Esquema del proceso seleccionado de descascarado.

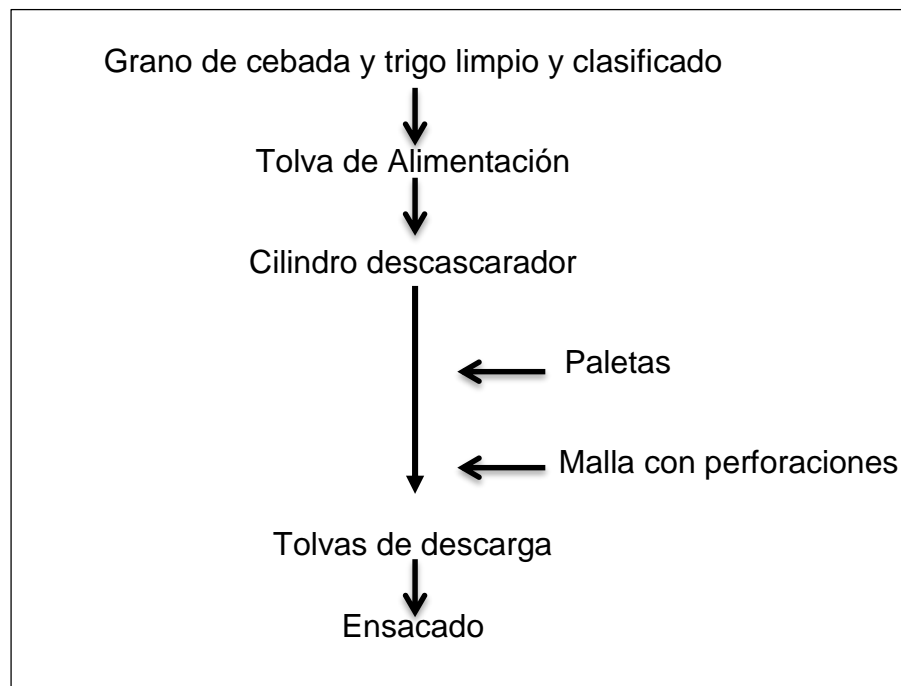


Figura 2.4-1 Esquema del proceso de descascarado.

(Fuente: Natali Martínez, Jéssica Paredes)

Las partes de la descascaradora de cebada y trigo son las siguientes:

Sistema de Alimentación y

descarga.

- Tolva de alimentación
- Bandeja de salida 1
- Bandeja de salida 2
- Bandeja de salida 3
- Palanca de descarga.
- Protección de la banda.

Sistema de Transmisión.

- Banda
- Chumaceras
- Motor eléctrico.
- Polea conducida
- Polea motriz

Cámara de descascarillado

- Eje horizontal con 8 paletas de caucho.
- Malla perforada
- Carcasa.
- Tapa.

2.5 Entradas y salidas del descascarador.

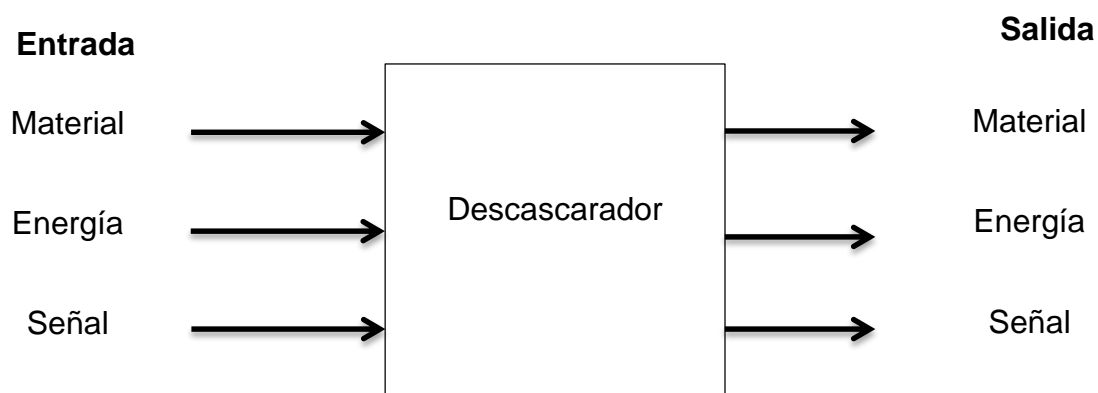


Figura 2.5-1 Entrada y salida de la máquina
(Fuente: Natali Martínez, Jéssica Paredes)

Tabla 2.5-1 Entradas y Salidas del proceso

	Entradas	Salidas
Materia	Ingreso del cereal en un peso promedio de 454 gr. Carga máxima de 4 Kg.	Material descascarado con bajo % de cáscara.
Energía	Proporcionada a la máquina mediante un motor eléctrico.	Producto procesado, ruido y vibraciones.
Señales.	Al iniciar el funcionamiento de la máquina. Las señales son sonoras y visibles.	Que indiquen que la máquina esté funcionando.

(Fuente: Natali Martínez, Jéssica Paredes)

2.6 Identificación de las variables del descascarador.

2.6.1 Determinación de la velocidad y la presión óptima para el descascarado mediante un simulador.

La velocidad y presión óptimas para el proceso del descascarado de la cebada y trigo, se determinó aplicando diferentes fuerzas (medidas a través de un dinamómetro) sobre un bloque de caucho con área de $0,00101 \text{ m}^2$ y una superficie rugosa de acero con área de $0,20 \text{ m}^2$. Para ensayar cual es la velocidad y presión optima necesaria para el proceso de descascarado del cereal, se adaptó el siguiente método.

1. Colocar sobre la superficie de acero rugosa el cereal a ser procesado, sobre este el bloque de caucho, aplicando diferentes fuerzas sobre el bloque de caucho utilizando pesas de diferentes pesos, observar figura 2.6.1-1.
2. Friccionar el cereal por repetitivas veces hasta descascarar el cereal, y observar el cereal procesado, luego determinar la velocidad y presión óptimas para la realización del proceso del descascarado.

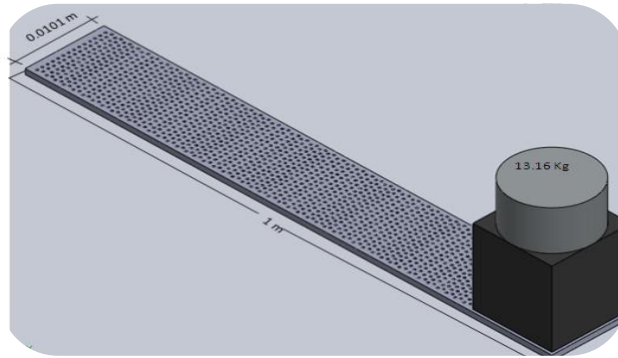


Figura 2.6.1-1 Esquema de las pruebas realizadas.

(Fuente: Natali Martínez, Jéssica Paredes)

- Se utilizó un cronómetro para medir el tiempo exacto en que se recorrió la superficie rugosa de 1m de longitud, se empleo la siguiente ec.

$$v = \frac{\text{distancia}}{\text{tiempo medido}}$$

Ec. 2.6.1-1

Donde:

v= velocidad lineal requerida (m/s).

d= distancia recorrida (m). (Longitud de la superficie rugosa)

t= tiempo (s)

- Para determinar la presión que se requiere para el descascarado se utiliza un dinámetro para obtener la Fuerza empleada en N y se aplica la siguiente ecuación:

$$p = \frac{F}{A}$$

Ec. 2.6.1-2

Donde:

p= Presión requerida (N/m²)

F= Fuerza empleada, se utiliza un (N)

A= Área del bloque de caucho en contacto con la superficie (m²).

Los resultados de los ensayos realizados son:

Tabla 2.6.1-1 Determinación de la velocidad y presión óptimas para el proceso del descascarado.

Masa de las pesas (kg)	Fuerza aplicada (N)	Área del bloque de caucho (m²)	Presión aplicada (Pa)	Observaciones Del descascarado
7.8	76	0.0101	7524	Malo
8.06	79	0.0101	7821	Regular
10.61	104	0.0101	10297	Bueno
13.16	129	0.0101	12655	Muy bueno
15.6	153	0.0101	15148	Regular

(Fuente: Natali Martínez, Jéssica Paredes)

Entonces la presión y velocidad óptima para el descascarado son:

P=12655 Pa

V= 5.77 m/s.

CAPÍTULO III

CÁLCULOS Y RESULTADOS

3.1 Cálculos, Diseño de Ingeniería.

3.1.1 Cálculos Técnicos

3.1.1.1 Sistema de Alimentación.

El cereal (cebada y trigo) se coloca sobre una tolva de alimentación manual.

3.1.1.1.1 Diseño de la tapa y tolva de alimentación.

El grano de cebada y trigo previamente limpio y clasificado ingresa a la máquina por la tolva de alimentación. Dicha tolva es de forma trapezoidal con una boca de entrada de 28,50cm X 28,50 cm y apertura de alimentación de 8 cm X 8 cm, consta de una malla que permite regular, manualmente el volumen de grano a ingresar al interior del cilindro descascarador.

Una vez diseñada la tapa, se procedió a diseñar la tolva de alimentación.

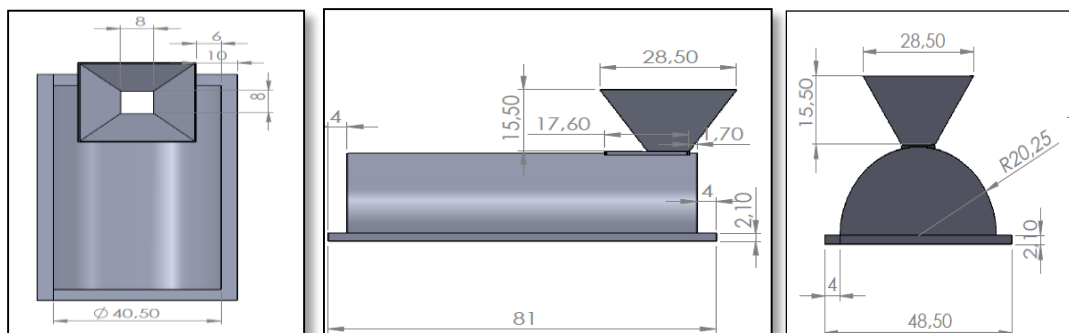


Figura 3.1.1.1.1-1 Diseño de la tapa y tolva de alimentación con sus medidas en cm

(Fuente: Natali Martínez, Jéssica Paredes)

3.1.1.2 Sistema de descascarillado.

3.1.1.2.1 Diseño de las paletas.

Con los ensayos realizados en la escarificadora de quinua se concluye que con un mayor número de paletas se podría tener un descascarado más eficiente. Razón por la cual se diseña ocho paletas.

Las paletas terminadas constan de:

- De dos paletas metálicas, una grande y una pequeña y una paleta de caucho dentada con corte son cóncavos.

Las cuatro paletas dispuestas paralelas al eje de rotación cumplen la función de descascarar; ya que al girar friccionan al grano contra las paredes del cilindro descascarador específicamente a la superficie rugosa. Estas paletas son regulables.

Las cuatro paletas con movimiento helicoidal alrededor del eje, cumplen la función de avance del grano. La orientación de estas paletas son también regulables .

De esta manera los granos de cebada y trigo dentro del cilindro es descascarado y a la vez avanza hacia la tolva de descarga, donde hace posible su recuperación.

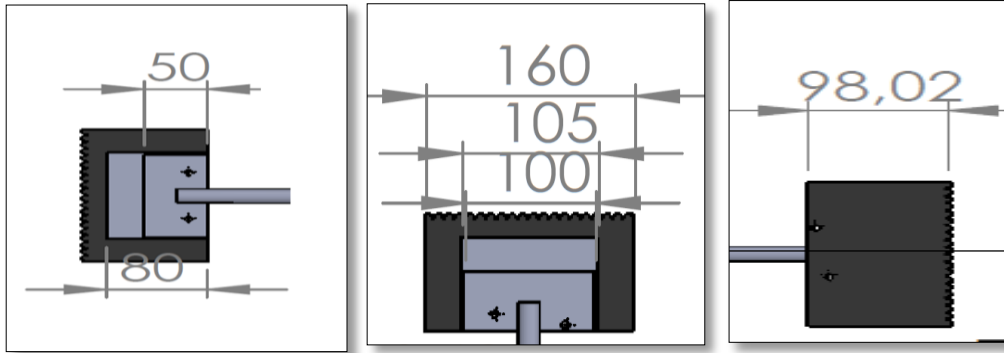


Figura 3.1.1.2.1-1 Diseño y dimensionamiento de las paletas en mm

(Fuente:Natali Martínez, Jéssica Paredes)

3.1.1.2.2 Diseño del cilindro descascarador

El cilindro descascarador contiene las 8 paletas, el eje y la malla con perforaciones de acuerdo al cereal descascarado de tal manera que permita la salida de la cáscara. Recibe el grano proveniente de la tolva.

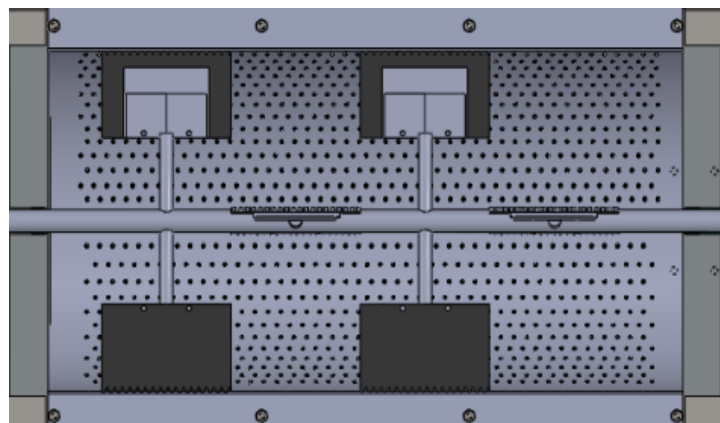


Figura 3.1.1.2.2-1 Cilindro descascarador

(Fuente: Natali Martínez, Jéssica Paredes)

3.1.1.2.3 Diseño de malla con perforaciones

Para facilitar el descascarado, el cilindro contiene la malla de acero galvanizado de 78,40 cm x 39,40 cm, un diámetro de 49,40 cm.

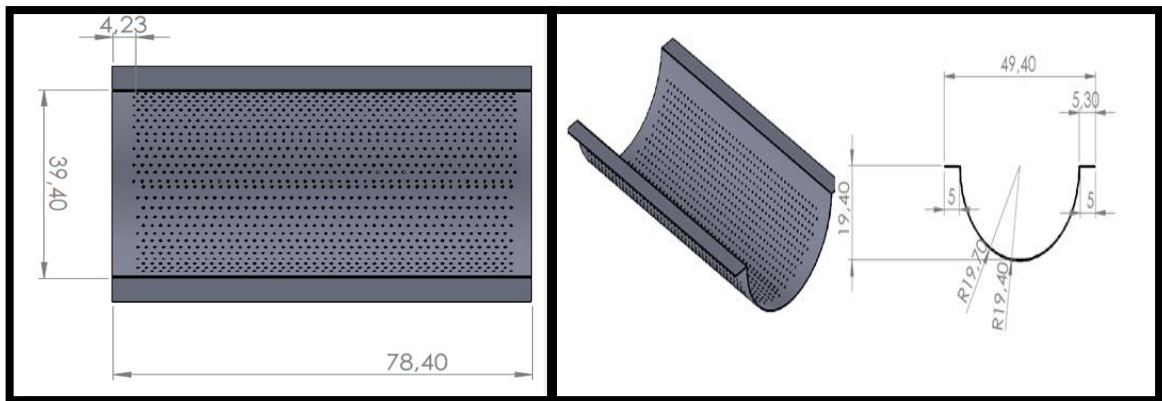


Figura 3.1.1.2.3-1 Dimensionamiento de la malla

(Fuente: Natali Martínez, Jéssica Paredes)

3.1.1.2.3.1 Diámetro de las perforaciones de la malla.

Para determinar el diámetro de las perforaciones de la malla, determinaremos las medidas de la cebada y el trigo, de esta manera lograremos que solo la cáscara pase por los agujeros.

Para determinar el tamaño de la cebada (malta y nacional) y del trigo se utiliza la ec. .2.7.2-1, se asume una población (N) de 100.

$$n = \frac{N\sigma^2 Z^2}{(N - 1)e^2 + \sigma^2 Z^2}$$
$$n = \frac{100 * 0,5^2 1,96^2}{(100 - 1)0,09^2 + 0,5^2 1,96^2}$$
$$n = 55$$

75

Una vez calculado el tamaño de la muestra se utiliza la Ec. 2.7.2-.2 para determinar la media aritmética, se realiza el mismo cálculo para todas las medidas generales de los dos cereales trigo y cebada ANEXO 3.

$$\bar{x} = \frac{\sum_{j=1}^n x_j}{n}$$

Los datos obtenidos en el cálculo de la media aritmética son los siguientes:

Tabla 3.1.1.2.3.1-1 Medidas del cereal: cebada y trigo.

CEBADA		TRIGO
CEBADA MALTA	CEBADA NACIONAL	
$\bar{x}_{largo} = \frac{0,504}{55} = 0,009m$	$\bar{x}_{largo} = \frac{0,484}{55} = 0,009m$	$\bar{x}_{largo} = \frac{0,312}{55} = 0,006m$
$\bar{x}_{ancho} = \frac{0,18}{55} = 0,003m$	$\bar{x}_{ancho} = \frac{0,125}{55} = 0,003m$	$\bar{x}_{ancho} = \frac{0,195}{55} = 0,0035m$
$\bar{x}_{espesor} = \frac{0,141}{55} = 0,0025 m$	$\bar{x}_{espesor} = \frac{0,127}{55} = 0,0023 m$	$\bar{x}_{espesor} = \frac{0,1275}{55} = 0,0023m$

(Fuente: Natali Martínez, Jéssica Paredes)

Según las medidas de los cereales, se realiza las perforaciones con agujeros de 0,003 m de diámetro, por donde pasan solo partículas de cáscara siendo posible su recuperación a través de las dos tolvas de descarga.

El sistema de descascarrillado constata las siguientes partes:

- El eje con las ocho paletas se encuentra calibrado a una distancia de 3 mm de la malla perforada, es decir en el espacio de 3mm queda el cereal a ser procesado.
- Una vez encendida la máquina gira el eje, produciéndose el rozamiento del cereal con la malla perforada, de esta manera se descascara el mismo. Es decir es un proceso por abrasión.

3.1.1.3 Sistema de transmisión.

El sistema de transmisión inicia con el motor eléctrico, que es el encargado de proporcionar la potencia necesaria para el funcionamiento de la máquina.

3.1.1.3.1 Motor.

Constituye la fuente de energía del sistema. Se considera que la máquina sea accionada por un motor eléctrico

a) Potencia necesaria

1. Para determinar la fuerza que se produce sobre la superficie por la presión que ejercen las paletas se utiliza la siguiente ecuación.

$$F_n = p * A_c$$

Ec. 3.1.1.3.1-1

- Para determinar el área de contacto con la malla perforada se utiliza la ecuación.

$$A_C = e_{paleta} * l_{paleta} * n_{paletas}$$

Ec.3.1.1.3.1-2

Donde:

A_C= Área de contacto con la superficie (m²)

e_{paleta}= Espesor de la paleta (m)

l_{paletas}= longitud de la paleta(m)

n_{paletas}= número de paletas en contacto con la superficie rugosa.

Tenemos:

$$A_C = 0,01 \text{ m} * 0,17 \text{ m} * 6$$

$$A_C = 0,0102 \text{ m}^2$$

Una vez calculado el área de contacto aplicamos la ec 3.1.1.3.1-1 tenemos:

$$F_n = 12655 \frac{N}{m^2} * 0,0102 \text{ m}^2$$

$$F_n = 129 \text{ N}$$

Entonces para nuestro caso actúan la fuerza normal F_n , y la fuerza de fricción F_r entre las paletas de caucho y la superficie rugosa de la zaranda.

2. La fuerza de fricción F_r .

$$F_r = \mu c * F_n$$

Ec.3.1.1.3.1-2

El μ_c Coeficiente de fricción para superficie rugosa ANEXO 4.

Entonces:

$$F_r = 1 * 129 N$$

$$F_r = 129 N$$

Como las paletas se deslizan a una velocidad constante, la fuerza aplicada F_{ap} , es igual a la fuerza de fricción F_r .

$$F_{ap} = F_r.$$

$$F_{ap} = 129 N$$

Como tenemos 6 paletas en contacto, la fuerza aplicada total es:

$$F_{apt} = 6 * 129 = 774 N$$

1. Altura de la fuerza carga distribuida

$$h_{cd} = \frac{F_{ap}}{d_3}$$

Ec. 3.1.1.3.1-3

$$h_{cd} = \frac{774 N}{0,66 m}$$

$$h_{cd} = 1172.73 N/m$$

Entonces la potencia necesaria es:

$$P_n = F_{ap} * v$$

Ec. 3.1.1.3.1-4

$$P_n = 129 \text{ N} * 5,77 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$P_n = 745 \frac{\text{Nm}}{\text{s}} = 745 \text{ W} = 1\text{hp}$$

a) Selección del motor.

1. La velocidad angular es igual a:

$$\omega = \frac{v}{r}$$

Ec. 3.1.1.3.1-5

$$\omega = \frac{5,77 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{0,19 \text{ m}}$$

$$\omega = 30,37 \frac{1}{\text{s}}$$

rad=1

$$\omega = 30,37 \frac{\text{rad}}{\text{s}} * \frac{1\text{rev}}{2\pi} * \frac{60 \text{ s}}{1\text{min}}$$

$$\omega = 290 \text{ rpm}$$

2.Determinación del torque del eje o momento de fuerza del motor.

$$\tau_{\text{eje}} = \frac{P_e}{\omega}$$

Ec.3.1.1.3.1-6

$$\tau_{\text{eje}} = \frac{745 \text{ W}}{30,37 \frac{\text{rad}}{\text{s}}}$$

$$\tau_{\text{eje}} = \frac{745 \frac{\text{N.m}}{\text{s}}}{30,37 \frac{1}{\text{s}}}$$

$$\tau_{\text{eje}} = 24,54 \text{ N.m}$$

Es decir la fuerza aplicada en el eje para que éste empiece a girar es 24,54 N.m.

Se procede a seleccionar el motor en el catálogo de Weg, en base a las características necesarias para la rotación de las paletas en el tambor:

$$P = 1 \text{ hp}$$

$$\omega = 290 \text{ rpm}$$

$$\tau = 24,54 \text{ N.m}$$

Debido a que no se encuentra un motor con estas características en el catálogo de motores Weg, entonces es necesario colocar un sistema de transmisor de poleas y bandas, también por la disponibilidad de espacio, el motor debe estar alejado de la máquina y para tener un embrague mecánico.

Según la potencia requerida (1hp), se selecciona el motor Weg LR 38324, con las siguientes especificaciones.

$P_n = 1 \text{ hp}$

$\omega = 1740 \text{ rpm}$

Con esta información, se calcula el torque del motor.

$$P_n = \tau_{\text{motor}} * \omega$$

Ec. 3.1.1.3.1-7

- Despejando el torque del motor.

$$\tau_{\text{motor}} = \frac{P_n}{\omega}$$

Ec. 3.1.1.3.1-8

$$\tau_{\text{motor}} = \frac{745 \frac{N.m}{s}}{1740 \text{ rpm} * \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} * \frac{2\pi}{1 \text{ rev}}}$$

$$\tau_{\text{motor}} = \frac{745 \frac{N.m}{s}}{182,21 \frac{1}{s}}$$

$$\tau_{\text{motor}} = 4,08 \text{ N.m}$$

3.1.1.3.2 Elección de la polea motriz y polea conducida.

Como la velocidad de salida del motor es en todos los casos muy superior a la velocidad de rotación asumida para el eje descascarador, se hizo la reducción de velocidades variando el diámetro de las poleas, mediante una transmisión por correa en V.

3.1.1.3.2.1 Diámetro de la polea conducida.

Se asume el diámetro de la polea motriz, es decir $\phi_1 = 2 \frac{1}{2}$ pulg, se aplica la siguiente ecuación:

$$\phi_2 * \omega_2 = \phi_1 * \omega_1$$

Ec.3.1.1.3.2.1-1

$$\phi_2 = \frac{\omega_1}{\omega_2} * \phi_1$$

Ec.3.1.1.3.2.1-2

$$\phi_2 = \frac{182,21 \frac{1}{s}}{30,37 \frac{1}{s}} * 0,05 \text{ m}$$

$$\phi_2 = 0,30 \text{ m}$$

$$\phi_2 = 30 \text{ cm}$$

- Por lo tanto la polea conducida tiene ϕ **nominal** = 12 pulg

3.1.1.3.2.2 Velocidad angular de la polea conducida

Despejando ω_2 de la ecuación 3.1.1.3.2.1-1

$$\phi_2 * \omega_2 = \phi_1 * \omega_1$$

$$\omega_2 = \frac{\phi_1 * \omega_1}{\phi_2}$$

Ec.3.1.1.3.2.2-1

$$\omega_2 = \frac{0,05\text{m} * 1740 \frac{1}{\text{s}}}{0,3 \text{ m}}$$

$$\omega_2 = 290 \text{ rpm}$$

3.1.1.3.2.3 Torque de la polea conducida

$$P_1 = P_2$$

$$\tau_1 * \omega_1 = \tau_2 * \omega_2$$

$$\tau_2 = \frac{\tau_1 * \omega_1}{\omega_2}$$

Ec.3.1.1.3.2.3-1

$$\tau_2 = \frac{4 \text{ N.m} * 1740 \frac{1}{\text{s}}}{290 \frac{1}{\text{s}}}$$

$$\tau_2 = 24 \text{ N.m}$$

Con el sistema de poleas siguientes polea motriz con $\phi_m = 2\frac{1}{2}$ pulg y de la polea conducida $\phi_c = 12$ pulg, se satisface las condiciones requeridas en el eje de las poleas usando el motor WEG LR 38324, 1hp.

3.1.1.3.2.4 Selección de bandas

Las bandas que se utilizan en el sistema de transmisión son bandas trapeciales en V y las poleas son acanaladas.

Se determina que el factor de servicio para la máquina descascaradora es $k_s = 1.0$; aplicando la ec.1.7.4.2.1-1 tenemos:

$$P_{dis} = k_s * P$$

$$P_{dis} = 1.0 * 745 \text{ W}$$

$$P_{dis} = 745 \text{ W}$$

Con la potencia de diseño de 745 W=1 hp y la velocidad del eje rápido de 1740 rpm, en la Tabla 1.7.4.2.1-1, se determina la sección A correspondiente para la banda trapecial en V, que son las de servicio pesado.

3.1.1.3.2.5 La relación de transmisión de las poleas.

Según la ec. 1.7.4.2.2-1 tenemos:

$$i = \frac{d_m}{d_c}$$

$$i = \frac{0,30 \text{ m}}{0,05 \text{ m}}$$

$$i = 6$$

Es decir que para cumplir las condiciones ideales del descascarado se debe reducir la velocidad angular a 1/6 de la velocidad original del motor.

3.1.1.3.2.6 El ángulo de contacto.

Aplicando la ec.1.7.4.2.3-1 el ángulo de contacto es:

$$\theta_s = 2 * \cos^{-1} \left(\frac{d_2 - d_1}{2 * C} \right)$$

$$\theta_s = 2 * \cos^{-1} \left(\frac{0,30 \text{ m} - 0,05 \text{ m}}{2 * 0,62 \text{ m}} \right)$$

$$\theta_s = 158^\circ$$

3.1.1.3.2.7 La longitud de paso.

Según la ec. 1.7.4.2.4.-1 la longitud de paso es:

$$L_p = 2 * c + 1.57(d_1 + d_2) + \frac{(d_2 - d_1)^2}{4 * c}$$

$$L_p = 2 * 0,62 \text{ m} + 1.57(0,05\text{m} + 0,30 \text{ m}) + \frac{(0,30 \text{ m} - 0,05\text{m})^2}{4 * 0,62\text{m}}$$

$$L_p = 1,83 \text{ m}$$

3.1.1.3.2.8 El perímetro interior.

El perímetro interior según la ec. 1.7.4.2.5-1, es igual a

$$L = L_p - \Delta L$$

$$L = 1,83 \text{ M} - 0,033\text{m}$$

$$L = 1,79 \text{ m}$$

La longitud normal es de 1,79 m según la Tabla 1.7.4.2.6-1, se determina que el factor de corrección de longitud $K_2=1,02$.

3.1.1.3.2.9 La potencia nominal que la banda transmite.

La potencia nominal que la banda transmite según la ec. 1.7.4.2.7.1 es:

$$P_r = \left[c_1 - \frac{c_2}{d} - c_3(rd)^2 - c_4 \log(r * d) \right] (r * d) + c_2 r \left(1 - \frac{1}{k_A} \right)$$

Donde las constantes C₁, C₂, C₃ y C₄, dependen de la sección transversal de la correa y se las encuentra en la tabla 1.7.4.2.1-1 y K_A en la tabla 1.7.4.2.7-2:

$$P_r = \left[0,8542 \text{ m} - \frac{1,3420 \text{ m}}{2,5 \text{ m}} - c_3(rd)^2 - c_4 \log(r * d) \right] (r * d) + c_2 r \left(1 - \frac{1}{k_A} \right)$$

$$P_r = \left[0,8542 - \frac{1,3420}{2,5 \text{ m}} - 0,0002436 (1,74 \text{ m} * 2,5 \text{ m})^2 \right. \\ \left. - 0,1703 \log(1,74 \text{ m} * 2,5 \text{ m}) \right] (2,5 \text{ m} * 1,74 \text{ m}) + 1,3420 \\ * 1,74 \left(1 - \frac{1}{1,1106} \right)$$

$$P_r = 1 \text{ hp}$$

3.1.1.3.2.10 La potencia Corregida

Según la Figura 1.7.4.2.7-1, el factor de corrección K₁ para ángulos de contacto de 158° tiene un valor aproximado de 0,94.

Por lo tanto la potencia corregida según la ec. 1.7.4.2.7-2 será:

$$P_r' = k_1 * k_2 * P_r$$

$$P_r' = 0.94 * 1.02 * 1,06$$

$$P_r' = 1,0 \approx 1hp$$

3.1.1.3.2.11 El número de correas

El número de correas necesarias según la ec. 1.7.4.2.8-1 es igual a:

$$N^{\circ} \text{ Correas} = \frac{P_{dis}}{P_r'}$$

$$N^{\circ} \text{ Correas} = \frac{1 \text{ hp}}{1 \text{ hp}}$$

$$N^{\circ} \text{ Correas} = 1$$

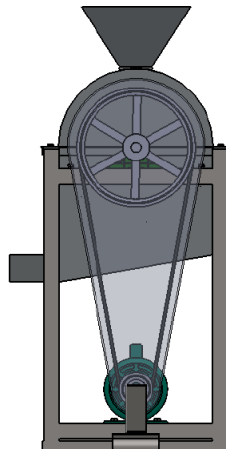


Figura 3.1.1.3.2.11-1 Sistema de transmisión.

(Fuente: Natali Martínez, Jessica Paredes)

3.1.1.4 Determinación del diseño del eje

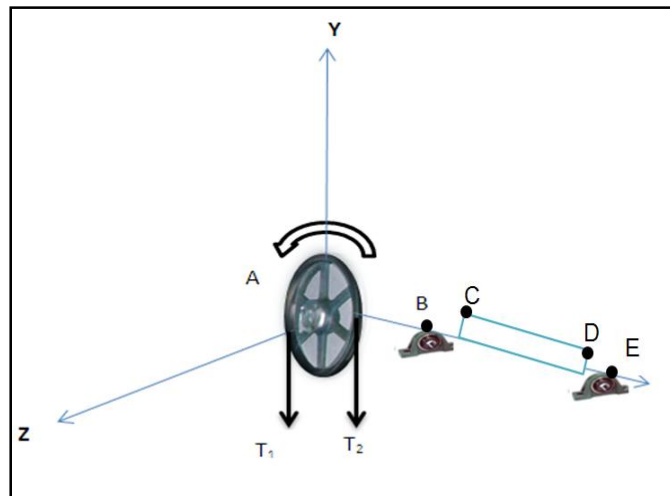


Figura 3.1.1.4-1 Análisis de los momentos en el plano X-Y-Z

(Fuente:Natali Martínez, Jessica Paredes)

Donde:

T_1 y T_2 : tensión de la banda.

A: Momento 1 (polea conducida)

B: Momento 2 (chumacera 1)

C-D: Momentos 3 y 4 (carga distribuida, debido a las paletas del eje).

E: Momento 5 (chumacera 2)

Siendo:

$$T_1 > T_2$$

3.1.1.4.1 Determinación de las tensiones de la banda.

3.1.1.4.1.1 Velocidad lineal de la correa.

Para el cálculo de la velocidad lineal de la correa se emplea la siguiente expresión,

$$V_t = \omega * r$$

Ec. 3.1.1.4.1.1-1

Donde:

V_t: velocidad lineal o tangencial de la correa (m/seg)

r: radio de la polea motriz (m)

ω: velocidad angular (rpm)

Entonces:

$$V_t = \omega * r$$

$$V_t = 1740 \text{ rpm} \frac{2\pi \text{ rad}}{1 \text{ rev}} * \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ seg}} * 0,032 \text{ m}$$

$$V_t = 5,82 \frac{\text{m}}{\text{seg}}$$

Con el valor obtenido estamos en el rango ya que velocidad lineal de una correa trapezoidal no debe sobrepasar los 30 m/s, dado que a partir de esta velocidad las fuerzas centrífugas son de una magnitud tal que podría desencajar la correa de la

ranura de la polea. Si se necesita en velocidades superiores a los 30 m/s se deberá utilizar poleas especiales que eviten este inconveniente.

- Cálculo del ángulo de contacto θ en radianes

$$\theta = 158^\circ \frac{\pi}{180^\circ} = 2,76 \text{ radianes.}$$

3.1.1.4.1.2 Cálculo del ángulo β

$$2\beta = 180 - \theta$$

Ec.3.1.1.4.1.2-1

$$\beta = \frac{180 - \theta}{2}$$

$$\beta = \frac{180 - 198}{2}$$

$$\beta = 11^\circ$$

3.1.1.4.2 Relación de tensiones tomando en cuenta la fuerza centrífuga.

$$\frac{T_1 - T_c}{T_2 - T_c} = e^{0,5123 * 2,76}$$

Ec.3.1.1.4.2-1

$$\frac{T_1 - T_c}{T_2 - T_c} = 4,112$$

Ec.3.1.1.4.2-2

3.1.1.4.2.1 Fuerza centrífuga.

$$T_C = \rho \cdot V^2$$

Ec.3.1.1.4.2.1-1

$$T_C = (0.11 \text{ kg/m}) * (5,86 \text{ m/s})^2$$

$$T_C = 3,778 \text{ N}$$

3.1.1.4.3 Relación de tensiones tomando en cuenta el torque del eje.

$$T_1 - T_2 = \frac{\tau}{r_c}$$

Ec.3.1.1.4.3-1

$$T_1 - T_2 = \frac{25 \text{ Nm}}{0,15 \text{ m}}$$

$$T_1 - T_2 = 166,7 \text{ N}$$

- Despejando T_1 .

$$T_1 = 166,7 + T_2$$

Ec.3.1.1.4.3-2

- Reemplazando la **Ec.3.1.1.4.3-1** en **Ec.3.1.1.4.3-2** tenemos:

$$\frac{166,7 + T_2 - 3,777}{T_2 - 3,78} = 4,112$$

Ec.3.1.1.4.3-3

Despejando la T_2 :

$$162,923+T_2=4,112(T_2-3,777)$$

$$162,923+T_2=4,112T_2-15,531$$

$$-3,112 T_2=162,923-15,531$$

$$-3,112 T_2 = -179,454$$

$$T_2 = \frac{-179,454}{-3,112}$$

$$T_2 = 57,34 \text{ N}$$

- Reemplazando T_2 en ec. 3.1.1.4.3-2, se calcula T_1 .

$$T_1=166,7 +T_2$$

$$T_1= (166,7+57,34) \text{ N}$$

$$T_1=224,04 \text{ N.}$$

3.1.1.4.4 Análisis de las tensiones de la banda, tomando en cuenta el ángulo

β .

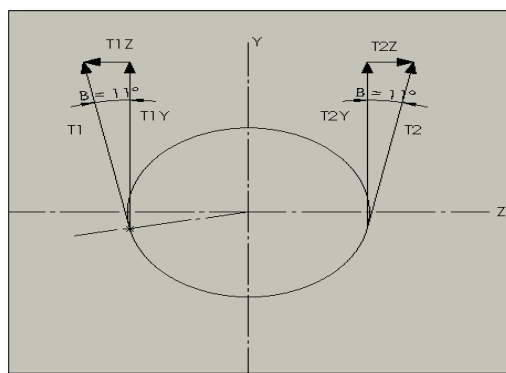


Figura 3.1.1.4..4-1 Análisis del ángulo β , en el plano YZ

(Fuente: Natali Martínez, Jéssica Paredes)

Programa:SolidWorks 2012

- En el plano Z.

$$\text{Sen}\beta = \frac{T_{1Z}}{T_1}$$

Ec.3.1.1.4.4-1

Despejando T_{1Z}

$$T_{1Z} = T_1 \text{ Sen } \beta$$
$$T_{1Z} = 224,04 * \text{ Sen } 11$$

$$T_{1Z} = 42,75 \text{ N}$$

$$\text{Sen}\beta = \frac{T_{2Z}}{T_2}$$

Ec.3.1.1.4.4-2

Despejando T_{2Z}

$$T_{2Z} = T_2 \text{ Sen } \beta$$

$$T_{2Z} = 57,34 * \text{ Sen } 11$$

$$T_{2Z} = 10,94 \text{ N}$$

- En el plano Y.

$$\text{Cos}\beta = \frac{T_{1Y}}{T_1}$$

Ec.3.1.1.4.4-3

Despejando T_{1y}

$$T_{1y} = T_1 \cdot \cos\beta$$

$$T_{1y} = 224,04 \cdot \cos 11$$

$$T_{1y} = 219,92 \text{ N}$$

$$\cos\beta = \frac{T_{2y}}{T_2}$$

Ec.3.1.1.4.4-4

Despejando T_{2y}

$$T_{2y} = T_2 \cdot \cos\beta$$

$$T_{2y} = 57,34 \cdot \cos 11$$

$$T_{2y} = 56,29 \text{ N}$$

Sumando:

$$T_Z = T_{1Z} + T_{2Z} = 42,75 + 10,94 = 53,69 \text{ N}$$

$$T_y = T_{1y} + T_{2y} = 219,92 + 56,29 = 276,21 \text{ N}$$

- Entonces la tensión resultante en el eje es :

$$F = \sqrt{T_Z^2 + T_y^2}$$

Ec. 3.1.1.4.4-5

$$F = \sqrt{(53,69)^2 + (276,21)^2}$$

$$F=281,38 \text{ N}$$

3.1.1.4.5 Determinación de los momentos flectores máximos.

Se considera el peso del eje de 30 lb y se trasforma a N.

$$P_{\text{eje}}=30 \text{ lb} * \frac{1 \text{ kg}}{2,2052 \text{ lb}} * \frac{9,81 \text{ m}}{\text{seg}^2} = 133,47 \text{ N}$$

En la sumatoria de los momentos es importante mencionar que se asume: lo que gira para arriba es positivo y lo que gira para abajo es negativo, es decir:

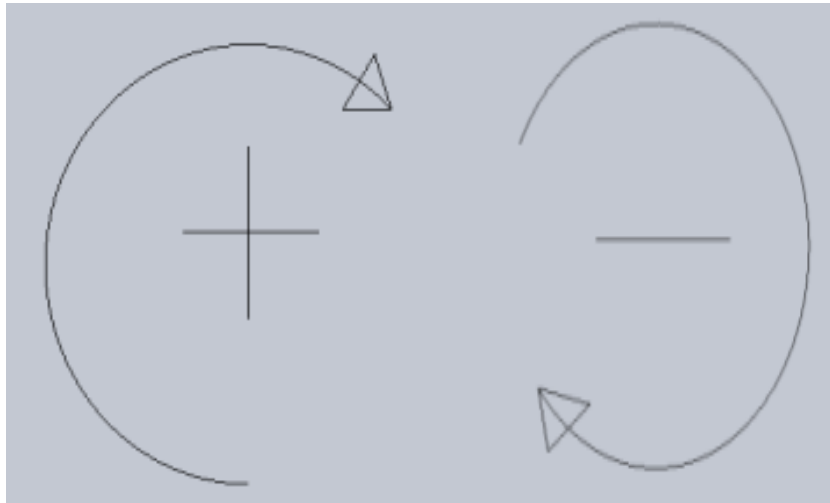


Figura 3.1.1.4.5-1 Sentido de los momentos.

(Fuente: Natali Martínez, Jéssica Paredes)

Programa: SolidWorks 2012

3.1.1.4.5.1 Análisis en el plano XY

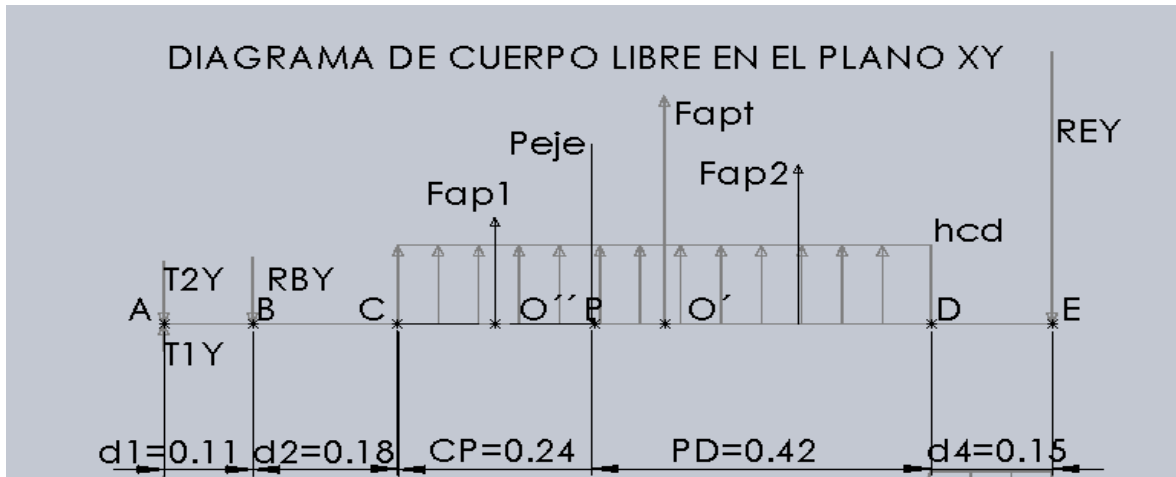


Figura 3.1.1.4.5.1-1 Diagrama de cuerpo libre en el plano XY.

(Fuente: Natali Martínez, Jéssica Paredes)

Programa: SolidWorks 2012

ESCALA EJE X: 1:10 1m=10cm

ESCALA EJE Y 1:40 400N=10cm

- Sumatoria de momentos en el punto B

3.1.1 $\sum MB = 0$

$$-T_{1Y} * d_1 - T_{2y} * d_1 + P_{eje} * (d_5 - d_1) - F_{apt} * (d_2 + d_3/2) + R_{EY} * (d_2 + d_3 + d_4) = 0$$

$$R_{EY} * (d_2 + d_3 + d_4) = T_{1Y} * d_1 + T_{2y} * d_1 - P_{eje} * (d_5 - d_1) + F_{apt} * (d_2 + d_3/2)$$

$$R_{EY} = \frac{T_{1Y} * d_1 + T_{2y} * d_1 - P_{eje} * (d_5 - d_1) + F_{apt} * (d_2 + d_3/2)}{d_2 + d_3 + d_4}$$

$$R_{EY} = \frac{(219.92) * (0,11) + (56,29) * (0,11) - (133,47) * (0,42) + (774) * (0,51)}{0,99}$$

$$R_{EY} = 372.79 \text{ N}$$

- Sumatoria de fuerzas en el eje Y.

$$\sum F_Y = 0$$

$$-T_{1Y} - T_{2y} + R_{BY} - P_{eje} + F_{apt} - R_{EY} = 0$$

$$R_{BY} = T_{1Y} + T_{2y} + P_{eje} - F_{apt} + R_{EY}$$

$$R_{BY} = (219,92 + 56,29 + 133,47 - 774 + 372,79)N$$

$$R_{BY} = 8,47 N$$

Entonces:

$$F_{ap1} = \overline{CP} * h_{cd}$$

Ec3.1.1.4.5.1-1.

$$F_{ap1} = (0,24) * (1172,73) = 281,46 N$$

$$F_{ap2} = \overline{PD} * h_{cd}$$

Ec3.1.1.4.5.1-2.

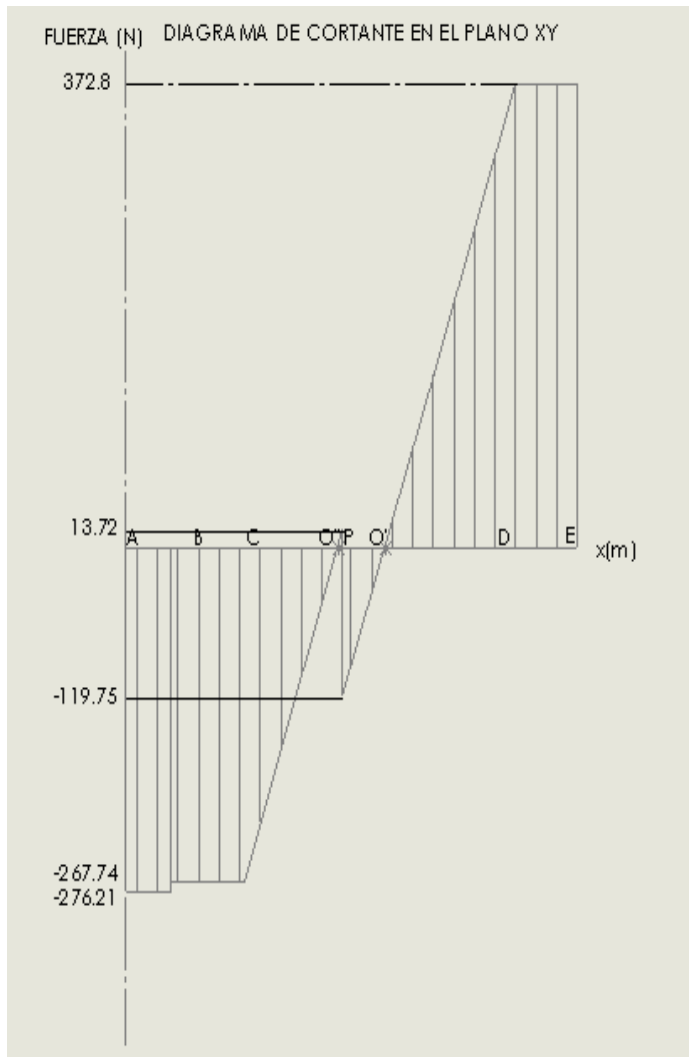
$$F_{ap2} = (0,42)m * (1172,73) = 492,55 N$$

3.1.1.4.6 Determinación del punto crítico del eje.

3.1.1.4.6.1 Diagrama de cortante en el plano XY

La carga distribuida se representa en el diagrama de cortante con líneas inclinada.

Las cargas puntuales se representan en el diagrama de cortante con líneas rectas.



Datos:

$$T_{1Y} = -219,32 \text{ N}$$

$$T_{2y} = -56,28 \text{ N}$$

$$P_{eje} = -133,47 \text{ N}$$

$$R_{EY} = -372,79 \text{ N}$$

$$R_{BY} = 8,47 \text{ N}$$

$$F_{op1} = 281,46 \text{ N}$$

Figura 3.1.1.4.6.1-1 Diagrama de cortante en el plano XY.

(Fuente: Natali Martínez, Jéssica Paredes)

Programa: *SolidWorks 2012*

ESCALA EJE X: 1:10 1m=10cm

ESCALA EJE Y 1:40 400N=10cm

- **En el Punto A**

$$\sum TY = T_{1Y} + T_{2Y}$$

$$A = \sum TY = (-219,32 \text{ N}) + (-56,28 \text{ N})$$

$$A = -276,21 \text{ N}$$

- **En el Punto B**

$$B = -276,21 \text{ N} + R_{BY}$$

$$(-276,21 \text{ N}) + (8,47 \text{ N})$$

$$B = -267,74 \text{ N}$$

- **En el Punto C**

$$C = -267,74 \text{ N} + F_{ap1}$$

$$C = (-267,74 \text{ N}) + (281,46)$$

$$C = 13,72 \text{ N}$$

- **En el Punto o'**

$$o' = 13,72 \text{ N} - P_{eje}$$

$$o' = (13,72 \text{ N}) + (-133,47 \text{ N})$$

$$o' = -119,75 \text{ N}$$

- En el Punto D

$$D = (-119,75\text{N}) + (F_{ap2})$$

$$D = (-119,75\text{N}) + (492,55\text{ N})$$

$$D = 372,8\text{ N}$$

- En el Punto E

$$E = (372,8\text{ N}) + R_{BY}$$

$$E = (372,8\text{ N}) + (-372,79\text{ N})$$

$E = 0,01 \approx 0$ la gráfica se cierra.

3.1.1.4.6.2 Diagrama de momento flector en el plano XY.

Análisis de áreas.

- Análisis de los triángulos rectángulos.

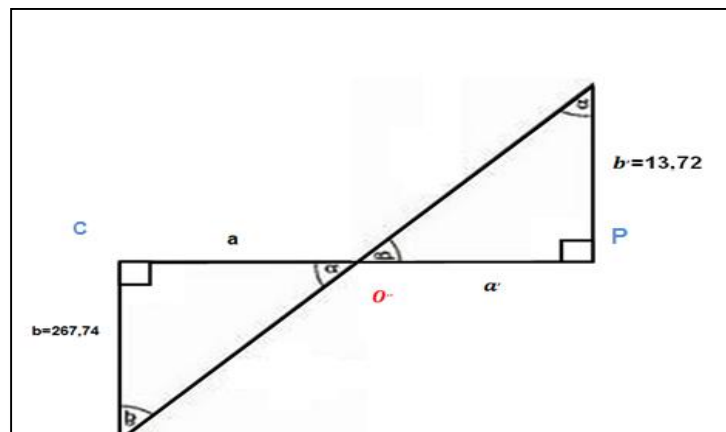


Figura 3.1.1.4.6.2-1 Relación de triángulos rectángulos.

(Fuente: Natali Martínez, Jéssica Paredes)

$\approx \Delta_{\text{rectangulos}}$

$$\frac{a}{267,74} = \frac{0,24-a}{13,72}$$

Ec.3.1.1.4.6.2.1-1

$$a = \overline{CO''} = 0,228$$

$$\overline{CO''} = 0,228 \text{ m}$$

Entonces:

$$\overline{o''p} = 0,24 - a$$

$$\overline{o''p} = 0,24\text{m} - 0,228 \text{ m} = 0,012 \text{ m}$$

$$\overline{o''p} = 0,012 \text{ m}$$

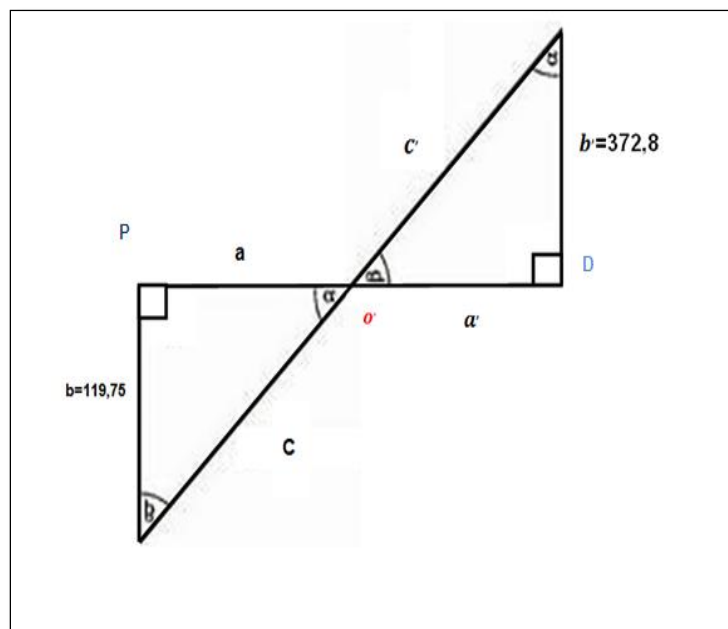


Figura 3.1.1.4.6.2-2 Relación de triángulos rectángulos

(Fuente: Natali Martínez, Jéssica Paredes)

$$\approx \Delta_{\text{Rectangulo}}$$

$$\frac{a}{119,65} = \frac{0,42-a}{372,8}$$

Ec. 3.1.1.4.6.2.1-2

$$\mathbf{a = p\bar{o} = 0,102}$$

$$\mathbf{p\bar{o} = 0,102m}$$

Entonces:

$$\mathbf{\bar{o}D = 0,42 - p\bar{o}}$$

$$\mathbf{\bar{o}D = 0,42 - 0,102}$$

$$\mathbf{\bar{o}D = 0,318 \text{ m}}$$

Métodos de áreas.

- $\mathbf{A_1 = M_1 = \bar{A}\bar{B} \times h}$

$$\mathbf{M_1 = (0,11m) \times (-276,26 \text{ N})}$$

$$\mathbf{M_1 = -30,38 \text{ Nm.}}$$

- $\mathbf{A_2 = M_2 = \bar{B}\bar{C} \times h}$

$$\mathbf{M_2 = (0,18 \text{ m}) \times (-267,74 \text{ N})}$$

$$\mathbf{M_2 = -48,19 \text{ N}}$$

- $A_3=M_3=\overline{CO} \times \frac{h}{2}$

$$M_3=0,228m \times \frac{-267,74}{2}N$$

$$M_3=-30,522 \text{ Nm}$$

- $A_4=M_4=\overline{O} \cdot p \times \frac{h}{2}$

$$M_4=0,012m \times \frac{13,72}{2} N$$

$$M_4=0,08 \text{ Nm}$$

- $A_5=M_5=p \cdot \overline{O} \times \frac{h}{2}$

$$M_5=0,012 \text{ m} \times \frac{-119,75 N}{2}$$

$$M_5=-6, 1 \text{ NM}$$

- $A_6=M_6=\overline{O} \cdot D \times \frac{h}{2}$

$$M_6=0,318 \text{ m} \times \frac{372,8}{2} N$$

$$M_6=59, 29 \text{ Nm}$$

- $A_7=M_7=\overline{DE} \times h$

$$M_7=0, 15 \text{ m} \times 372, 8 \text{ N}$$

$$M_7=55,92\text{Nm}$$

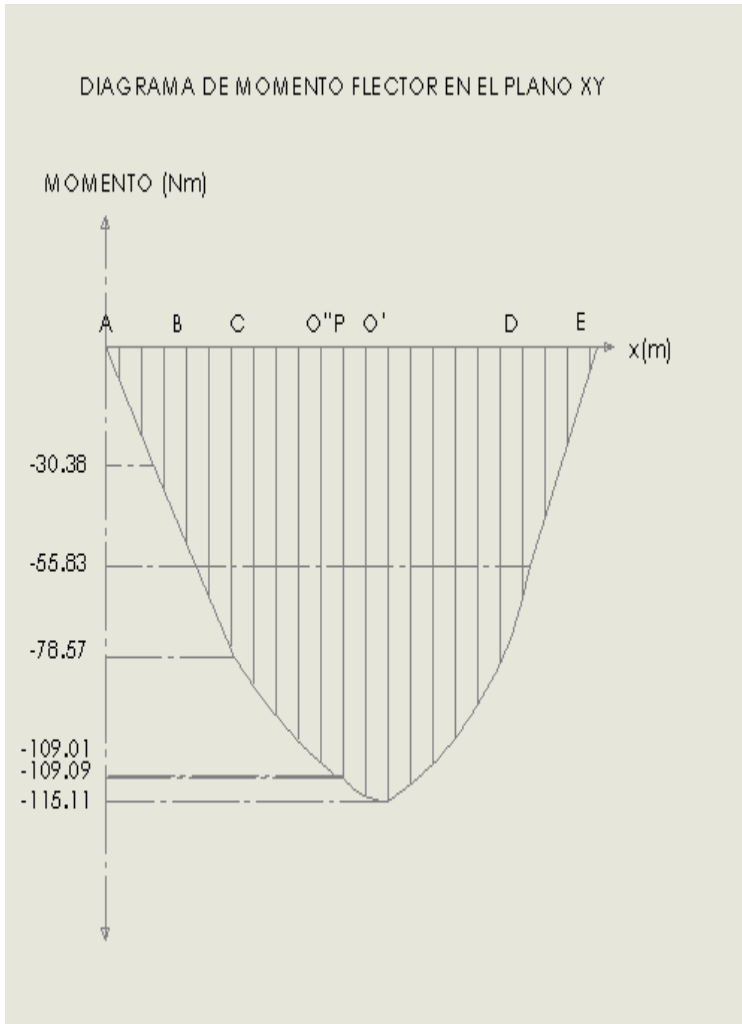
$$\sum \text{MOMENTOS} = 0$$

$$\sum \text{MOMENTOS} = (-30,38-48,19 -30,52+0,08-6, 1+59, 29+55,92)=0,1 \text{ Nm}$$

$$\sum \text{MOMENTOS} \approx 0$$

3.1.1.4.6.3 Diagrama de momento flector en el plano XY.

Se representa los diferentes momentos, la carga distribuida se representa en este diagrama con líneas curvas. Se realiza este diagrama para determinar el punto más crítico del eje.



$$M_1+M_2= (-30,38) \text{ Nm}+ (-48, 19)$$

$$\text{Nm} =-78, 57 \text{ Nm}$$

$$(-78, 57 \text{ Nm})+M_3= (-78, 57) \text{ Nm}+ (-30, 52) \text{ Nm}=-109, 09 \text{ Nm}$$

$$-109, 09 \text{ Nm}+ M_4= (-109, 09) \text{ Nm} + (0,08) \text{ Nm}=109,01 \text{ Nm}$$

$$-109, 01 \text{ Nm}- M_5= (-109, 01) \text{ Nm} + (-6, 1) \text{ Nm}= -115,11\text{Nm}$$

$$-115,11\text{Nm}- M_5= (-115, 11) \text{ Nm} + (59, 29) \text{ Nm}= -55, 82 \text{ Nm}$$

$$-55, 82 \text{ Nm} - M_5= (-55, 82) \text{ Nm} + (55, 92) =0, 1 \approx 0$$

Figura 3.1.1.4.6.3-1 Diagrama del momento flector en el plano XY

(Fuente: Natali Martínez, Jéssica Paredes)

Programa: SolidWorks 2012

ESCALA EJE X: 1:10

1m=10cm

ESCALA EJE Y

150Nm=10cm

3.1.1.4.6.4 Análisis en el plano XZ.

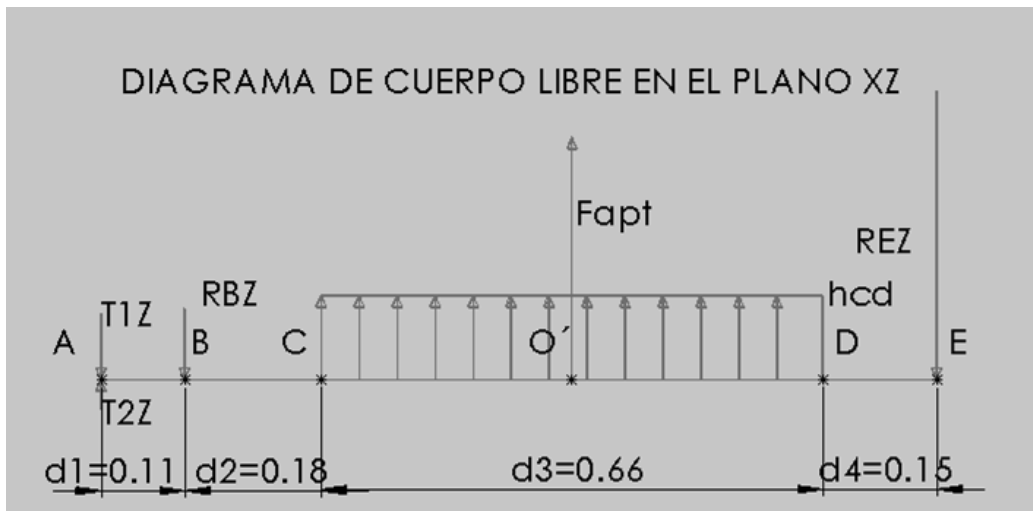


Figura 3.1.1.4.6.4-1 Diagrama de cuerpo libre en el plano XZ

(Fuente: Natali Martínez, Jéssica Paredes)

Programa: SolidWorks 2012

- Sumatoria del momento B

$$\sum MB = 0$$

$$-T_{1Z} * d_1 - F_{ap} * \left(d_2 + \frac{d_3}{2}\right) + R_{EZ} * (d_2 + d_3 + d_4) + T_{2Z} * d_1 = 0$$

$$R_{EZ} = \frac{T_{1Z} * d_1 - T_{2Z} * d_1 + F_{ap} * (d_2 + d_3/2)}{d_2 + d_3 + d_4}$$

$$R_{EZ} = \frac{(42,75) * (0,11) - (10,94) * (0,11) + 774 * (0,18 + 0,33)}{0,99}$$

$$R_{EZ} = 402,26 \text{ N.}$$

- **Sumatoria de fuerzas en el eje Z.**

$$\sum FZ = 0$$

$$T_{2Z} - T_{1Z} - R_{BZ} + F_{ap} - R_{EZ} = 0$$

$$R_{BZ} = -T_{1Z} + T_{2Z} + F_{ap} - R_{EZ}$$

$$R_{BZ} = -42,75 + 10,94 + 774 - 402,26$$

$$R_{BZ} = 339,93 \text{ N}$$

3.1.1.4.6.5 Diagrama de cortante en el plano XZ.

Datos:

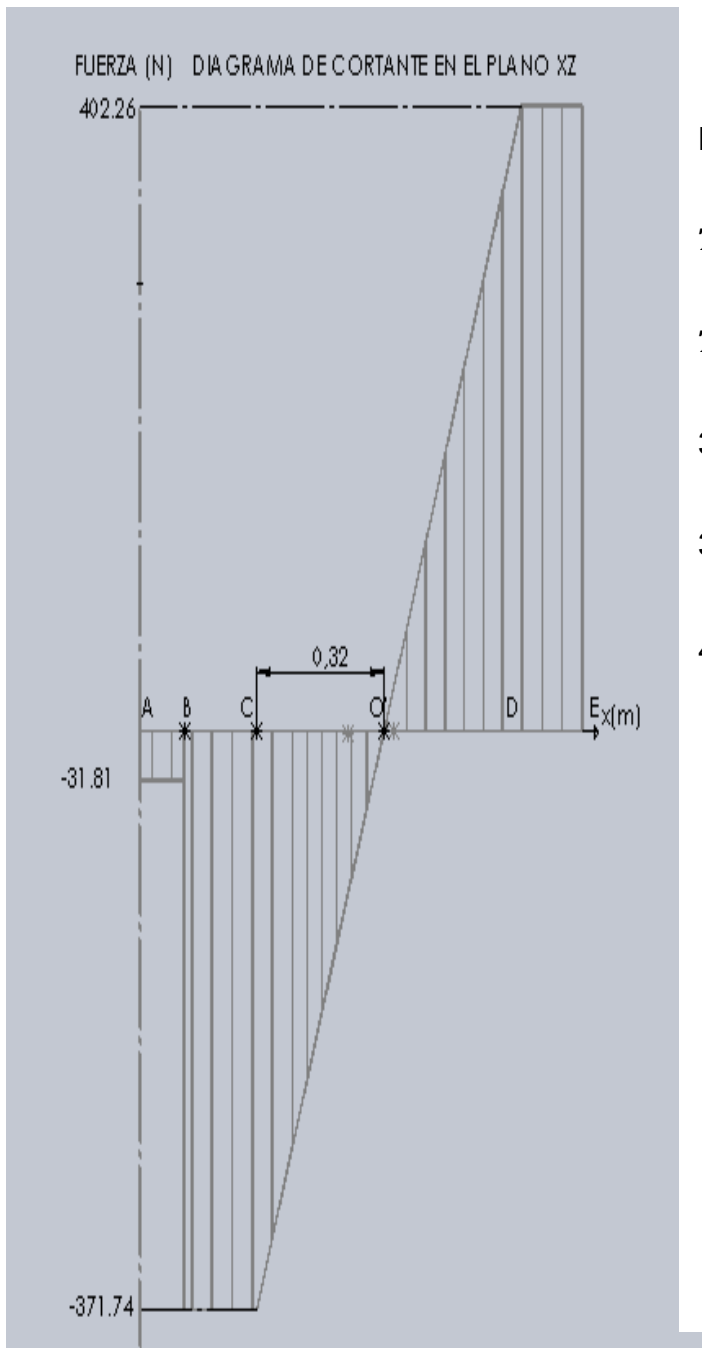
$$T_{1Z} = 42,75 \text{ N}$$

$$T_{2Z} = 10,94 \text{ N}$$

$$R_{BZ} = 339,93 \text{ N}$$

$$F_{ap} = 774 \text{ N}$$

$$R_{EZ} = 402,26$$



Entonces:

$$T_{1Z} + T_{2Z} = (42,75 - 10,94) \text{ N}$$

$$T_{1Z} + T_{2Z} = -31,81 \text{ N}$$

$$31,81 \text{ N} - R_{BZ} = (31,81 - 339,93) \text{ N} = -371,74 \text{ N}$$

$$371,74 \text{ N} + F_{ap} = (371,74 + 774) \text{ N} = 402,2 \text{ N}$$

$$402,2 \text{ N} - R_{EZ} = 402,2 \text{ N} - 402,2 \text{ N} = 0$$

Figura 3.1.1.4.6.5-1 Diagrama de cortante en el plano XZ.

(Fuente: Natali Martínez, Jéssica Paredes)
 Programa: SolidWorks 2012

3.1.1.4.6.6 Diagrama de momento flector en el plano XY.

- Análisis de áreas.

Análisis de los triángulos rectángulos.

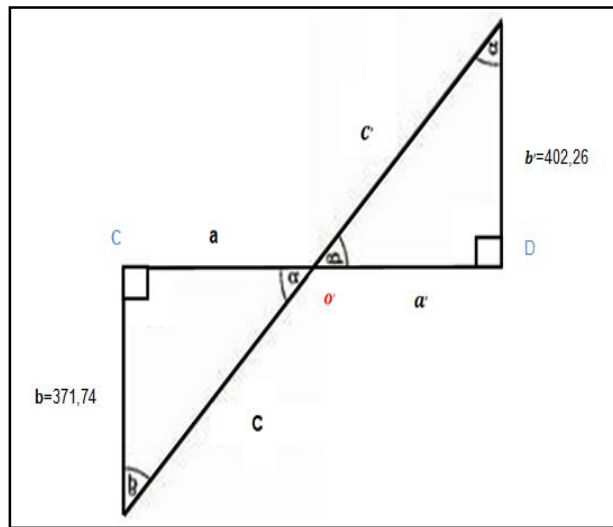


Figura 3.1.1.4.6.6-1 Relación de triángulos rectángulos

(Fuente: Natali Martínez, Jéssica Paredes)

$$\approx \Delta_{\text{Rectangulo}}$$

$$\frac{a}{371,74} = \frac{0,66-a}{402,26}$$

Ec.3.1.1.4.6.6-1

$$a = \overline{CO} = 0,32$$

$$\overline{CO} = 0,32 \text{ m}$$

Entonces:

$$a'=\overline{0D}=0,66-\overline{cO'}=0,343$$

Métodos de áreas.

- $A_1=M_1=b \times h$

$$M_1=0,11\text{m} \times -31,81 \text{ Nm}$$

$$M_1=-3,5 \text{ Nm}$$

- $A_2=M_2=b \times h$

$$M_2=0,18 \text{ m} \times -371,74 \text{ N}$$

$$M_2=-66,91 \text{ Nm}$$

- $A_3=M_3=b \times \frac{h}{2}=\overline{cO'} \times \frac{h}{2}$

$$M_3=0,32 \text{ m} \times \frac{-371,74}{2} \text{ N}$$

$$M_3=-58,92 \text{ Nm}$$

- $A_4=M_4=b \times \frac{h}{2}=\overline{0D} \times \frac{h}{2}$

$$M_4=0,343 \text{ m} \times \frac{402,26}{2} \text{ N}$$

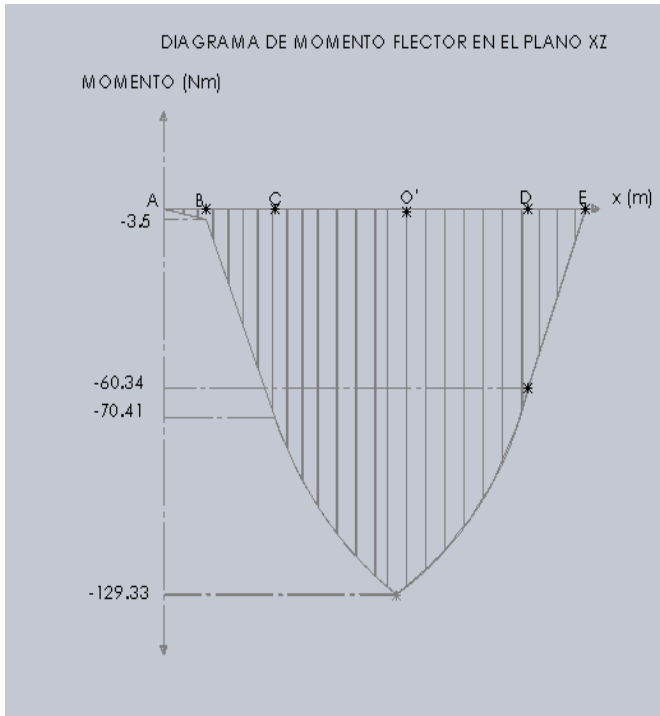
$$M_4=68,99 \text{ Nm}$$

- $A_5=M_5=b \times h$

$$M_5=0,15\text{m} \times 402,26 \text{ N}$$

$$M_5=60,34 \text{ Nm}$$

3.1.1.4.6.7 Diagrama de momento flector en el plano XZ



$$M_1 + M_2 = (-3,5) \text{ Nm} + (-66,91) \text{ Nm}$$

$$= -70,41 \text{ Nm}$$

$$(-70,41 \text{ Nm}) + M_3 = (-70,41) \text{ Nm} + (-58,92) \text{ Nm} = -129,33 \text{ Nm}$$

$$-129,33 \text{ Nm} + M_4 = (129,33) \text{ Nm} + (68,99) \text{ Nm} = -60,34 \text{ Nm}$$

$$-60,34 \text{ Nm} - M_5 = (-60,34) \text{ Nm} + (60,34) \text{ Nm} = 0 \text{ Nm}$$

Figura 3.1.1.4.6.7-1 Diagrama de momento flector en el plano XZ

(Fuente: Natali Martínez, Jéssica Paredes)

Programa: SolidWorks 2012

$$\sum \text{MOMENTOS} = 0$$

$$\sum \text{MOMENTOS} = (-3,5) \text{ Nm} + (-66,91) \text{ Nm} + (-58,92) \text{ Nm} + (68,99) \text{ Nm} + (60,34) \text{ Nm}$$

$$\text{Nm} = 0$$

3.1.1.4.7 Determinación de la Superposición de momentos flectores máximos.

Una vez que se determina los momentos flectores máximos en cada plano XY y XZ, se reemplaza estos valores en la siguiente ecuación (Pitágoras)

$$M_{RO'} = \sqrt{M_{xyO'}^2 + M_{xzO'}^2}$$

Ec. 3.1.1.4.7-1

$$M_{RO'} = \sqrt{(-115,11)^2 + (-129,33)^2}$$

$$M_{RO'} = 173,137 \text{ N.M}$$

3.1.1.4.7.1 Determinación del esfuerzo de corte en el punto o'

Se determina mediante la siguiente ecuación:

$$T_{xy} = \frac{16 * \tau}{\pi * d^3}$$

Ec. 3.1.1.4.7.1-1

$$T_{xy} = \frac{16 * 25Nm}{\pi * d^3} = \frac{400}{\pi * d^3} * \left(\frac{N}{m^2} \right)$$

Donde:

τ_{xy} = esfuerzo de corte $\left(\frac{N}{m^2} \right)$ (Pascal)

τ = Torque del eje Nm.

d = Diámetro real del eje.(m)

16 = Constante para eje macizo

3.1.1.4.7.2 Cálculo del esfuerzo de flexión que se produce en el punto σ .

Se determina mediante la siguiente ecuación:

$$\sigma_{XY} = \frac{32 * M_{RO'}}{\pi * d^3}$$

Ec.3.1.1.4.7.2 -1

$$\sigma_{XY} = \frac{32 * 173,137 \text{ N.M}}{\pi * d^3} = \frac{5540,384 * (N/m^2)}{\pi * d^3}$$

Donde:

$M_{RO'}$ = Superposición de momentos flectores máximos (NM)

σ_{XY} = esfuerzo de flexión (Psi)

d = Diámetro real del eje. (m)

32 = Constante para eje macizo.

3.1.1.4.7.3 Determinación del esfuerzo equivalente según el criterio de TRESCA y VON MISSES HENCKY TEORIAS DE FALLA

- Aplicando el criterio de TRESCA se tiene:

$$\sigma_{eq} = \sqrt{(\sigma_{xy})^2 + 4(\tau_{xy})^2}$$

Ec. 3.1.1.4.7.3-1

$$\sigma_{eq} = \sqrt{\left(\frac{400}{\pi * d^3}\right)^2 + 4 * \left(\frac{5540,384}{\pi * d^3}\right)^2}$$

Ec. 3.1.1.4.7.3-2

Donde:

σ_{eq} = esfuerzo de equivalenten de tresca. (Pascal)

σ_{xy} = esfuerzos axiales.(Flexión) (Pascal)

τ_{xy} = esfuerzos tangenciales (Pascal)

4= Constante para eje macizo.

- **Según las teorías de falla**

$$\sigma_{eq} = \frac{sy}{n}$$

Ec. 3.1.1.4.7.3-3

Donde:

σ_{eq} = esfuerzo de equivalente

Sy=resistencia a la fluencia del material (Kpa). (Tablas kpsi)

n= factor de seguridad. (Tablas).

3.1.1.4.8 Selección del material del eje.

Se escoge el acero AISI 4140 ya que es un acero moderadamente simple con un alto grado de dureza y resistencia a la tracción, es útil para aplicaciones mecanizadas como engranajes, pernos, ejes de transmisión y sujetadores. El costo más bajo debido a la química simple, junto con las propiedades físicas también hacen que sea una buena opción para las necesidades de la máquina.

Con el tipo de material AISI 4140 Anexo 5 se encuentra el s_y Anexo 6.

Se iguala la Ec.3.1.1.4.7.3-2 con la Ec.3.1.1.4.7.3-3 se tiene:

$$\frac{s_y}{n} = \sqrt{\left(\frac{400}{\pi * d^3}\right)^2 + 4 * \left(\frac{5540,384}{\pi * d^3}\right)^2}$$

$$\frac{434369691 \text{ KPa}}{2} = \sqrt{\left(\frac{400}{\pi * d^3}\right)^2 + 4 * \left(\frac{5540,384}{\pi * d^3}\right)^2}$$

Despejando el diámetro.

$$d=0,0253\text{m}=2,53 \text{ cm} \approx 1\text{pul}$$

El diámetro que se necesita es 2,53 cm, comercialmente se obtiene de 1pul

3.1.1.4.8.1 Aplicando el criterio de VON MISSES HENCKY

$$\sigma_{eq} = \sqrt{(\sigma_{xy})^2 + 3(\tau_{xy})^2}$$

Ec.3.1.1.4.8.1-1

Donde:

σ_{eq} = esfuerzo de equivalenten de TRESCA.

σ_{xy} = esfuerzos axiales.(Flexión)

τ_{xy} = esfuerzos tangenciales (Pascal)

$$\sigma_{eq} = \sqrt{\left(\frac{400}{\pi * d^3}\right)^2 + 3 * \left(\frac{5540,384}{\pi * d^3}\right)^2}$$

Ec3.1.1.4.8.1-2

Se iguala la Ec3.1.1.4.8.1-2con la Ec. 3.1.1.4.8.1-1.

$$\frac{s_y}{n} = \sqrt{\left(\frac{400}{\pi * d^3}\right)^2 + 3 * \left(\frac{5540,384}{\pi * d^3}\right)^2}$$

$$\frac{434369,691 * 1000}{2} = \sqrt{\left(\frac{400}{\pi * d^3}\right)^2 + 4 * \left(\frac{5540,384}{\pi * d^3}\right)^2}$$

Despejando el diámetro.

$$\mathbf{d=0,02414m=2,414 \text{ cm} \approx 1\text{pul}}$$

Al final se coloca las 8 paletas en forma paralela al eje, las 4 paletas ubicadas en el centro cumplen la función de descascarar y las cuatro ubicadas dispuestas de manera helicoidal alrededor del eje, cumplen la función de avance del grano.

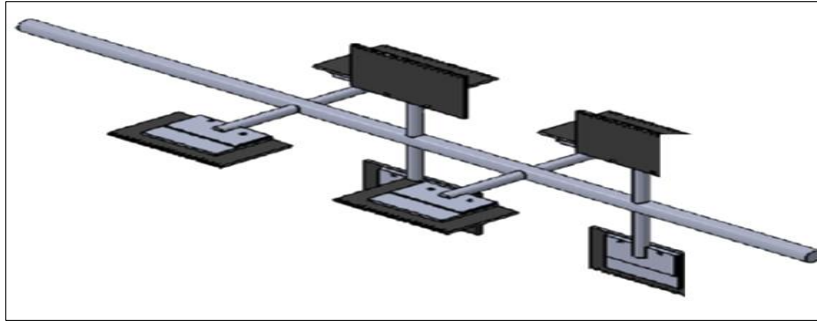


Figura 3.1.1.4.8.1-1 Colocación de las paletas, en el eje de trasmisión

(Fuente:Natali Martínez, Jéssica Paredes)

3.1.1.4.9 Medidas del eje.

Tabla 3.1.1.4.9-1 Medidas del eje de trasmisión.

Eje de transmisión			Largo (m)	Diámetro (pulgadas)
cero AISO 4140	1.12	1	1	1

(Fuente: Natali Martínez, Jéssica Paredes)

Cada paleta con respecto a la otra, fue colocada a una determinada distancia.

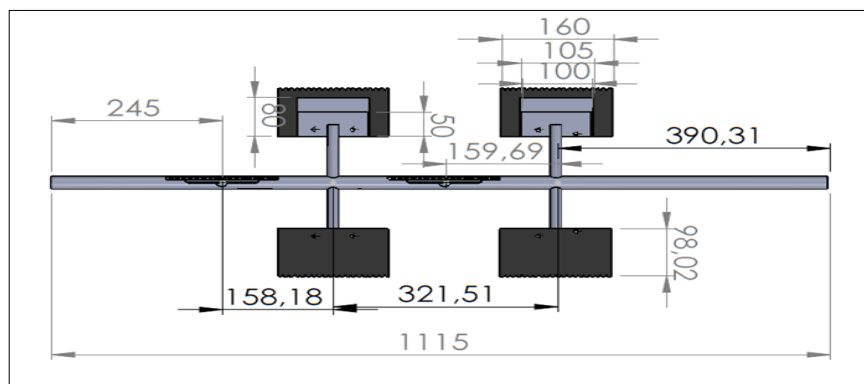


Figura 3.1.1.4.9-1 Diseño del eje con sus medidas en mm

(Fuente:Natali Martínez, Jéssica Paredes)

3.1.1.5 Selección de chumaceras

3.1.1.5.1 Reacción resultante de la fuerza radial del punto B.

$$R_B = \sqrt{R_{BY}^2 + R_{BZ}^2}$$

$$R_B = \sqrt{(8,77)^2 + (339,33)^2}$$

$$R_B = 340,04 \text{ N}$$

3.1.1.5.2 Reacción resultante de la fuerza radial del punto E.

$$R_E = \sqrt{R_{EY}^2 + R_{EZ}^2}$$

$$R_E = \sqrt{(372,79)^2 + (402,26)^2}$$

$$R_E = 548,44 \text{ N}$$

Como:

$$R_E > R_B$$

R_E Es la carga radial máxima.

3.1.1.5.3 Determinación de la capacidad de carga requerida.

$$C_{requerida} = \frac{f_l * P}{f_n}$$

Ec.3.1.1.5.3-1

Donde:

C_{requerida}= Capacidad de carga requerida

f_i=factor de vida útil. (h)

f_n= factor de velocidad. (RPM) (Tablas)

P=Carga dinámica equivalente.

3.1.1.5.3.1 Cálculo del factor de velocidad f_n

Se selecciona para rodamiento de bolas debido a que solo tenemos cargas radiales.

En el catálogo “FAG” página 12. Anexo 7.

Con N=290 RPM en el eje, se interpola para encontrar el factor de velocidad f_n.

$$\frac{290 - 280}{300 - 280} = \frac{X - 0,492}{0,481 - 0,492}$$

RPM	f _n
280	0,492
290	X
300	0,481

f_n=0,4865

3.1.1.5.3.2 Determinación del factor de vida útil F_i.

Se asume 10000 horas de servicio, con las horas de servicio encontrar f_i.

RPM	F _i
10000	2,71

3.1.1.5.3.3 Determinación de la carga dinámica equivalente.

$$P=x*fr+y*fa$$

Ec. 3.1.1.5.3.3-1

Donde:

P=carga dinámica equivalente (KN).

Fr=fuerza radial máxima (kN).

Fa= Cargas axiales. (N)

X y Y = Son constantes y dependen del tipo de rodamientos.

En nuestro caso:

Fa=0 no existen cargas axiales.

X y Y =1

P=1 × 0,54844 1KN

P =0,54844 KN

Remplazando la Ec.3.1.1.5.3-1

$$C_{requerida} = \frac{2,71}{0,4865} * 0,54844$$

$$C_{requerida} = 3,055 \text{ KN}$$

- Comprobación.

$$C_{requerido} < C_{dinámico}$$

$$3,055 < 3,25$$

3.1.1.5.4 Selección del rodamiento.

Seleccionar un rodamiento rígido de bolas, ya que este tipo de rodamientos se utiliza cuando se tiene cargas radiales y no cargas axiales, como es en nuestro caso.

En el catálogo de FAG 61804 para un diámetro de 25mm, como la capacidad dinámica disponible debe ser mayor a la capacidad dinámica requerida, con la capacidad dinámica disponible más próxima a la nuestra $C_{requerida}=3,25$ KN encontramos la capacidad estática $C_{o\ disponible}=2,24$ KN

3.1.1.5.4.1 Determinación de la carga estática equivalente

Para rodamientos rígidos con una hilera.

$$P_o = f_r$$

Ec. 3.1.1.5.4.1-1

Donde:

P_o = Carga estática equivalente (KN).

F_r = fuerza radial máxima (kN)

$P_o = 0,54844$ (KN)

3.1.1.5.4.2 Determinación de la capacidad de carga estática requerida.

Para rodamientos rígidos con una hilera.

$$C_{o \text{ requerida}} = f_s * P_{o \text{ requerida}}$$

Ec.3.1.1.5.4.2-1

Donde:

$C_{o \text{ requerida}}$ = capacidad de carga estática requerida (KN). Anexo 8

f_s = Factor de servicio según las exigencias = 1 Anexo 9

$P_{o \text{ requerida}}$ = carga estática equivalente (KN).

Remplazando la Ec. 3.1.1.5.4.2-1 se tiene:

$$C_{o \text{ requerida}} = 1 \times 0,54844 \text{ KN} = 0,54844 \text{ KN}$$

- Comprobación:

$$C_{o \text{ requerido}} < C_{o \text{ disponible}}$$

$$0,54844 < 2,24 \text{ KN}$$

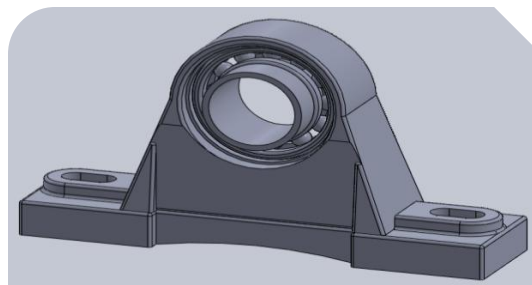


Figura 3.1.1.5.4.2-1

(Fuente: Natali Martínez, Jéssica Paredes)

3.1.1.6 Diseño de la carcaza.

La carcaza de acero inoxidable AISI304, de 79 cm x 39,40 cm, cumple con la función de soporte de la cámara de descascarrillado.

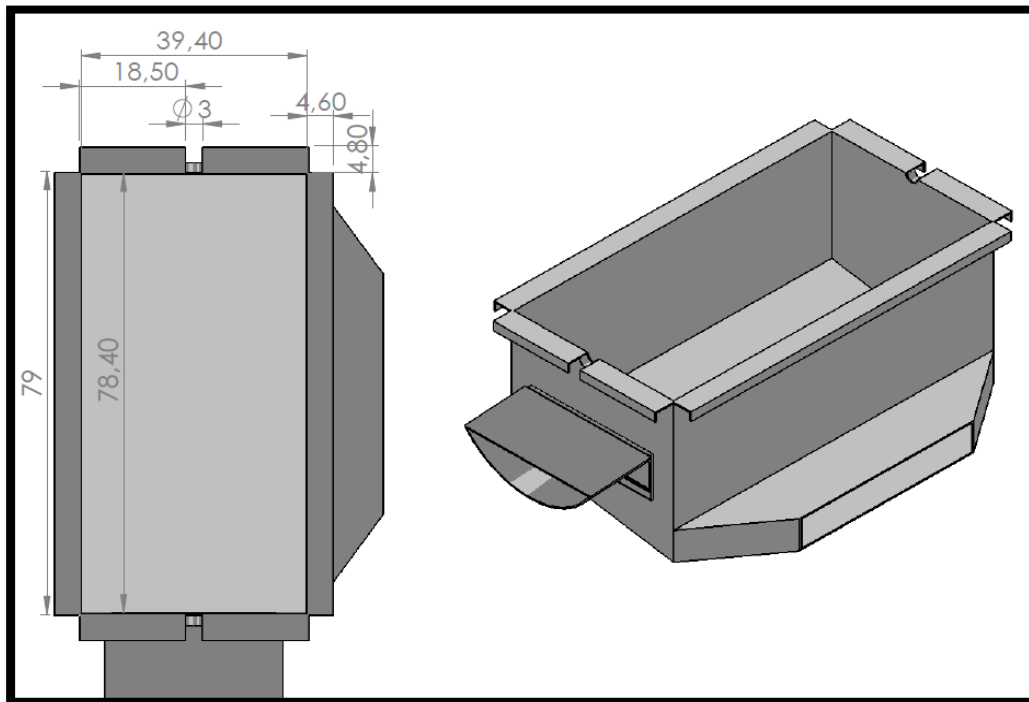


Figura 3.1.1.6-1 Diseño de la canastilla, con sus medidas cm.

(Fuente: Natali Martínez, Jéssica Paredes)

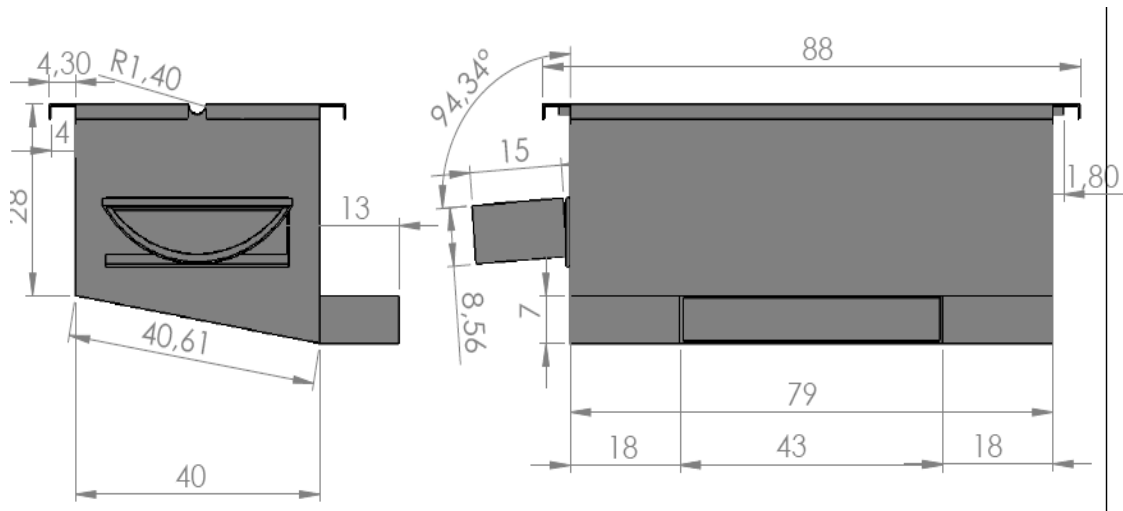


Figura 3.1.1.6-2 Diseño de la carcaza, con sus medidas cm

(Fuente: Natali Martínez, Jéssica Paredes)

3.1.1.7 Diseño de la base.

Una vez conocido los parámetros principales de máquina se procede a diseñar la base de la máquina y la del motor.

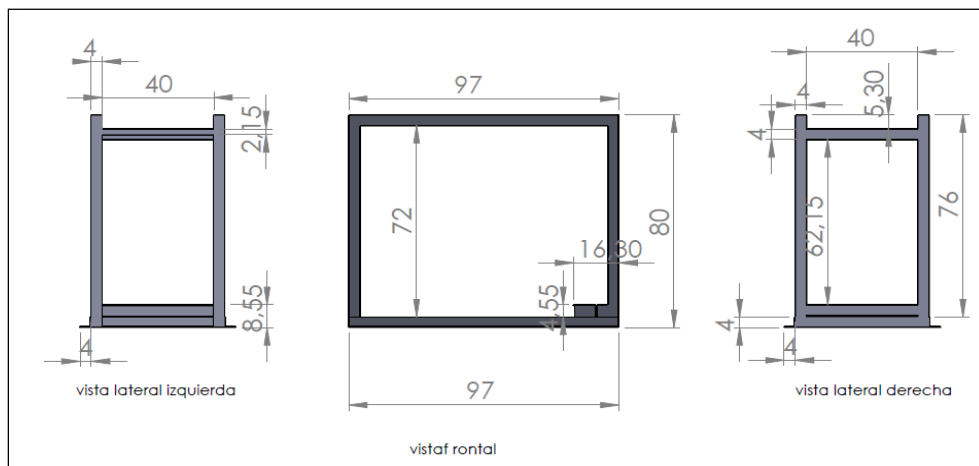


Figura 3.1.1.7-1 Diseño de la base de la máquina y del motor, con sus medidas en cm.

(Fuente: Natali Martínez, Jéssica Paredes)

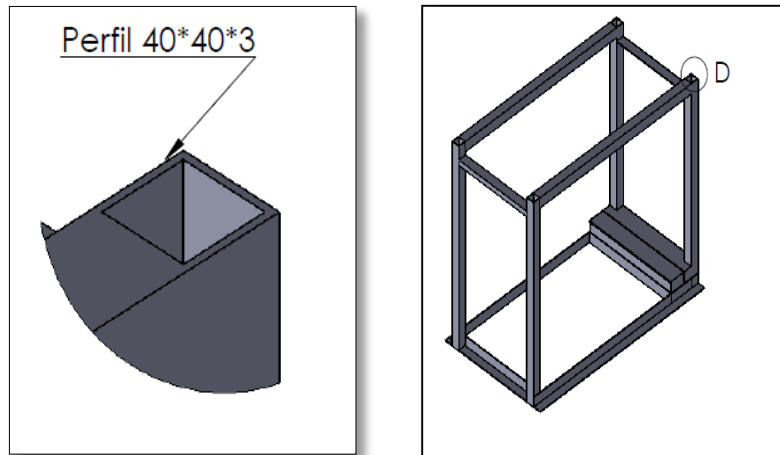


Figura 3.1.1.7-2 Estructura de la máquina
(Fuente:Natali Martínez, Jéssica Paredes)

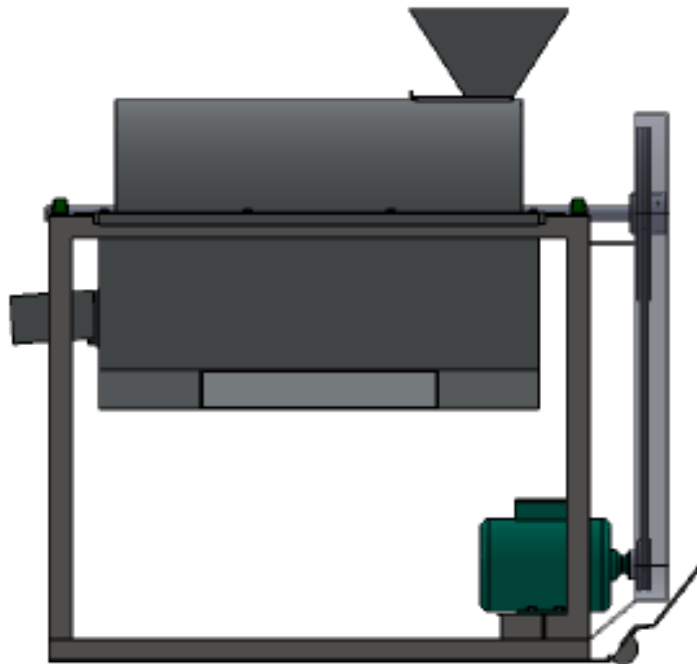


Figura 3.1.1.7-3 Vista lateral del soporte.

(Fuente:Natali Martínez, Jéssica Paredes)

3.1.2 Dimensionamiento del Equipo.

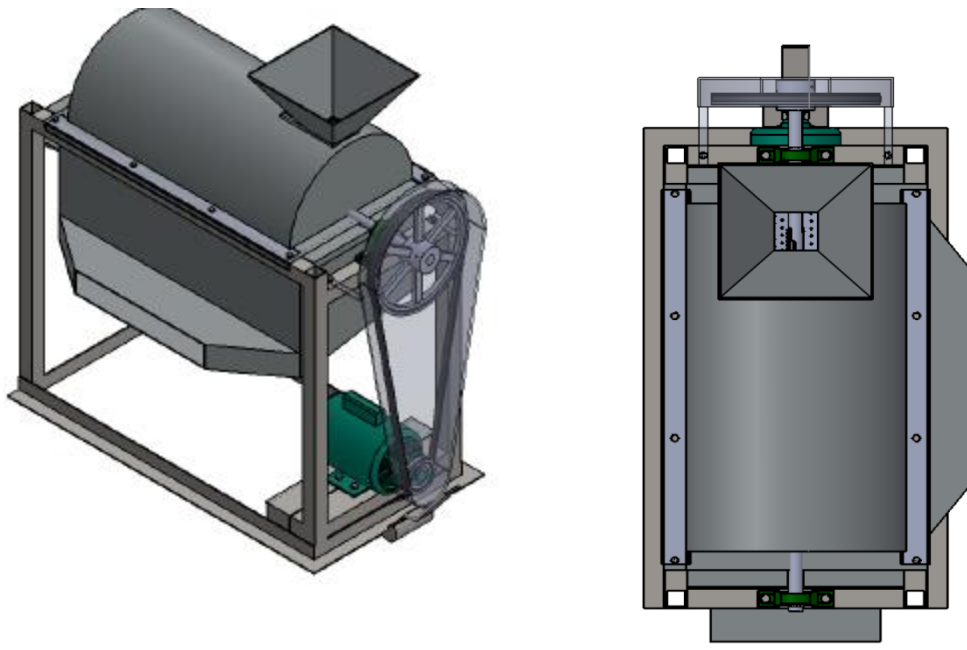


Figura 3.1.2-1 Vistas lateral y superior del descascarador

(Fuente: Natali Martínez, Jéssica Paredes)

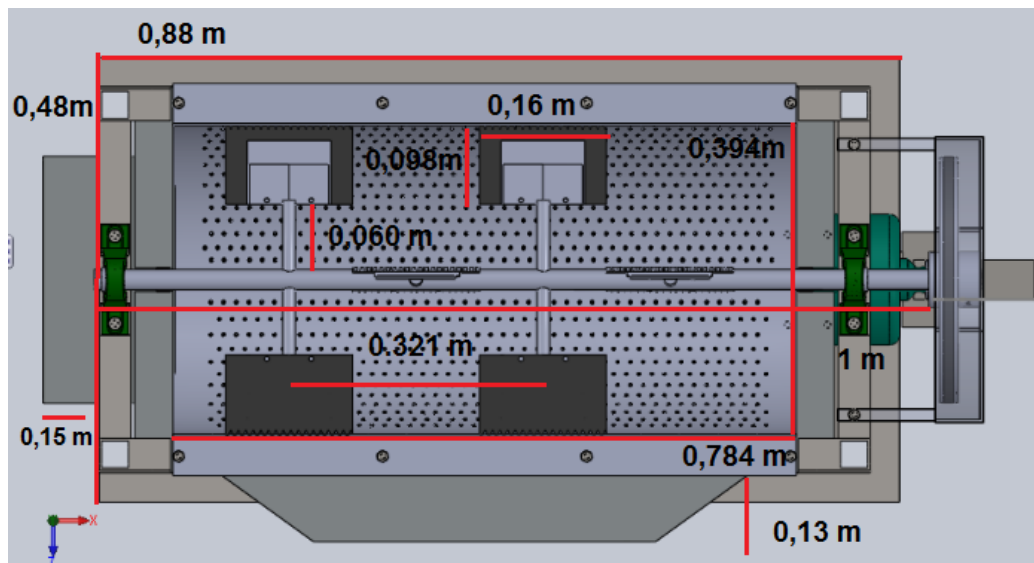


Figura 3.1.2-2 Dimensiones de la cámara de descascar

(Fuente: Natali Martínez, Jéssica Paredes)

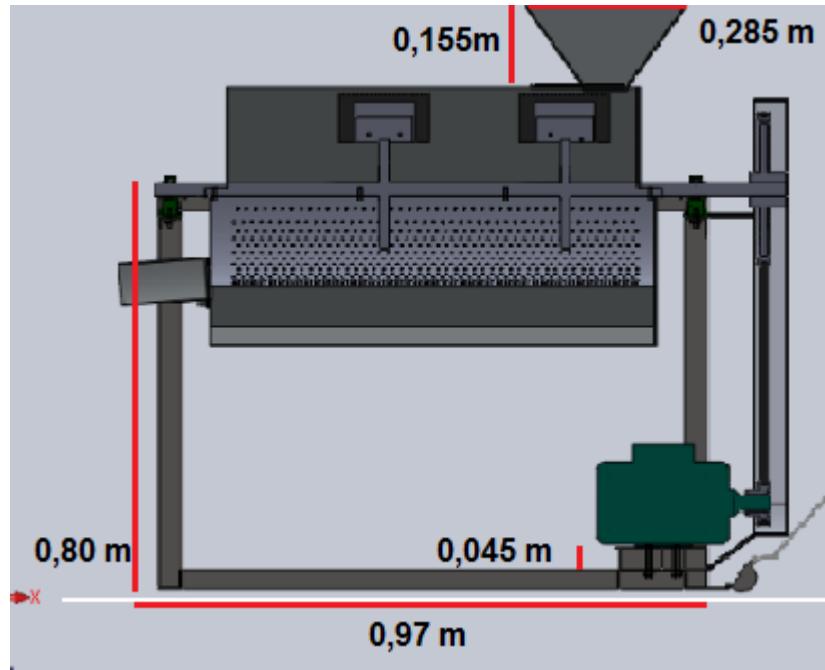


Figura 3.1.2-3 Vista lateral del descascarador

(Fuente: Natali Martínez, Jéssica Paredes)

3.1.3 Especificaciones de los materiales para el descascarador.

- Los materiales que requieren de transformación para ser utilizados son:

Tabla 3.1.3-1 Materiales que requieren transformación.

Materia	Tipo	Especificación
Acero Inoxidable	AISO 304	1,5 mm de espesor. Utilizado para la construcción de la carcasa, tolva de alimentación, y parte de las 8 paletas y la tapa superior de la carcasa.

Acero galvanizado zinc sobre hierro	Norma: ASTM A653/924	Sirve para la protección de la banda
Acero galvanizado		Empleado para la construcción de la malla perforada.
Caucho sintético	3 mm de espesor	Sirve para la construcción de las 8 paletas, con medidas individuales: Largo:92.02(mm) Ancho:160(mm).

(Fuente:Natali Martínez, Jéssica Paredes)

- Materiales que no requieren de transformación para ser utilizados.

Tabla 3.1.3-2 Materiales que no requieren transformación.

Elemento	Tipo	Especificación
Eje de acero	AISI 4140	De sección circular que transmite un movimiento de giro, lleva montado las 8 paletas. Díametro de 1 pulgada Largo 1 m
Estructura de ángulo de 1.1/2 x 1/8	Hierro	Es el soporte de la máquina. largo: 97 (cm) ancho: 40 (cm) Altura: 80 cm

Pernos	3/8	Asegura la carcasa superior a la carcasa inferior.
Motor Eléctrico	Weg LR 38324	Proporciona la potencia necesaria para el funcionamiento de la máquina. 1hp V 110-120 Rpm 1740
Chumaceras	FAG 61804	Sostiene el peso, guía la rotación y evita deslizamientos del eje. Rodamiento diámetro 0,025 m Cap. Requerida 3,25 KN Carga estática c_0 2,24kN
Polea motriz	Aluminio	2 ½pulgadas Acanaladas
Polea conducida	Aluminio	12pulgadas Acanaladas
Banda	A71	1 banda Trapecial en V
Botón	ON/OFF	Para el encendido y apagado de la máquina.
Bolsas	Tela yute	Sirve para recolectar la cáscara y el cereal.

(Fuente:Natali Martínez, Jéssica Paredes)

3.1.4 Requerimientos Presupuestales

3.1.4.1 Recursos Humanos

Según el ministerio de relaciones laborales el salario mínimo es de 292 US\$/mes (2012), es decir cada hora de trabajo cuesta aproximadamente 1,22 US\$/h (Fuente: código de trabajo)

Considerando que la construcción de la máquina se realizó en un tiempo aproximado de 5 meses y se trabajaba 2 horas diarias por obrero, son 300 h de trabajo, es decir la mano de obra tiene un valor aproximado de 366 US\$/horas trabajadas por obrero.

Tabla 3.1.4.1-1Costos de mano de obra.

Tiempo de trabajo(h)	Costo unitario de Mano de obra (US \$)	Número de obreros	Costo total de Mano de obra (US \$)
300	366	2	732

(Fuente:Natali Martínez, Jéssica Paredes)

3.1.4.2 Recursos Materiales

Para cuantificar los costos de los recursos naturales es necesario, hacer una descripción de los rubros tomados en cuenta para la construcción del descascarador para cebada y trigo.

- Costos de materiales.
- Costo del diseño.
- Costo de pruebas.

3.1.4.2.1 Costos de materiales

Tabla 3.1.4.2.1-1 Materiales para la construcción del equipo.

Elemento	Cantidad	Costo unitario (US \$)	Costo total (US\$)
Plancha de acero inoxidable	1	550	550
Plancha de galvanizado, zinc sobre hierro	½ unidad	80,0	80,0
Eje de acero	1 unidad	200	50
Estructura de ángulo de 1.1/2 x 1/8	1 unidad	120	120
Pernos	17 unidades	8	8
Electrodos de acero inoxidable	79 unidades	110	110
Motor	1 unidad	250	250
chumaceras	2 unidades	13	26
Polea de 12 pulg	1 unidad	10	10
Polea de 2 ½ pulg	1 unidad	5	5
Caucho	½ metro	8	8

Pintura	1 galón	15	15
Banda	1 unidad	15	15
Interruptor	1 unidad	2	2
Botón encendido- apagado	1 unidad	3	3
Cable	2/2 metros	4	4
Bolsas	4 unidades	10	10
Placa	1 unidad	8	8
Sellos de seguridad	3	2,33	7
			TOTAL
			1281

(Fuente:NataliMartínez, Jéssica Paredes)

3.1.4.2.2 Costo de diseño

Para determinar el costo de diseño, generalmente se utiliza el 20% de los costos de fabricación de la máquina.

Es decir 146,4 US\$

3.1.4.2.3 Costo de pruebas

Para realizar las pruebas, es necesario el producto en el cual se enfocó el desarrollo de la máquina, es decir es necesaria la utilización de cebada y trigo por cada una de ellas, se realizaron las siguientes pruebas.

Tabla 3.1.4.2.3-1 Costos de pruebas antes del diseño.

	Número de pruebas	Libras de cereal	Costo unitario (US \$)	Costo Total (US \$)
Durante el diseño	6	6 cebada	0,25	1,50
Durante la construcción	16	8 cebada 8 trigo	0,25 0,30	4,40
Después de la construcción (Eficiencia)	81	54 cebada 27 trigo	0,25 0,30	15,90
Total:				21,80

(Fuente:Natali Martínez, Jéssica Paredes).

El costo total de los recursos materiales son: \$ 1449,2

3.1.4.3 Recursos Totales

Tabla 3.1.4.3-1 Costos de pruebas antes del diseño.

Denominación	Costo(US \$)
Recursos Humanos	732
Recursos Materiales	1449,2
Subtotal:	2181,2
Imprevistos 5%	109,06
Total:	2290,26

(Fuente:Natali Martínez, Jéssica Paredes)

3.2 Métodos y Técnicas de ensayo.

3.2.1 Manejo específico del trabajo.

Se usa tres muestras diferentes con el porcentaje de humedad con la que los cereales llegan al mercado.

- 0,454 Kg de cebada malta
- 0,454 Kg de cebada nacional
- 0,454 Kg de gramos de trigo

Se ensaya a tres tiempos experimentales:

- 5 minutos
- 10 minutos
- 20 minutos

Definido el tiempo óptimo de descascarado, se procede a detectar la eficiencia del equipo en base a:

- Contenido de cáscara del cereal descascarado.
- Porcentaje de granos partidos del cereal descascarado.
- Capacidad del equipo.
- Balance de masa.

3.2.1.1 Porcentaje de humedad

Tabla 3.2.1.1-1 Determinación del contenido de humedad en cereales.

Norma Técnica Ecuatoriana Voluntaria 1235.

FUNDAMENTO	MATERIALES	REACTIVOS	PROCEDIMIENTO	CÁLCULOS
<p>Contenido de humedad en granos y cereales.</p> <p>La humedad en cereales es la cantidad de agua contenida en una masa de granos y se expresa en porcentajes.</p>	<p>Cápsula de porcelana</p> <p>Pinza de cápsula</p> <p>Balanza Analítica</p> <p>Estufa</p>	Ninguno	<p>1.La capsula se calienta a 130°C-133°C, durante unos 30 minutos, se enfria en el desecador y se pesa.</p> <p>2.En la capsula pesar aproximadamente 5 gramos de la muestra limpia y clasificada previamente y colocar en la estufa.</p> <p>3.Llevar la estufa a130°C-133°C, manteniéndola durante 2 horas, tiempo que se cuenta a partir del momento en que la estufa alcanza los 130°C.</p> <p>4.Antes de sacar la cápsula de la estufa trasladar al desecador y pesar tan pronto haya alcanzado la tempeartura ambiente, aproximadamente entre 30 y 45 minutos, después de colocarse en el desecador.</p> <p>5.Calentar de nuevo la cápsula con su contenido durante 2 horas: dejar enfriar en el desecador y pesar. Repetir el procedimiento enfriando y pesando hasta que no haya disminución en la masa.</p>	$H = (m_o - m_s) * \frac{100}{m_o}$ <p>(%)</p> <p>Donde</p> <p>H= Humedad en porcentaje de masa.</p> <p>m_o=masa de la muestra inicial en gramos.</p> <p>m_s= masa de la muestra seca en gramos.</p>

(Fuente: Norma Técnica Ecuatoriana Voluntaria 1235)

3.2.1.2 Contenido de cáscara del cereal descascarado

Tabla 3.2.1.2-1 Determinación del contenido de cáscara del cereal descascarado

Norma Técnica Ecuatoriana Voluntaria 2358

FUNDAMENTO	MATERIALES	REACTIVOS	PROCEDIMIENTO	CÁLCULOS
<p>Contenido de cáscara de la cebada.</p> <p>El contenido de cáscara se calcula a partir de la reducción de masa.</p>	<p>Vaso de vidrio de 200 ml</p> <p>Varrilla de vidrio</p> <p>Balanza Analítica</p> <p>Reverbero</p> <p>Campana de extracción de gases</p> <p>Secador</p>	<p>Hipoclorito de sodio NaClO 200g/L</p> <p>Hidroxido de sodio NaOH 1,25 gr/L</p>	<ol style="list-style-type: none"> Determinar el contenido de humedad, de acuerdo a la Norma INEN 1235 Pesar 20 gramos de cebada descascarada. Poner a ebullición el vaso de vidrio con 80 ml de NaClO y 20 ml NaOH. Añadir la muestra después de 30 s. Apagar la llama 80s después que se ha reiniciado la ebullición. Después de 10 s pasar por un baño de agua fría agitando la muestra. Decantar el agua que contiene el resto de las cáscaras y añadir agua fresca. Esparcir los granos sobre papel filtro y secar un día a temperatura ambiente, después 3h a 50°C en el secador. Pesar la muestra seca. 	<p>Contenido de cáscara</p> $= \frac{E - A}{E} * 100$ <p>Donde:</p> <p>E=masa de la muestra como % de masa seca.</p> <p>A=masa de granos descascarados como % de sustancia seca.</p>

(Fuente: Norma Técnica Ecuatoriana Voluntaria 2358)

3.2.1.3 Rendimiento del descascarado

Tabla 3.2.1.3-1 Determinación del rendimiento del descascarado.

Norma Técnica Ecuatoriana Voluntaria 1236

FUNDAMENTO	MATERIALES	REACTIVOS	PROCEDIMIENTO	CÁLCULOS
Determinación de granos partidos.	Balanza sensible al 0,1 g Divisor de muestras mecánicas o manualmente.	Ninguno	1.Homogenizar la muestra limpia (descascarada) 2.Aplicamos un sistema de cuarteo: a. La muestra homogenizada extender sobre una mesa, dándoles forma circular. b. Dividir en dos partes y luego en cuatro. c. Los cuartos opuestos se retiran y los dos restantes se mezclan y nuevamente en forma circular. d. Repetir las divisiones de la muestra, hasta obtener porciones que se requieren para la determinación. 3.Tomamos 25 gramos de la muestra cuarteada. 4.Separar todos los granos partidos manualmente.	$G.P = \frac{m_1}{m} * 100$ <p>(% masa)</p> <p>Donde:</p> <p>G.P.=Contenido de granos (quebrados) partidos en porcentaje de masa.</p> <p>m₁= masa de granos (quebrados) partidos en gramos</p> <p>m= masa de muestra limpia en gramos.</p>

(Fuente: Norma Técnica Ecuatoriana Voluntaria 1236)

3.2.1.4 Tiempo óptimo de descascarado

Tabla 3.2.1.4-1 Determinación del tiempo óptimo de descascarado.

FUNDAMENTO	MATERIALES	REACTIVOS	PROCEDIMIENTO	CÁLCULOS
Tiempo óptimo de descascarado	Balanza analítica. Descascarador Cronómetro	Ninguno	<p>1. Tomar 3 muestras de cada cereal limpio pesando 454 gramos de cada una de ellas.</p> <p>2. Determinar el % de humedad de cada muestra de acuerdo a la Norma INEN 1235.</p> <p>3. Descascarar cada muestra en tres tiempos establecidos: 5, 10 y 20 minutos; 3,4 y 5 minutos.</p> <p>3. Repetir el proceso tres veces para cada tiempo.</p> <p>4. Determinar para cada muestra el % del contenido de cascara según Norma INEN 2358.</p> <p>5. Determinar para cada muestra el % del contenido de granos partidos según Norma INEN 1236.</p> <p>6. De acuerdo a los resultados obtenidos determinar cuál es el tiempo óptimo de descascarado.</p>	$H = (m_o - m_s) * \frac{100}{m_o}$ <p>(%)</p> <p><i>Contenido de cascara</i></p> $= \frac{E - A}{E} * 100$ <p>(%)</p> $GP = \frac{m_1}{m} * 100$ <p>(% masa)</p>

(Fuente: Natali Martínez, Jéssica Paredes)

3.3 Resultados

3.3.1 Tiempo óptimo de descascarado.

Tabla 3.3.1-1 Datos promedios de la determinación del tiempo de descascarado.

Tiempo de descascarado (minutos)	Muestra (0,454 kg)	%Humedad Inicial	% Contenido de cáscara	% Contenido de granos partidos
5	cebada malta	14,0	9,0	2,8
	cebada nacional	13,2	9,5	3,4
	Trigo	12,8	4,2	1,5
10	cebada malta	13,5	5,7	9
	cebada nacional	13,2	5,9	10,1
	Trigo	11,3	2,9	3,2
20	cebada malta	12,3	2,1	22,9
	cebada nacional	11,8	2,5	24,6
	Trigo	10,0	1,4	10,9

(Fuente: Natali Martínez, JéssicaParedes)

El rendimiento del descascarado se establece por el % del contenido de granos partidos según Norma INEN 1236. Por tal motivo se considera el bajo % de granos partidos, seleccionando el tiempo de descascarado de 5 minutos.

Mediante los ensayos realizados en otras máquinas similares el tiempo de descascarado comprendía de 1-5 minutos, se verifica si disminuye el tiempo de descascarado en la máquina mediante la disminución de minutos.

- 3 minutos.
- 4 minutos.
- 5 minutos.

Tabla 3.3.1-2 Datos promedios de la determinación del tiempo óptimo de descascarado.

Tiempo de descascarado (minutos)	Muestra (0,454 Kg)	%Humedad Inicial	% Contenido de cascara	% Contenido de granos partidos
3	cebada malta	14,0	9,4	2,4
	cebada nacional	13,2	9,8	3,0
	Trigo	12,8	4,6	1,5
4	cebada malta	13,5	9,1	2,5
	cebada nacional	13,2	9,6	3,0
	Trigo	11,3	4,4	1,7
5	cebada malta	12,3	9,0	2,8
	cebada nacional	11,8	9,5	3,4
	Trigo	10,0	4,4	1,5

(Fuente: Natali Martínez, Jéssica Paredes)

Mediante los datos en la tabla 3.3.1-2 se observa que el tiempo de descascarado óptimo comprende realmente 4 minutos puesto que presenta resultados equilibrados tanto en % de contenido de cáscara y el % de granos partidos.

3.3.2 Eficiencia del descascarador.

3.3.2.1 Contenido de cáscara y porcentaje de Granos Partidos.

Unidad experimental:

- 2 kg de Granos enteros con cáscara de cebada malta.
- 2 kg de Granos enteros con cáscara de cebada nacional.
- 2 kg de Granos enteros con cáscara de trigo.

Factores en Estudio.

Los factores en estudio son los siguientes:

Tabla 3.3.2.1-1 Determinación de los factores de Estudio.

Factor en Estudio	Descripción del Factor en Estudio	Nivel	Descripción del nivel
T	Temperatura de secado (°C)	T ₀ T ₁ T ₂	Tal cual como viene (Temperatura ambiente) 62°C 100°C
t	Tiempo (h)	t ₀ t ₁ t ₂ t ₃	0 horas de secado 2 horas de secado 4 horas de secado 6 horas de secado

(Fuente:Natali Martínez, Jéssica Paredes)

Tratamientos:

Tabla 3.3.2.1-1 Tratamientos experimentales.

Tratamiento	Combinación	Parámetros a medir		
1	T ₀ t ₀	% h	% C.C	% G.P
2	T ₁ t ₁			
	T ₁ t ₂			
	T ₁ t ₃			
3	T ₂ t ₁			
	T ₂ t ₂			
	T ₂ t ₃			

(Fuente:Natali Martínez, Jéssica Paredes)

*%h= Porcentaje de humedad del cereal

*%C.C= Porcentaje de Contenido de cáscara del cereal descascarado

*%G.P.=Porcentaje de Granos Partidos del cereal descascarado

3.3.2.1.1 Porcentaje de Humedad

3.3.2.1.1.1 Cebada malta

3.3.2.1.1.1.1 Tratamiento 1

Tabla 3.3.2.1.1.1-1 Resultados del % Humedad Tratamiento 1, cebada malta

Temperatura de secado	Muestra	% Humedad
Tal cual como viene del mercado.	1	13
	2	14
	3	11,5

(Fuente: Natali Martínez, Jéssica Paredes)

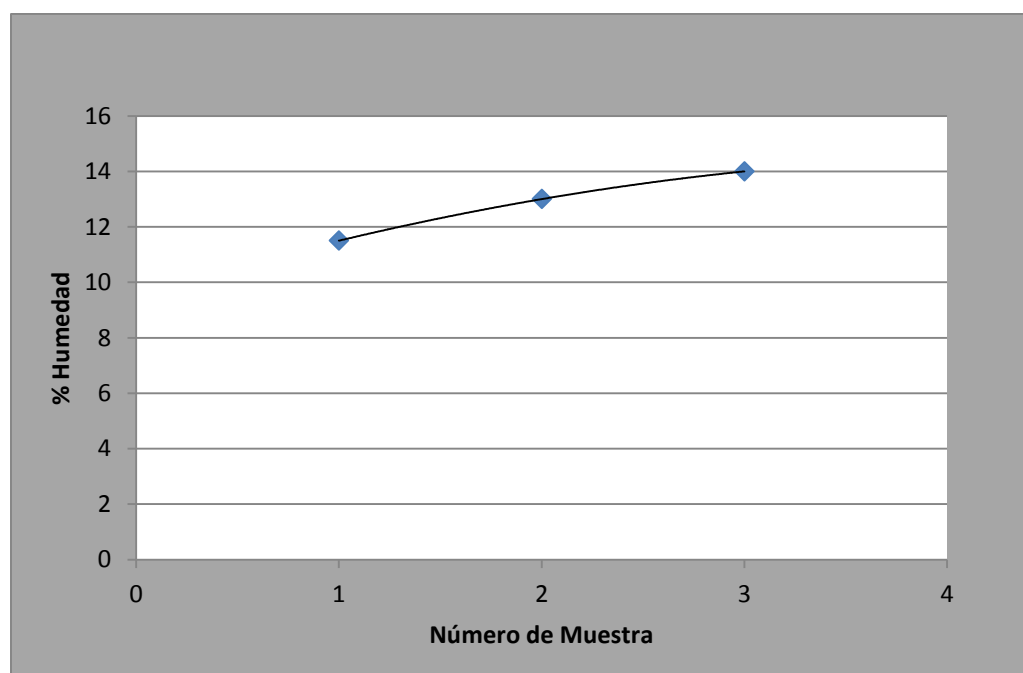


Gráfico 3.3.2.1.1.1-1 Porcentaje de Humedad vs Número de muestra Tratamiento 1, cebada malta

(Fuente: Natali Martínez, Jéssica Paredes)

3.3.2.1.1.1.2 Tratamiento 2

Tabla 3.3.2.1.1.1.2-1 Resultados del % Humedad Tratamiento 2, cebada malta

Temperatura de secado	Tiempo (h)	% Humedad
62°C	2	9
	4	7,5
	6	5

(Fuente: Natali Martínez, Jéssica Paredes)

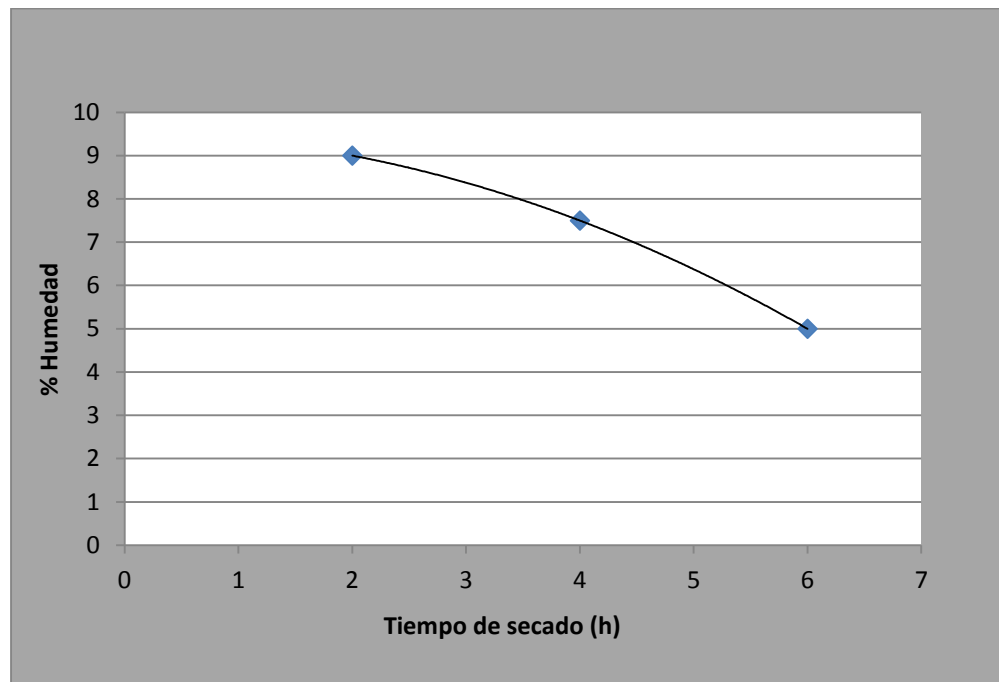


Gráfico 3.3.2.1.1.1.2-1 Porcentaje de Humedad vs Tiempo de secado, Tratamiento 2, cebada malta.

(Fuente: Natali Martínez, Jéssica Paredes)

3.3.2.1.1.1.3 Tratamiento 3

Tabla 3.3.2.1.1.1.3-1 Resultados del % Humedad Tratamiento 3, cebada malta.

Temperatura de secado	Tiempo (h)	% Humedad
100°C.	2	7
	4	5
	6	4

(Fuente:Natali Martínez, Jéssica Paredes)

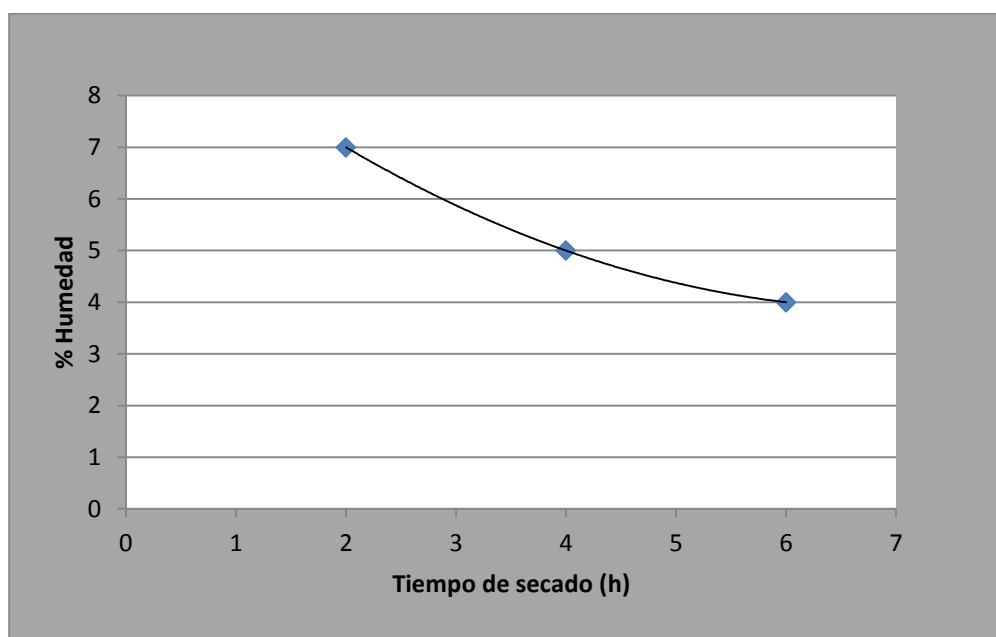


Gráfico 3.3.2.1.1.1.3-1 Porcentaje de Humedad vs Tiempo de secado Tratamiento 3, cebada malta.

(Fuente:Natali Martínez, Jéssica Paredes)

3.3.2.1.1.2 Cebada Nacional

3.3.2.1.1.2.1 Tratamiento 1

Tabla 3.3.2.1.1.2.1-1 Resultados del % Humedad Tratamiento 1, cebada nacional.

Temperatura de secado	Muestra	% Humedad
Tal cual como viene del mercado	1	13,5
	2	13,8
	3	11,3

(Fuente: Natali Martínez, Jéssica Paredes)

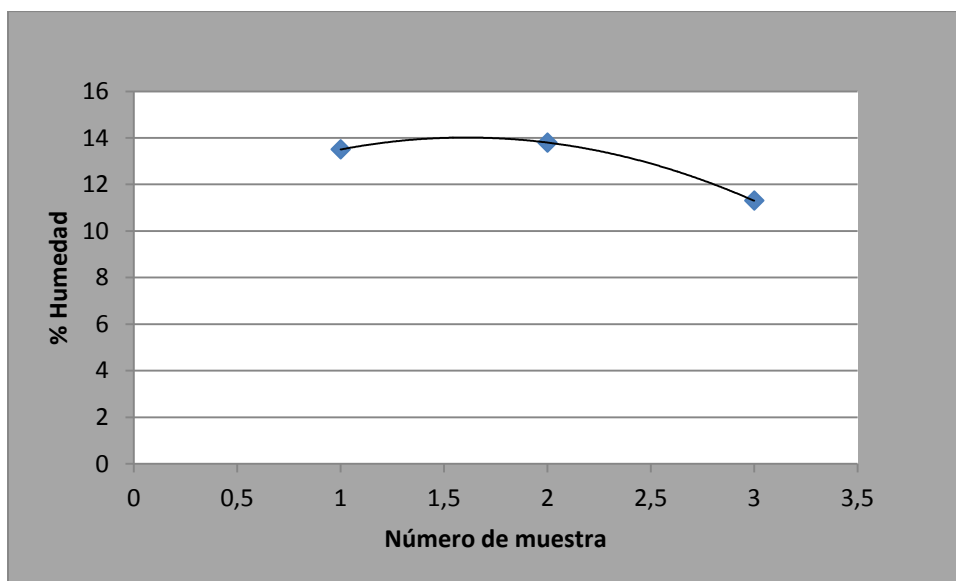


Gráfico 3.3.2.1.1.2.1-1 Porcentaje de Humedad vs Número de muestra Tratamiento 1, cebada nacional.

(Fuente: Natali Martínez, Jéssica Paredes)

3.3.2.1.1.2.2 Tratamiento 2

Tabla 3.3.2.1.1.2.2-1 Resultados del % Humedad Tratamiento 2, cebada nacional.

Temperatura de secado	Tiempo (h)	% Humedad
62°C	2	7,5
	4	7
	6	6

(Fuente: Natali Martínez, Jéssica Paredes)

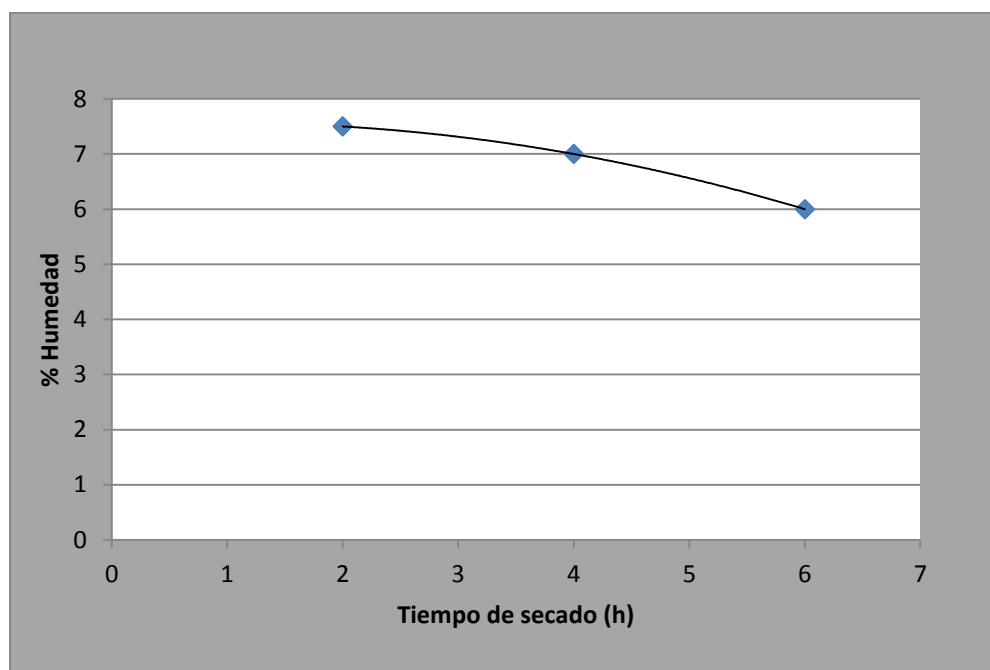


Gráfico 3.3.2.1.1.2.2-1 Porcentaje de Humedad vs Tiempo de secado

Tratamiento 2, cebada nacional.

(Fuente: Natali Martínez, Jéssica Paredes)

3.3.2.1.1.2.3 Tratamiento 3

Tabla 3.3.2.1.1.2.3-1 Resultados del % Humedad Tratamiento 3, cebada nacional.

Temperatura de secado	Tiempo (h)	% Humedad
100°C	2	6,6
	4	5
	6	4,5

(Fuente: Natali Martínez, Jéssica Paredes)

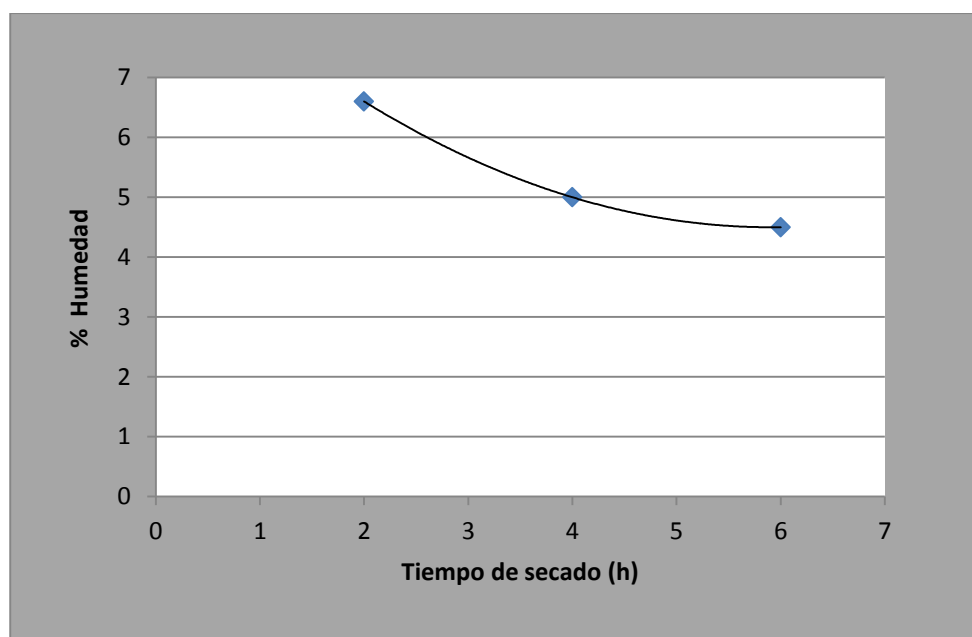


Gráfico 3.3.2.1.1.2.3-1 Porcentaje de Humedad vs Tiempo de secado
Tratamiento 3 ,cebada nacional.

(Fuente: Natali Martínez, Jéssica Paredes)

3.3.2.1.1.3 Trigo

3.3.2.1.1.3.1 Tratamiento 1

Tabla 3.3.2.1.1.3.1-1 Resultados del % Humedad del trigo Tratamiento 1, trigo.

Temperatura de secado	Muestra	% Humedad
Tal cual como viene del mercado	1	12,9
	2	13
	3	8,9

(Fuente: Natali Martínez, Jéssica Paredes)

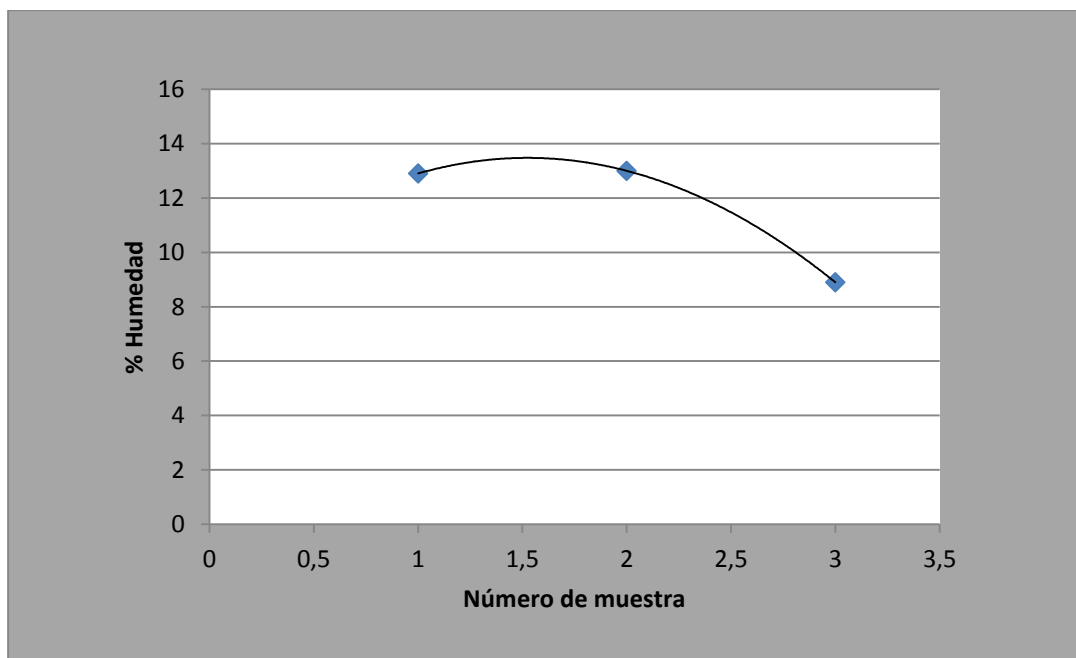


Gráfico 3.3.2.1.1.3.1-1 Porcentaje de Humedad vs Número Tratamiento 1, trigo.

(Fuente: Natali Martínez, Jéssica Paredes)

3.3.2.1.1.3.2 Tratamiento 2

Tabla 3.3.2.1.1.3.2-1 Resultados del % Humedad Tratamiento 2, trigo.

Temperatura de secado	Tiempo (h)	% Humedad
62°C	2	8,7
	4	7
	6	6,5

(Fuente:Natali Martínez, Jéssica Paredes)

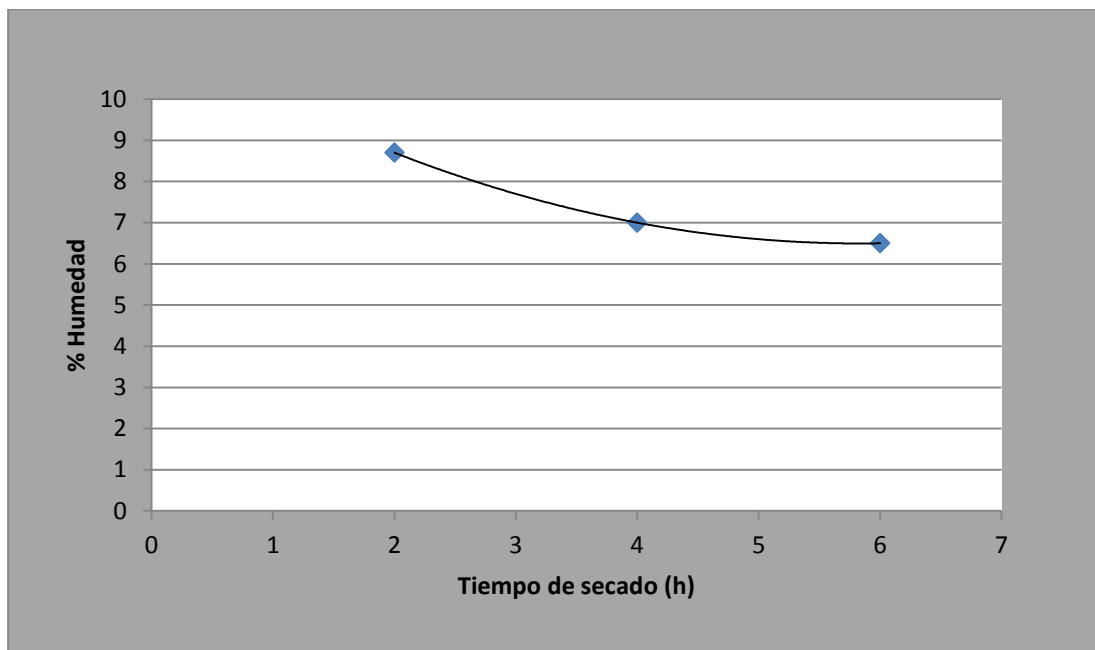


Gráfico 3.3.2.1.1.3.2-1 Porcentaje de Humedad vs Tiempo de secado
Tratamiento 2, trigo.

(Fuente:Natali Martínez, Jéssica Paredes)

3.3.2.1.1.3.3 Tratamiento 3

Tabla 3.3.2.1.1.3.3-1 Resultados del % Humedad Tratamiento 3, trigo.

Temperatura de secado	Tiempo (h)	% Humedad
100°C	2	7,2
	4	5,5
	6	4

(Fuente:Natali Martínez, Jéssica Paredes)

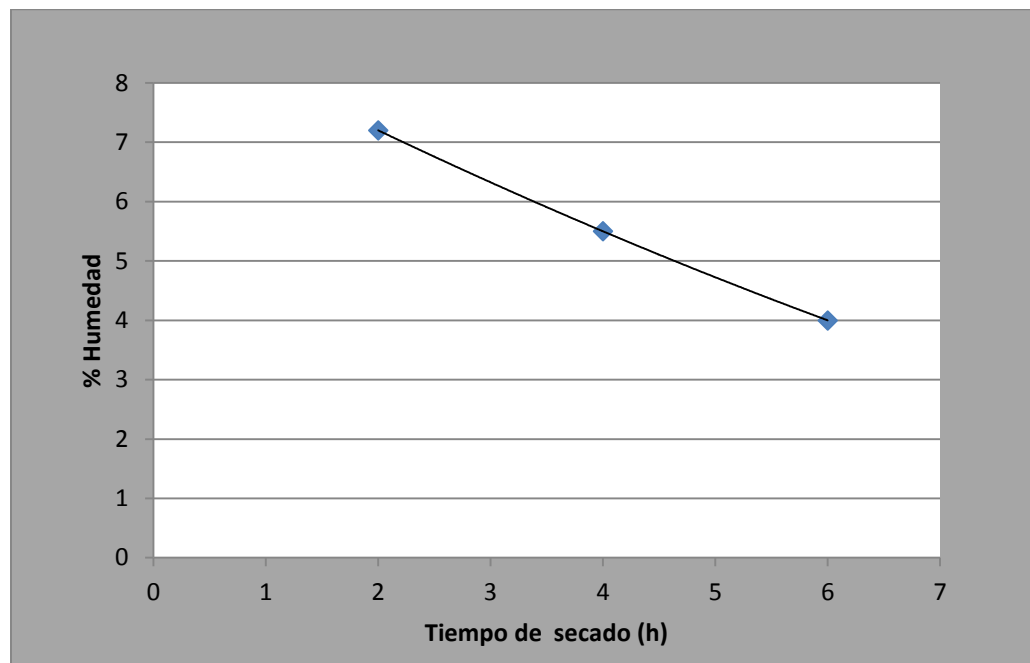


Gráfico 3.3.2.1.1.3.3-1 Porcentaje de Humedad vs Tiempo de secado
Tratamiento 3, trigo.

(Fuente:Natali Martínez, Jéssica Paredes)

3.3.2.1.2 Contenido de cáscara

3.3.2.1.2.1 Cebada malta

3.3.2.1.2.1.1 Tratamiento 1

Tabla 3.3.2.1.2.1.1-1 Resultados del contenido de cáscara Tratamiento 1 cebada malta.

Temperatura de secado	% Humedad	Masa de la muestra %	Masa de granos descascarados %	% Contenido de Cáscara
Tal cual como viene del mercado	11,5	100,061	90,454	9,6
	13	100,123	90,9005	9,2
	14	100,134	91,044	9,1

(Fuente:Natali Martínez, Jéssica Paredes)

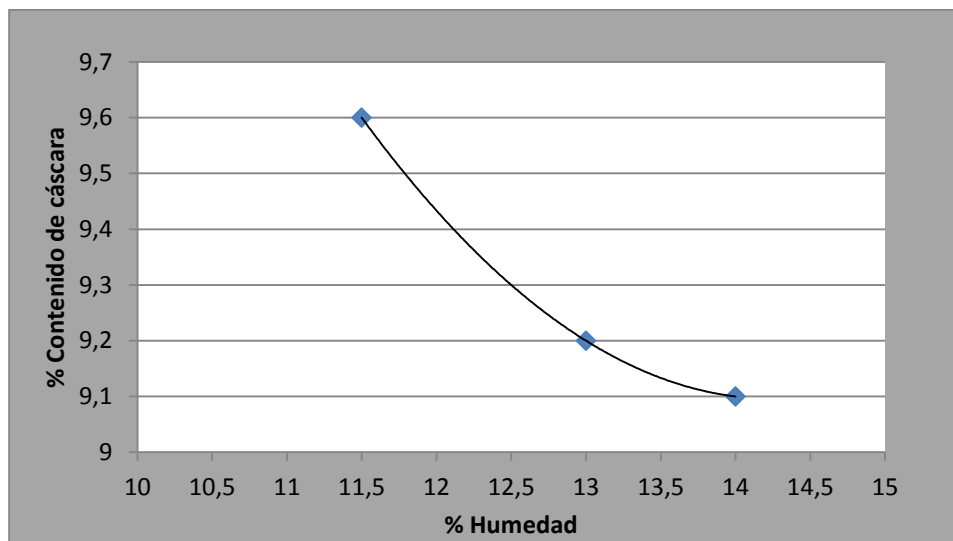


Gráfico 3.3.2.1.2.1.1-1 Porcentaje de Humedad vs Contenido de cáscara Tratamiento 1, cebada malta.

(Fuente:Natali Martínez, Jéssica Paredes)

3.3.2.1.2.1.2 Tratamiento 2

Tabla 3.3.2.2.1.2-1 Resultados del contenido de cáscara Tratamiento 2, cebada malta.

Temperatura de secado	% Humedad	Masa de la muestra %	Masa de granos descascarados %	% Contenido de Cáscara
62°C	9	100,171	85,001	15,1
	7,5	100,1695	82,5005	17,6
	5	100,2655	81,9505	18,1

(Fuente:Natali Martínez, Jéssica Paredes)

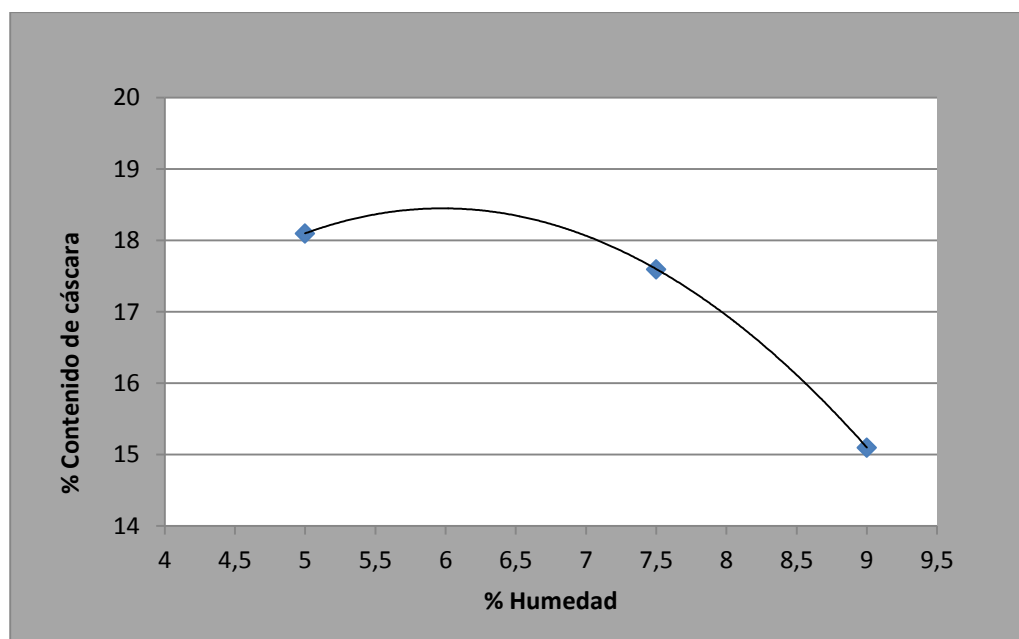


Gráfico 3.3.2.1.2.1.2-1 Porcentaje de Humedad vs Contenido de cáscara Tratamiento 2, cebada malta

(Fuente:Natali Martínez, Jéssica Paredes)

3.3.2.1.2.1.3 Tratamiento 3

Tabla 3.3.2.2.1.3-1 Resultados del contenido de cáscara Tratamiento 3, cebada malta.

Temperatura de secado	% Humedad	Masa de la muestra %	Masa de granos descascarados %	% Contenido de Cáscara
100°C	7	100,067	83,9545	16,1
	5	100,1195	81,9595	18,1
	4	100,228	80,3955	19,8

(Fuente: Natali Martínez, Jéssica Paredes)

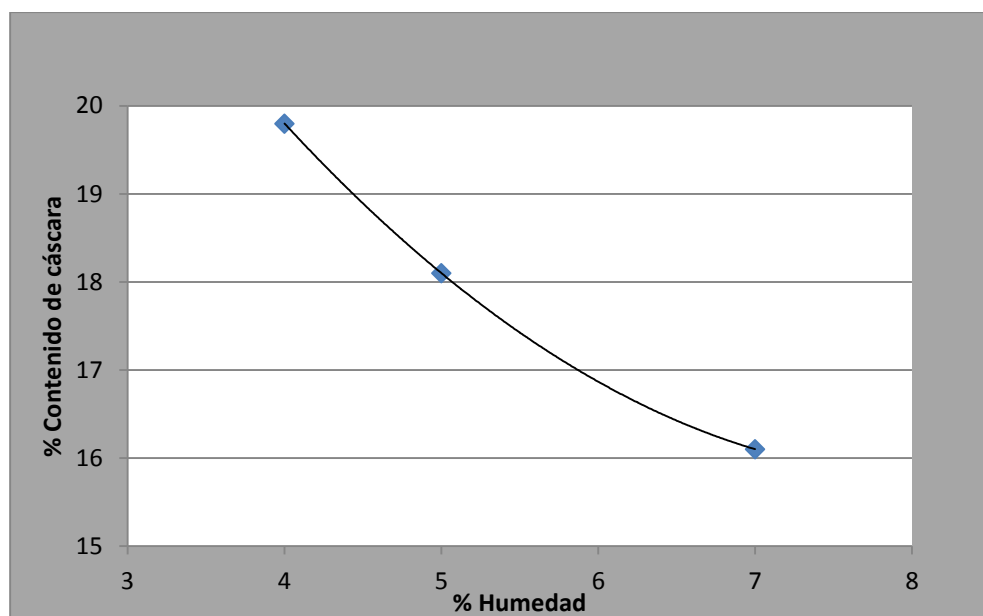


Gráfico 3.3.2.1.2.1.3-1 Porcentaje de Humedad vs Contenido de cáscara Tratamiento 3, cebada malta.

(Fuente: Natali Martínez, Jéssica Paredes)

3.3.2.1.2.2 Cebada Nacional

3.3.2.1.2.2.1 Tratamiento 1

Tabla 3.3.2.2.1-1 Resultados del contenido de cáscara Tratamiento 1, cebada nacional.

Temperatura de secado	% Humedad	Masa de la muestra %	Masa de granos descascarados %	% Contenido de Cáscara
Tal cual como viene del mercado	11,3	100,028	89,5455	10,5
	13,5	100,2835	90,635	9,6
	13,8	100,039	90,5355	9,5

(Fuente:Natali Martínez, Jéssica Paredes)

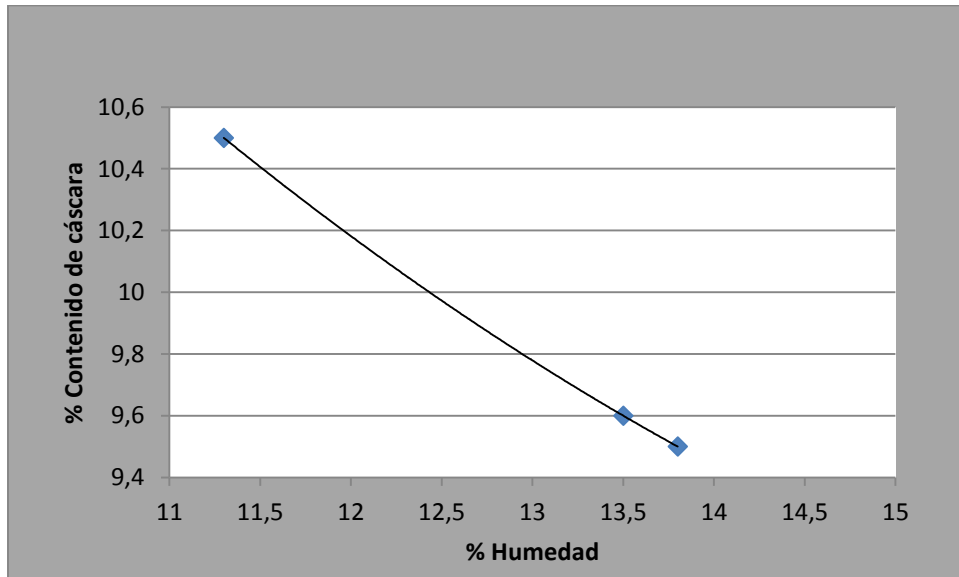


Gráfico 3.3.2.1.2.2.1-1 Porcentaje de Humedad vs Contenido de cáscara Tratamiento 1,cebada nacional.

(Fuente:Natali Martínez, Jéssica Paredes)

3.3.2.1.2.2.2 Tratamiento 2

Tabla 3.3.2.1.2.2.2-1 Resultados del contenido de cáscara Tratamiento 2, cebada nacional.

Temperatura de secado	% Humedad	Masa de la muestra %	Masa de granos descascarados %	% Contenido de Cáscara
62°C	7,5	100,011	85,692	14,3
	7	100,4115	85,4515	14,9
	6	100,59	84,891	15,6

(Fuente: Natali Martínez, Jéssica Paredes)

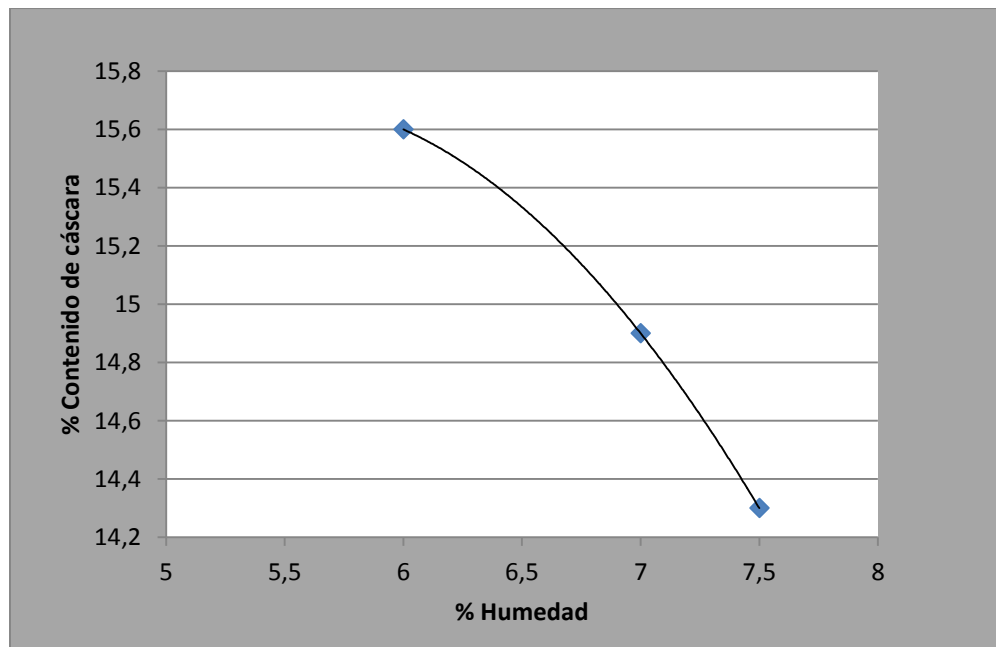


Gráfico 3.3.2.1.2.2.2-1 Porcentaje de Humedad vs Contenido de cáscara Tratamiento 2, cebada nacional.

(Fuente: Natali Martínez, Jéssica Paredes)

3.3.2.1.2.2.3 Tratamiento 3

Tabla 3.3.2.1.2.2.3-1 Resultados del contenido de cáscara Tratamiento 3, cebada nacional.

Temperatura de secado	% Humedad	Masa de la muestra %	Masa de granos descascarados %	% Contenido de Cáscara
100°C	6,6	100,0675	85,002	15,1
	5	100,0115	83,4115	16,6
	4,5	100,06	81,891	18,2

(Fuente: Natali Martínez, Jéssica Paredes)

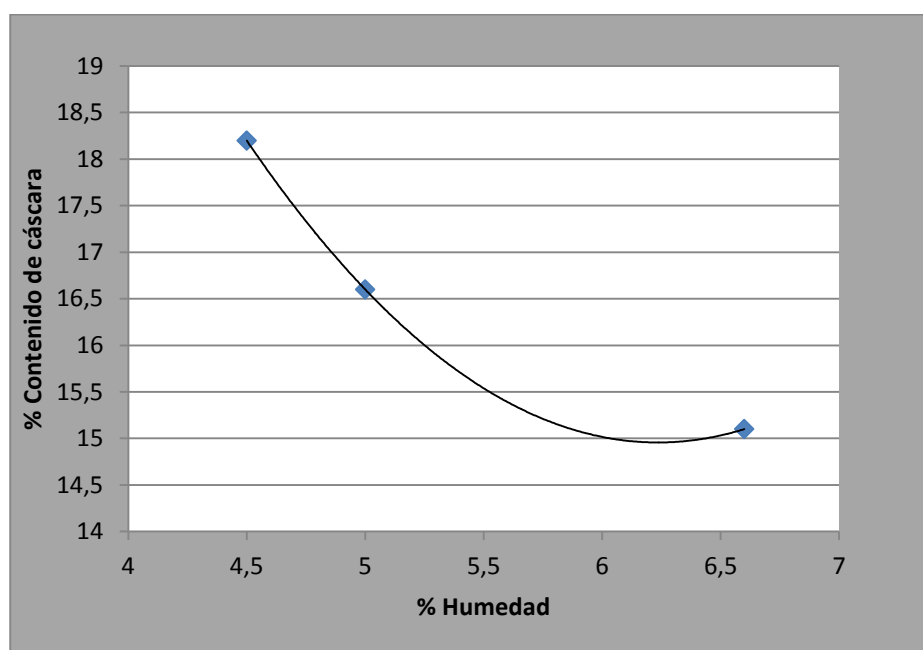


Gráfico 3.3.2.1.2.2.3-1 Porcentaje de Humedad vs Contenido de cáscara Tratamiento 3, cebada nacional.

(Fuente: Natali Martínez, Jéssica Paredes)

3.3.2.1.2.3 Trigo

3.3.2.1.2.3.1 Tratamiento 1

Tabla 3.3.2.2.3.1-1 Resultados del contenido de cáscara Tratamiento 1, trigo.

Temperatura de secado	% Humedad	Masa de la muestra %	Masa de granos descascarados %	% Contenido de Cáscara
Tal cual como viene del mercado	8,9	100,4945	95,646	4,8
	12,9	100,0335	95,4895	4,5
	13	100,4905	96,205	4,3

(Fuente:Natali Martínez, Jéssica Paredes)

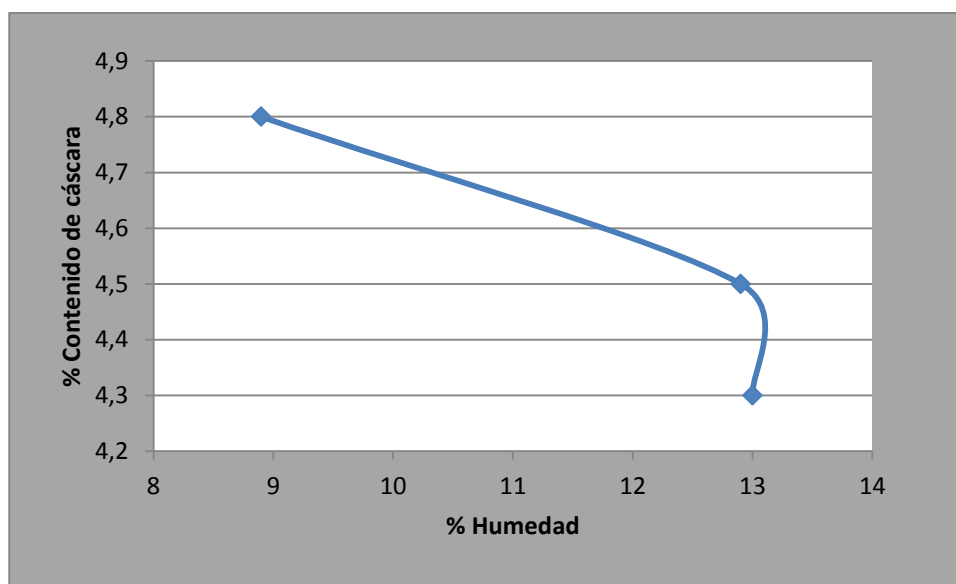


Gráfico 3.3.2.1.2.3.1-1 Porcentaje de Humedad vs Contenido de cáscara Tratamiento 1, trigo.

(Fuente:Natali Martínez, Jéssica Paredes)

3.3.2.1.2.3.2 Tratamiento 2

Tabla 3.3.2.2.3.2-1 Resultados del contenido de cáscara Tratamiento 2, trigo.

Temperatura de secado	% Humedad	Masa de la muestra %	Masa de granos descascarados %	% Contenido de Cáscara
62°C	8,7	100,1635	93,0765	7,1
	7	100,0115	91,4975	8,5
	6,5	100,1585	90,82	9,3

(Fuente:Natali Martínez, Jéssica Paredes)

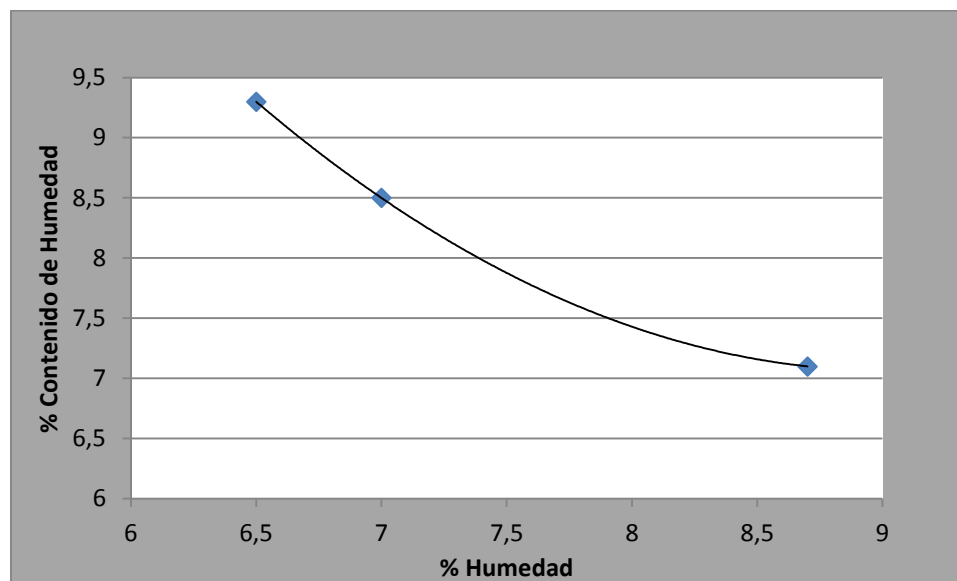


Gráfico 3.3.2.1.2.3.2-1 Porcentaje de Humedad vs Contenido de cáscara Tratamiento 2, trigo.

(Fuente:Natali Martínez, Jéssica Paredes)

3.3.2.1.2.3.3 Tratamiento 3

Tabla 3.3.2.2.3.3-1 Resultados del contenido de cáscara Tratamiento 3, trigo.

Temperatura de secado	% Humedad	Masa de la muestra %	Masa de granos descascarados %	% Contenido de Cáscara
100°C	7,2	100,1435	90,635	8,8
	5,5	100,2015	90,5355	9,4
	4	100,1085	90,42	9,7

(Fuente: Natali Martínez, Jéssica Paredes)

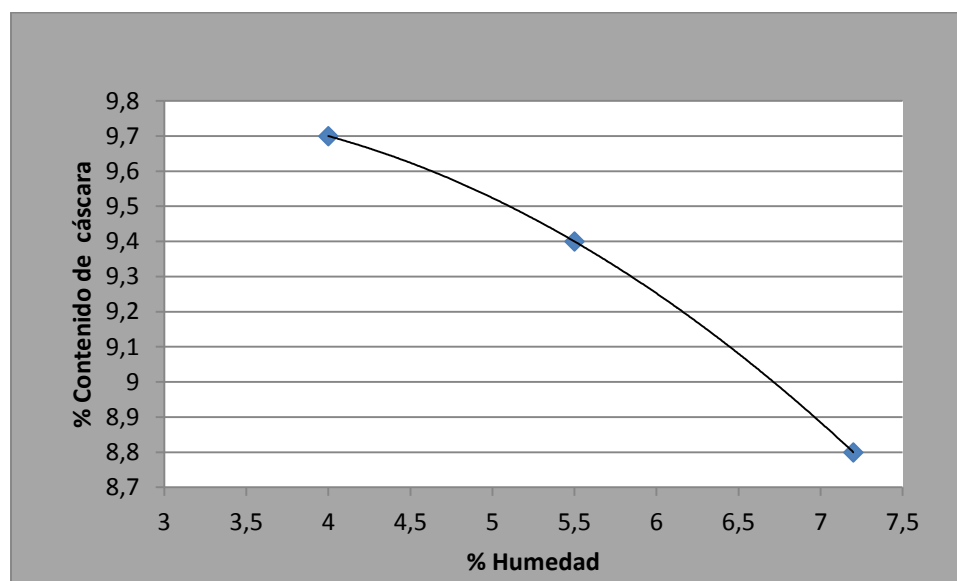


Gráfico 3.3.2.1.2.3.3-1 Porcentaje de Humedad vs Contenido de cáscara, Tratamiento 3, trigo.

(Fuente: Natali Martínez, Jéssica Paredes)

3.3.2.1.3 Granos Partidos.

3.3.2.1.3.1 Cebada Malta

3.3.2.1.3.1.1 Tratamiento 1

Tabla 3.3.2.1.3.1.1-1 Resultados de granos partidos Tratamiento 1, cebada malta.

Temperatura de secado	% Humedad	Masa de muestra limpia (gr)	Masa de granos Partidos (gr)	GP Contenido de granos partidos %
Tal como viene del mercado	11,5	25,0067	0,931	3,7
	13	25,1046	0,525	2,1
	14	26,0513	0,502	1,9

(Fuente:Natali Martínez, Jéssica Paredes)

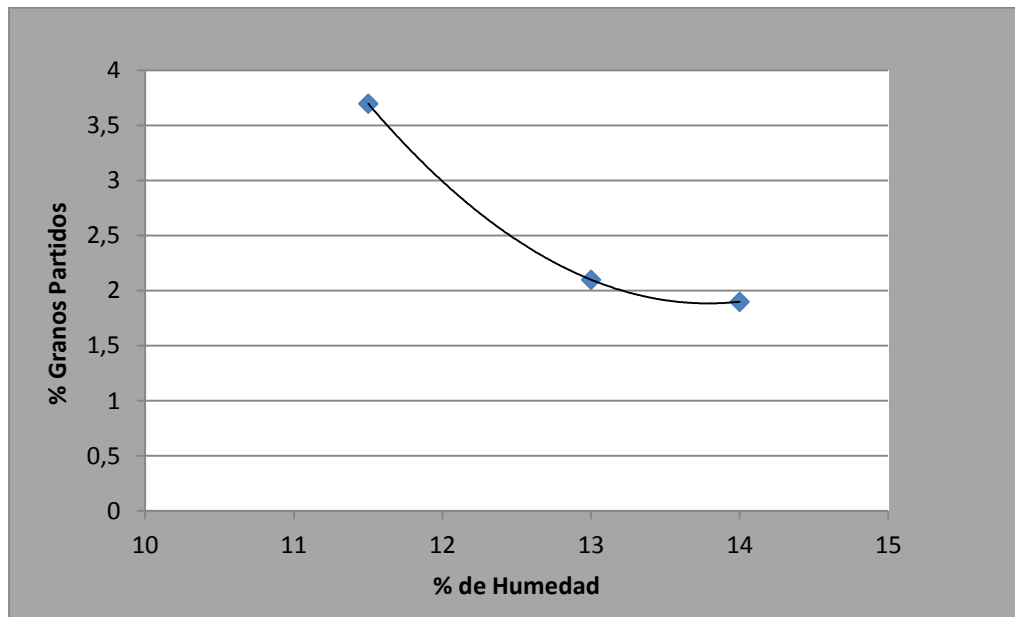


Gráfico 3.3.2.1.3.1.1-1 Porcentaje de Humedad vs % Granos Partidos
Tratamiento 1, cebada malta.

(Fuente:Natali Martínez, Jéssica Paredes)

3.3.2.1.3.1.2 Tratamiento 2

Tabla 3.3.2.1.3.1.2-1 Resultados de granos partidos Tratamiento 2, cebada malta.

Temperatura de secado	% Humedad	Masa de muestra limpia (gr)	Masa de granos Partidos (gr)	GP Contenido de granos partidos %
62°C	9	25,1849	2,0858	8,3
	7,5	25,0123	2,3971	9,6
	5	25,0007	2,5624	10,2

(Fuente:Natali Martínez, Jéssica Paredes)

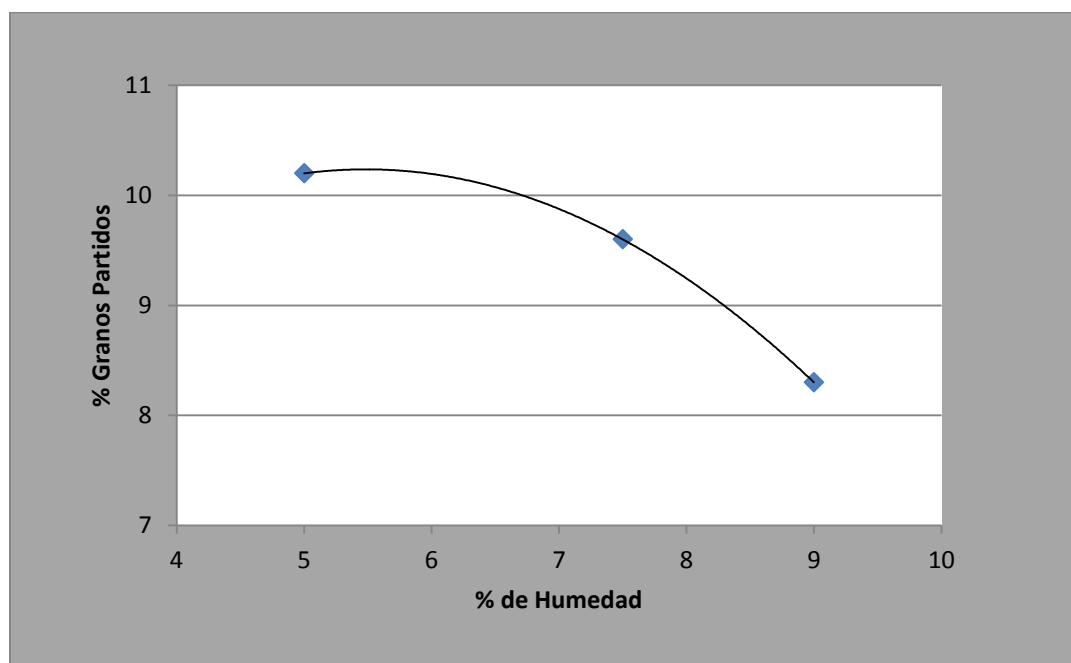


Gráfico 3.3.2.1.3.1.2-1 Porcentaje de Humedad vs % Granos Partidos Tratamiento 2, cebada malta.

(Fuente:Natali Martínez, Jéssica Paredes)

3.3.2.1.3.1.3 Tratamiento 3

Tabla 3.3.2.1.3.1.3-1 Resultados de granos partidos Tratamiento 3, cebada malta.

Temperatura de secado	% Humedad	Masa de muestra limpia (gr)	Masa de granos Partidos (gr)	GP Contenido de granos partidos %
100°C	7	25,0134	2,0167	8,1
	5	25,0239	2,6956	10,8
	4	25,0056	3,0452	12,2

(Fuente:Natali Martínez, Jéssica Paredes)

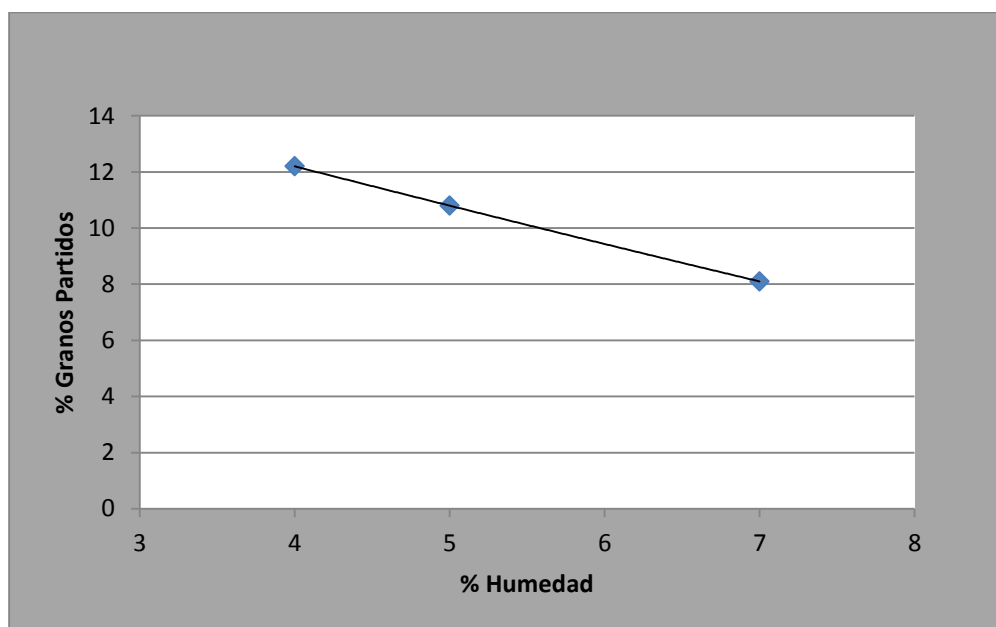


Gráfico 3.3.2.1.3.1.3-1 Porcentaje de Humedad vs % Granos Partidos Tratamiento 3,cebada malta.

(Fuente:Natali Martínez, Jéssica Paredes)

3.3.2.1.3.2 Cebada Nacional

3.3.2.1.3.2.1 Tratamiento 1

Tabla 3.3.2.1.3.2.1-1 Resultados de granos partidos Tratamiento 1, cebada nacional.

Temperatura de secado	% Humedad	Masa de muestra limpia (gr)	Masa de granos Partidos (gr)	GP Contenido de granos partidos %
Tal cual como viene del mercado	11,3	25,0178	0,9647	3,9
	13,5	25,0126	0,659	2,6
	13,8	25,0119	0,6304	2,5

(Fuente:Natali Martínez, Jéssica Paredes)

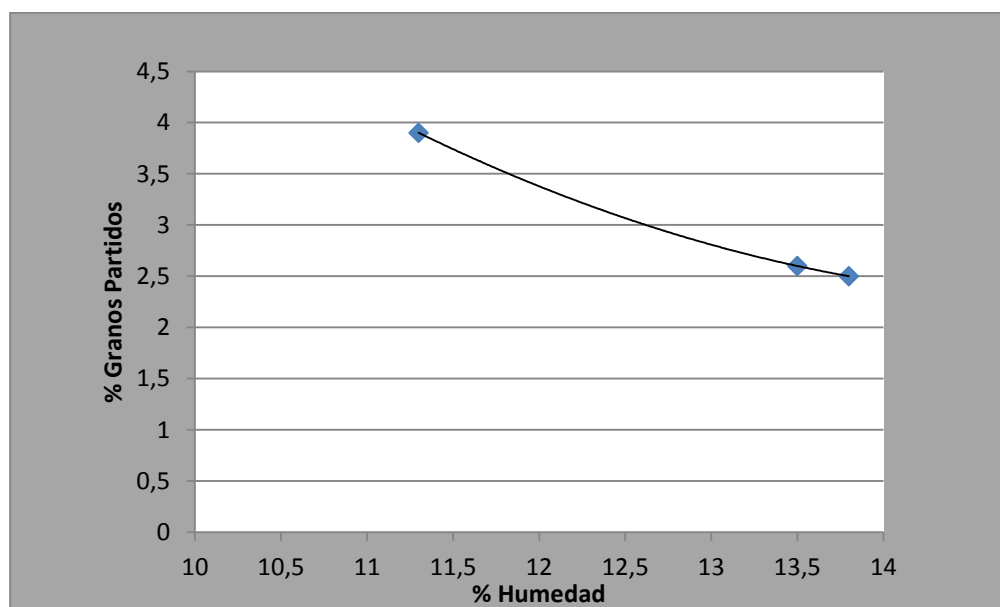


Gráfico 3.3.2.1.3.2.1-1 Porcentaje de Humedad vs % Granos Partidos Tratamiento 1, cebada nacional.

(Fuente:Natali Martínez, Jéssica Paredes)

3.3.2.3.2.2 Tratamiento 2

Tabla 3.3.2.1.3.2.2-1 Resultados de granos partidos Tratamiento 2, cebada nacional.

Temperatura de secado	% Humedad	Masa de muestra limpia (gr)	Masa de granos Partidos (gr)	GP Contenido de granos partidos %
62°C	7,5	25,2493	2,1851	8,7
	7	25,0178	2,3595	9,4
	6	25,0563	2,4188	9,7

(Fuente: Natali Martínez, Jéssica Paredes)

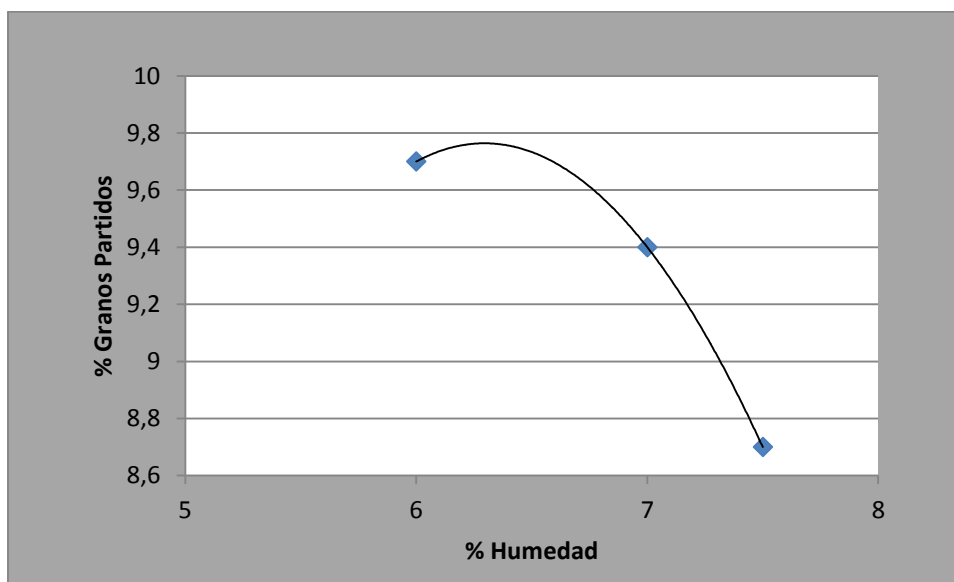


Gráfico 3.3.2.1.3.2.2-1 Porcentaje de Humedad vs % Granos Partidos Tratamiento 2, cebada nacional.

(Fuente: Natali Martínez, Jéssica Paredes)

3.3.2.1.3.2.3 Tratamiento 3

Tabla 3.3.2.1.3.2.3-1 Resultados de granos partidos Tratamiento 3, cebada nacional.

Temperatura de secado	% Humedad	Masa de muestra limpia (gr)	Masa de granos Partidos (gr)	GP Contenido de granos partidos %
100°C	6,6	25,0134	2,4871	9,9
	5	25,0139	2,759	11
	4,5	25,0456	2,8791	11,5

(Fuente:Natali Martínez, Jéssica Paredes)

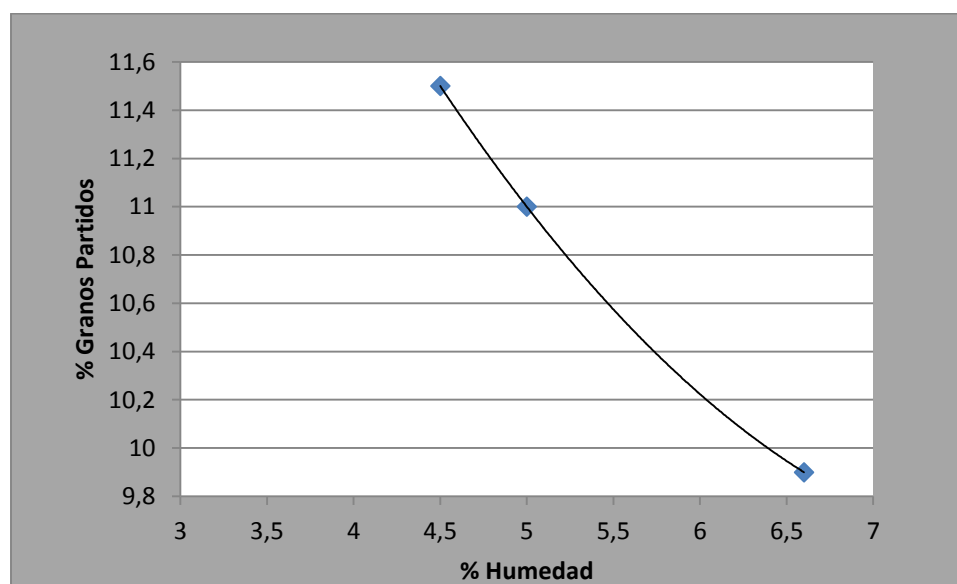


Gráfico 3.3.2.1.3.2.3-1 Porcentaje de Humedad vs % Granos Partidos Tratamiento 2, cebada nacional.

(Fuente:Natali Martínez, Jéssica Paredes)

3.3.2.1.3.3 Trigo.

3.3.2.1.3.3.1 Tratamiento 1

Tabla 3.3.2.1.3.3.1-1 Resultados de granos partidos Tratamiento 1, trigo.

Temperatura de secado	% Humedad	Masa de muestra limpia (gr)	Masa de granos Partidos (gr)	GP Contenido de granos partidos %
Tal cual como viene del mercado	8,9	25,0045	0,5108	2
	12,9	25,0053	0,467	1,9
	13	25,0353	0,317	1,3

(Fuente:Natali Martínez, Jéssica Paredes)

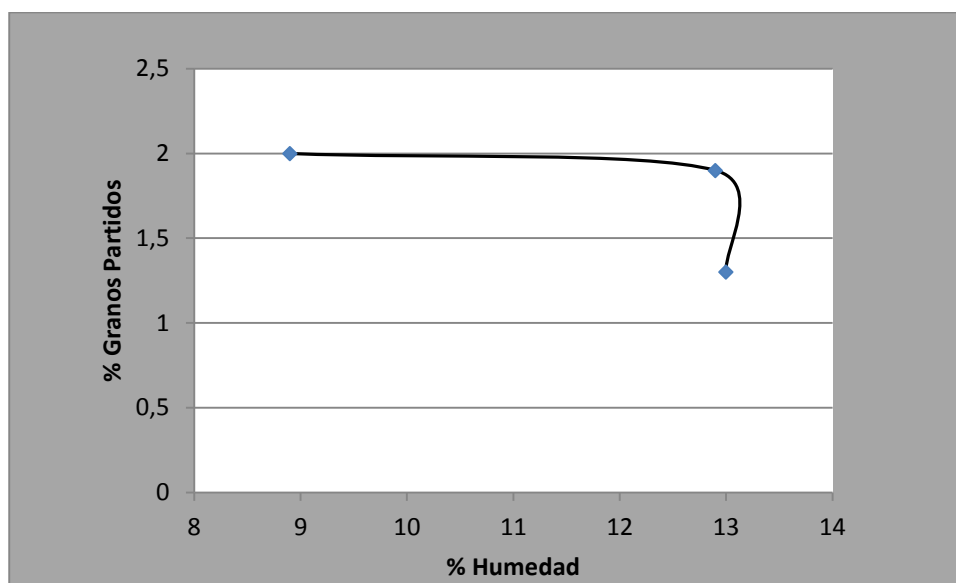


Gráfico 3.3.2.1.3.3.1-1 Porcentaje de Humedad vs % Granos Partidos Tratamiento 1, trigo.

(Fuente:Natali Martínez, Jéssica Paredes)

3.3.2.1.3.3.2 Tratamiento 2

Tabla 3.3.2.1.3.3.2-1 Resultados de granos partidos Tratamiento 2, trigo.

Temperatura de secado	% Humedad	Masa de muestra limpia (gr)	Masa de granos Partidos (gr)	GP Contenido de granos partidos %
62°C	8,7	25,0158	0,7461	3
	7	25,181	0,8279	3,3
	6,5	25,0222	0,9078	3,6

(Fuente:Natali Martínez, Jéssica Paredes)

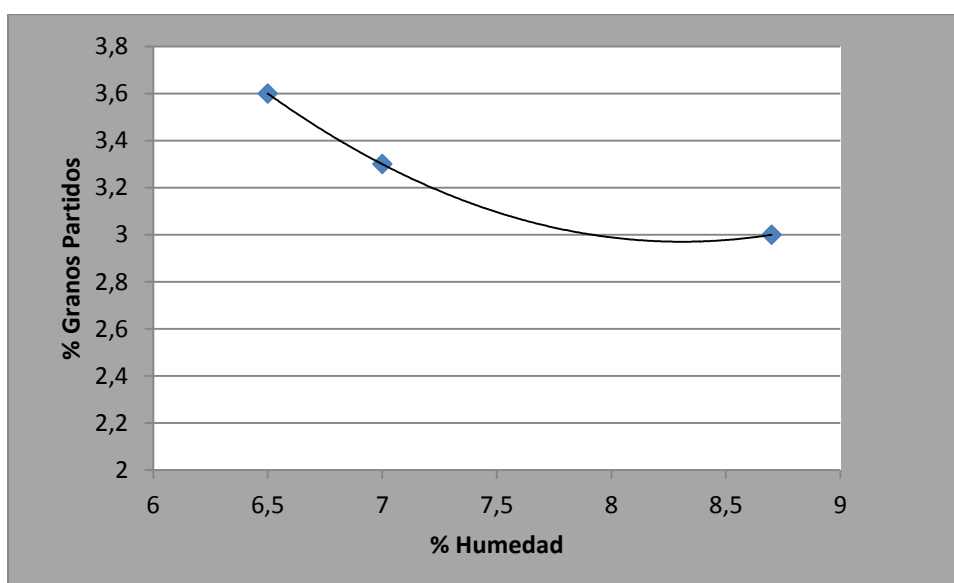


Gráfico 3.3.2.1.3.3.2-1 Porcentaje de Humedad vs % Granos Partidos Tratamiento 2, trigo.

(Fuente:Natali Martínez, Jéssica Paredes)

3.3.2.1.3.3.3 Tratamiento 3

Tabla 3.3.2.1.3.3.3-1 Resultados de granos partidos Tratamiento 3, trigo.

Temperatura de secado	% Humedad	Masa de muestra limpia (gr)	Masa de granos Partidos (gr)	GP Contenido de granos partidos %
100°C	7,2	25,0112	0,896	3,6
	5,5	25,0191	0,9979	4
	4	25,0122	1,1078	4,4

(Fuente:Natali Martínez, Jéssica Paredes)

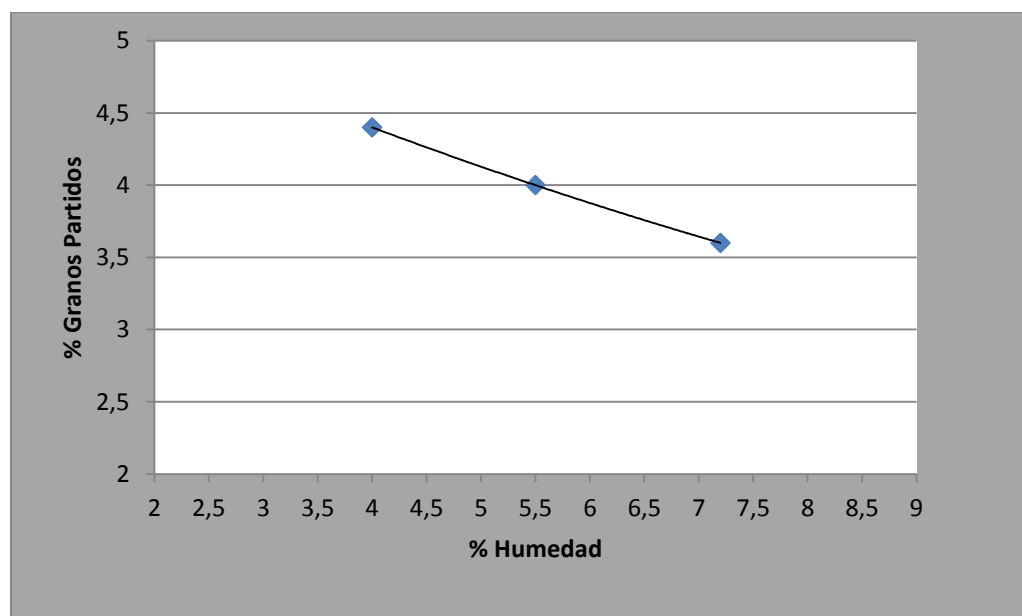


Gráfico 3.3.2.1.3.3.3-1 Porcentaje de Humedad vs % Granos Partidos Tratamiento 2, trigo.

(Fuente:Natali Martínez, Jéssica Paredes)

3.3.2.2 Capacidad del procesamiento en el descascarador.

Tabla 3.3.2.2-1 Capacidad de procesamiento en el descascarador.

Cereal Procesado (Cebada malta, cebada nacional, trigo) (kg)	Tiempo de Procesamiento. (Min)	Capacidad (Kg/h)
0,454	4	6,81
1	6	10
1,5	7	12,85
2	9	13,33
3	12	15,00
4	15	16,00

(Fuente:Natali Martínez, Jéssica Paredes)

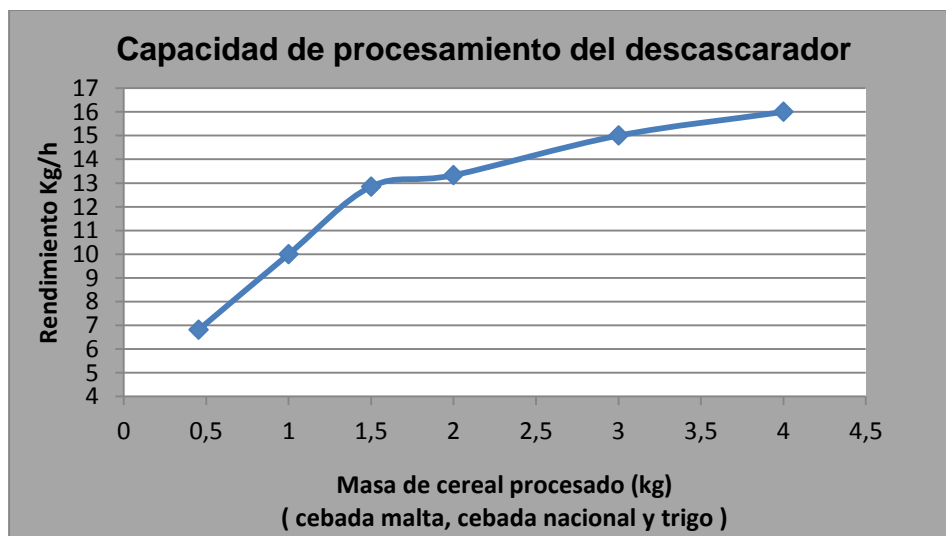


Gráfico 3.3.2.2-1 Capacidad de procesamiento del descascarador.

(Fuente: Natali Martínez, Jéssica Paredes)

En cada prueba se necesita 1 sola pasada de los cereales a través de la máquina.

3.3.2.3 Balance de masa



Gráfico 3.3.2.3-1 Esquema del balance de masa.

(Fuente: Natali Martínez, Jéssica Paredes)

Balance general.

$$A=B+C+D$$

$$907,2 \text{ gr} = (22,68 \text{ gr}) + (45,36 \text{ gr}) + (22,69 \text{ gr} + 802,9 \text{ gr})$$

$$907,2 \text{ gr} = 893,63 \text{ gr}$$

Es decir hay una pérdida pequeña de masa de 13,3 gr que representa el 1,5 %, debido a que se elimina polvo en el proceso del descascarillado.

Entonces se tiene:

- Grano sin procesar: 0,9072 Kg (100%)
- Grano procesado: 0,8029 Kg (88,5%)
- Cáscara más polvillo: 0,1043 Kg (11,5%)

CAPITULO IV

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

- El valor estimado (teórico) y el valor operacional (práctico) en la valoración del diseño, al descascarar 0,454 Kg de cereal es: teórico 10 minutos, operacionalmente 4 minutos, esto indica una mejora notable en el rendimiento del proceso.
- El porcentaje de contenido de cáscara y el porcentaje de granos partidos más bajos se detecta en el Tratamiento 1 que corresponde al rango de porcentaje de humedad tal cual como viene del mercado: cebada malta (11,5-14%), cebada nacional (11,3-13,8%), trigo (8,9-13%) en 4 minutos de descascarado.

Tabla 5-1 Resultados del Tratamiento 1.

	% Humedad	% Contenido de Cáscara	% Granos Partidos
Cebada Malta	11,5	9,6	3,7
	13	9,2	2,1
	14	9,1	1,9
Cebada Nacional	11,3	10,5	3,9
	13,5	9,6	2,6
	13,8	9,5	2,5
Trigo	8,9	4,8	2
	12,9	4,5	1,9
	13	4,3	1,3

(Fuente: Natali Martínez, Jéssica Paredes)

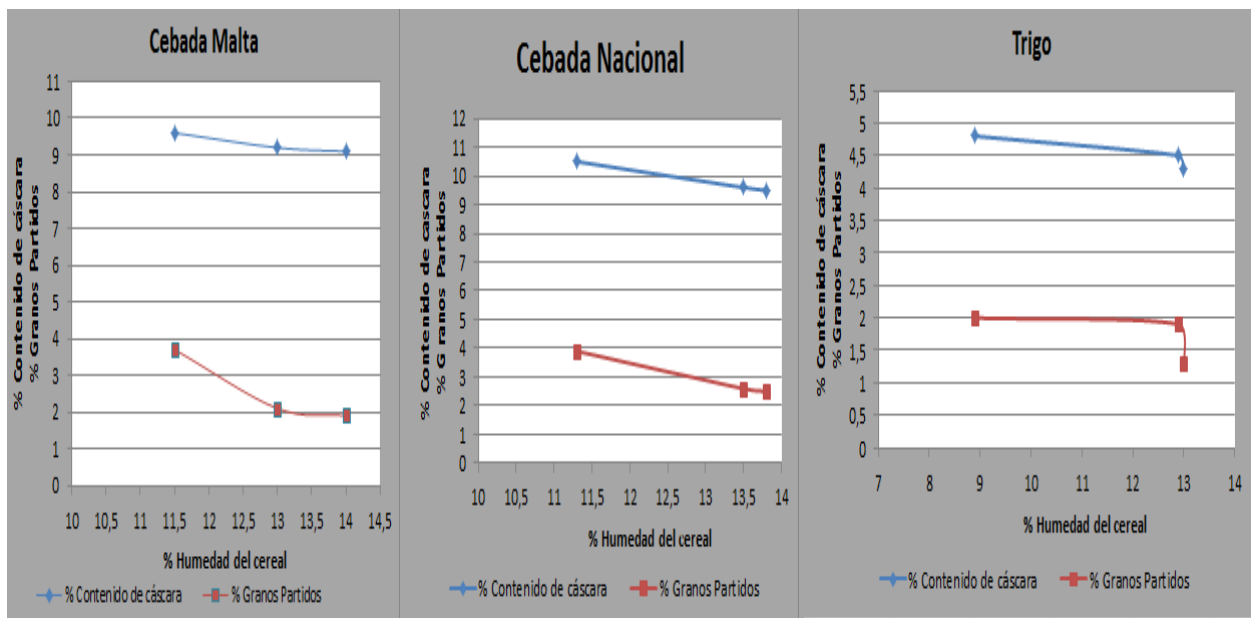


Gráfico 5-1 Resultados del Tratamiento 1.

(Fuente: Natali Martínez, Jéssica Paredes)

La relación del porcentaje de humedad vs porcentaje de contenido de cáscara y porcentaje de granos partidos es inversamente proporcional, es decir que mientras aumenta el % de humedad en el rango determinado, disminuye los valores de estos dos parámetros.

El rendimiento del descascarado se refleja principalmente en el % de grano partido según Norma INEN 1236, al descascarar 0,454 Kg de cereal se tiene el rendimiento teórico 90-95% y el rendimiento operacional: **cebada malta** 97,5 %, **cebada nacional** 97% y **el trigo** 98,3%, de esta manera se mejora el rendimiento del descascarado.

- La capacidad de trabajo de la máquina descascaradora de cebada y trigo es: mínima 6,81 Kg/h y la máxima 16,00 Kg/h, en una sola pasada de los cereales a través de la máquina; lo cual debe ser cumplido debido a que si se disminuyera existiría un alto % de contenido de cáscara y si se aumentará su capacidad presentaría un alto % de granos partidos.
- En el proceso del descascarado se obtiene: 88.5% de grano descascarado, 11,5 % de cáscara y polvillo eliminado.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones.

- La construcción del descascarador de cebada y trigo permite aplicar los conocimientos teóricos-prácticos recibidos en el proceso formativo del ingeniero químico.
- Las variables referentes para el diseño del descascarador son: número de paletas 8, velocidad de descascarado 5,77 m/s y presión de descascarado 12655 Pa.
- Determinadas las variables iniciales en la experimentación, se diseñael descascarador por abrasión física de acero inoxidable 304, constituido de 8 paletas que fricciona el cereal con una malla cuyas perforaciones son de 3 mm, un eje de 1 pulgada de diámetro de acero 414 , movido por un motor de 1 hp de potencia y cuyo sistema de reducción conforma la polea motriz pulg, polea conducida pulg, una banda en V.
- La construcción del descascarador de cebada y trigo muestra: fácil ensamblaje, materiales y elementos mecánicos de calidad y accesibles en el mercado nacional o local, nivel de seguridad suficiente a fin de preservar a las personas y bienes.
- La eficiencia del equipo se define a partir del % de contenido de cáscara y porcentaje de granos partidos.

- El descascador construido muestra que para 0,454 Kg se logra la mejor eficiencia cuando cumple las siguientes especificaciones: rango de porcentaje de humedad: cebada malta (11,5-14%), cebada nacional (11,3-13,8%), trigo (8,9-13%), tiempo de descascarado 4 minutos.
- Los porcentajes promedios más eficientes para las especificaciones óptimas mencionadas son: porcentaje de contenido de cáscara (cebada malta 9,3% , cebada nacional 9,9%, trigo 4,5%),y porcentaje de granos partidos (cebada malta 2,6% , cebada nacional 3%, trigo 1,7%).

5.2 Recomendaciones

- Para disminuir el % de polvillo de los cereales se recomienda tapar la tolva de alimentación .
- En la máquina se logro descascarar avena sin lograr apreciar el cereal descascarado debido al alto contenido de cáscaraseparada que no logro pasar por la malla perforada, por lo que se recomienda que no la usen para otro propósito que no sea aquel para el que está construido y que para este tipo de cereal utilizar un descascarador centrifugo.
- El mantenimiento preventivo es clave para prolongar la vida útil de las máquinas, pero tiene un efecto de mayor importancia, y es evitar daños al recurso más valioso como es el humano.
- Incursionar en proyectos de construcción de maquinaria para el descascarillado de cereales en el campo industrial nos ofrece una gran perspectiva, especialmente en nuestro país ya que aquí no se cuenta con tecnología avanzada en este campo. Por ello se recomienda a los futuros profesionales a orientarse en proyectos relacionados a este sector productivo en pro del desarrollo de nuestro país.

BIBLIOGRAFÍA

- 1.**ARTICA, M.**, Cultivo del Trigo, cebada Avena., Lima Perú., s.edt., 1999., Pp. 20-25.

- 2.**BEDRI.**, Taxonomía del cultivo del trigo., Terminología del Trigo., California-EEUU., s.edt., 2010., Pp 38-40.

- 3.**BAQUERO, J.Y OTROS.**, Equipos para Industria Química y Alimentaria., Madrid-España., Ed. Alhambra., 1998., Pp 218-230.

- 4.**DENDY, Y OTROS.**, Cereales y Productos Derivados., Madrid-España., Editorial Acribia., 2003., Pp 144-151.

- 5.**HALL W. Y OTROS.**, Equipo Para Procesamiento de Productos Agrícola., Caracas- Venezuela., s.edt., 1968., Pp. 123.128.

6.LOAIZA GUEVARA, R., Máquinas Transportadoras., Buenos Aires-Argentina., s.edt., 2003., Pp.143.

7.LOCK WOOD, J., Molienda del Trigo., Londres-Inglaterra., s.edt., 1951., Pp 106.

8.ORTIZ, J., Técnicas de Mecanización Agraria.,Madrid-España., MundiPrensa., sf., Pp 123.

9.PÉREZ, M., Control Estadístico de Procesos., Bogotá-Colombia., EDITAR., 1991., Pp. 51.

10.PIZARRO, D., Higiene y seguridad en el agro.,DF México-México., s.edt., Pp. 124-126.

11.SCADE, John., Cereales., Madrid-España., Editorial Acribia., s.edt., 1992., Pp. 22.

- 12.SHIGLEY, J.**, Manual de Diseño Mecánico., 4ª ed., D.F México-México., Editorial McGraw-Hill., 1989., Pp. 797-815.
- 13.VV, AA.**, Cereales, Harina y Pan., Madrid-España., Editorial Maxtor., 2009., Pp. 15.
- 14.VILLACRES, E.**, La cebada un cereal nutritivo., Quito- Ecuador., INIAP., 2008., Pp. 181-183.
- 15.ECUADOR, EDIFARM/** Revista., Vademécum Agrícola., Quito-Ecuador., Editorial Taller Nueva Imagen., 2008., Pp.65
- 16.ECUADOR, INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y CENSO (INEC).**, Sistema Agroalimentario de la Cebada., Quito – Ecuador., INEC., 2009 ., Pp. 15-19.

17. ECUADOR, INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS (INIAP)., Folleto divulgativo plegable 333 y 334., Quito-Ecuador., INIAP., 2010., P.p 3-5.

18.ECUADOR, INSTITUTO NACIONAL AUTÓNOMO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS (INIAP)., Inventario Tecnológico del Programa de Cereales., Quito-Ecuador., INIAP., 2006., P.p. 12-14.

19.CHILE, AGRO INVERSIONES., Manual de la Cebada., Santiago de Chile- Chile., s.edt., 2010., Pp. 6-9.

20.MÉXICO, AGROCIENCIA., Royal Lineal, fenología, rendimiento y sus componentes en trigo harinero., D.F México-México., s.edt., 2012.,Pp 8.

21.PERÚ, MINISTERIO DE ALIMENTACIÓN., Curso de quinua., Lima –Perú., Universidad Nacional Técnica de Altiplano., 1997., Pp. 173

22.ECUADOR, INSTITUTO DE NORMALIZACIÓN

ECUATORIANO., Granos y cereales.cebada

Determinación de otros factores de graduación:Contenido de cáscara., NTE INEN N° 2358., Quito-Ecuador., INEN., 1988., Pp.1-2.

BIBLIOGRAFIA DE INTERNET

23.ÁRBOLES Y EJES.

<http://iesvillabahervastecnologia.files.wordpress.com>

2012/11/22

24.CATÁLOGO DE VARIEDADES DE CEBADA 2011/2012

<http://www.cooperativabarbastro.com>

2012/09/13

25.CEREAL: PROCESO.

<http://www.loporcaro.it/descascadora.htm>

2012/11/16

26.DESCASCARADORA

<http://www.loporcaro.it/descascadora.htm>

2012/11/19

27.DESCASCARADOR DE RODILLOS

www.patentesonline.com.mx

2012/11/18

28.EL DESCASCARADO DE CEBADA EN EL BIOETANOL.

http://www.schulefood.de/schule/files/Prospekte_spanisch/

2012/11/12

29.EL TRIGO.

<http://www.profichef.com/info-food/almidones/el-trigo/>

2012/09/19

30.HARINA DE TRIGO, MATERIA PRIMA.

<http://www.harineraguadalupe.com>

2012/09/21

31.IMPACTOS AMBIENTALES Y ACTIVIDADES PRODUCTIVAS.

<http://ces.iisc.ernet.in/energy/>

2012/11/08

32.IMPORTANCIA DEL CONSUMO DE FIBRA.

<http://www.jugosylicuados.com>

2012/10/18

33.INFOAGRO 2009, EL CULTIVO DE TRIGO

<http://www.infoagro.com/herbáceos/cereales/trigo.htm>

2012/09/20

34.INTRODUCCIÓN; FIBRA.

<http://www.tdx.cat/bitstream>

2012/10/16

35.MÉTODOS TRADICIONALES DE ELABORACIÓN.

<http://www.fao.org/docrep/T0818S/T0818S09.htm>

2012/11/10

36.MOLINOS DE CEREALES

<http://ces.iisc.ernet.in/energy/>

2012/11/14

37.PROPIEDADES DEL GERMEN DE TRIGO

<http://remedios.innatia.com/c-trigo-propiedades/>

2012/10/01

38.PRODUCTOS: HARINERA.

<http://www.hvsa.es/HARINERA/Castellano/Web/Productos>

2012/09/24

39.PROCESO DE DESCASCARADO.

<http://www.streckel-schrader.com/espanol/>

2012/11/09

40.PROCESOS DE PRODUCCIÓN.

<http://www.conarroz.com/pdf/8Molineriamoderna2.pdf>

2012/11/17

41. SALVADO, EL MEJOR AMIGO DEL INTESTINO.

<http://www.laboratoriofitocol.com>

2012/10/17

42.SISTEMA DE POST- COSECHA

<http://www.fao.org/docrep/004/AC301S/ac301s03.htm>

2012/11/13

43.TRASMISIÓN DE MOVIMIENTO MEDIANTE POLEAS

<http://tecnologiapirineos.blogspot.com>

2012/11/21

44.TECNOLOGÍA DE CEREALES.

<http://www.ugr.es/~mgroman/archivos/TC/mat.pdf>

2012/11/07

45.USOS DE LA CEBADA.

<http://www.made-inargentina.com/alimentos/>

2012/09/17

ANEXOS

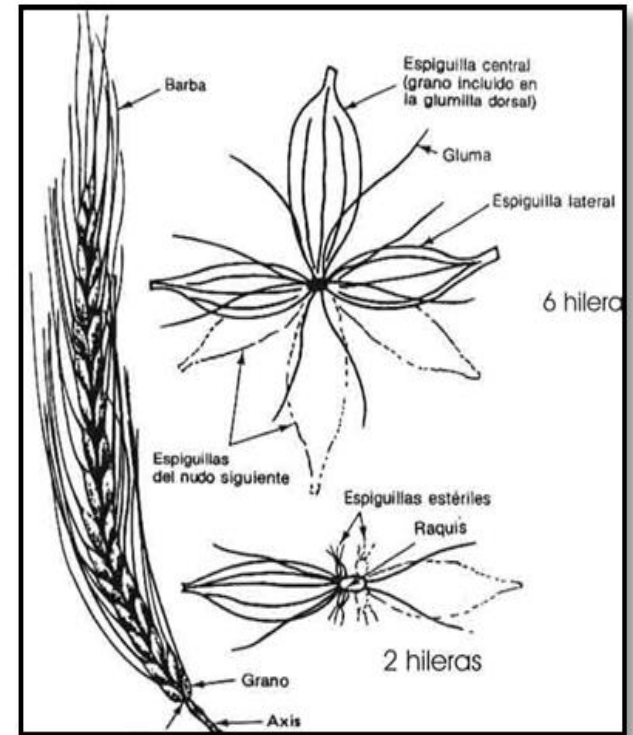
ANEXO 1



a) Cebada hexagonal



b) Cebada de dos carreras



c) Cebada de seis y dos hileras

NOTA:	CATEGORIA DIAGRAMA:	DE	ESPOCH Detalles de la espiga de cebada.		
	Por calificar Por aprobar Por certificar Aprobado	Natali Martínez Jessica paredes.	LAMINA	FECHA	ESCALA
			Nº 1	25/03/2013	A 4

ANEXO 2



Descascarador para laboratorio



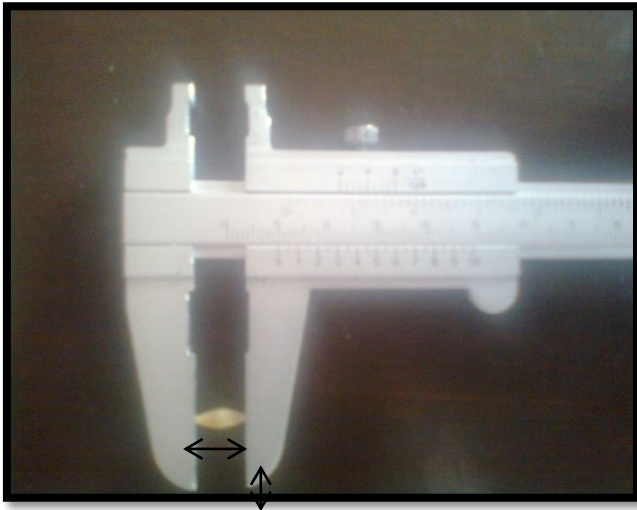
Granos partidos de cebada después del



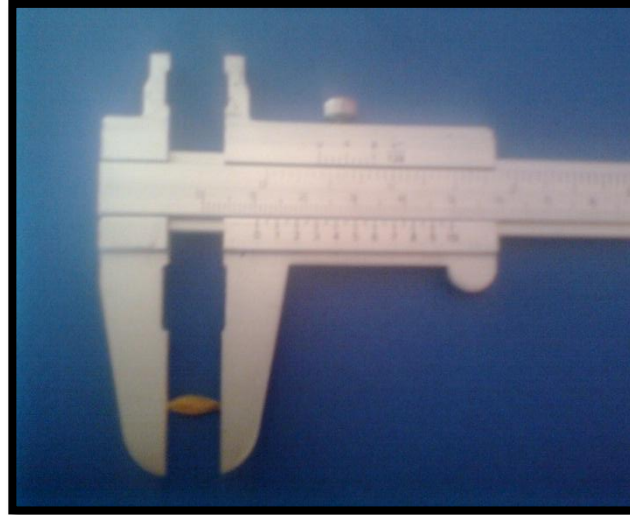
Trigo sin descascarar después del

NOTA:	CATEGORIA DIAGRAMA:	DE	ESPOCH	Datos recogidos en un descascarador de rodillo		
	Por calificar Por aprobar Por certificar Aprobado		Natali Martínez Jessica paredes.	LAMINA	FECHA	ESCALA
				Nº 2	25/03/2013	A 4

ANEXO 3



Medidas de la cebada malta



Medidas de la cebada nacional



Medidas del trigo

NOTA:	CATEGORIA	DE	ESPOCH	Medidas generales de la cebada y trigo		
	DIAGRAMA:		Natali Martínez	LAMINA	FECHA	ESCALA
	Por calificar Por aprobar		Jessica paredes.	Nº 3	25/03/2013	A 4

ANEXO 4

Tabla: Valores del coeficiente dinámico de fricción para diferentes

Superficies en contacto	coeficiente de fricción (μd)
Cobre sobre acero	0.53
Acero sobre acero	0.74
Aluminio sobre acero	0.61
Caucho sobre superficie rugosa	1.0
Teflón sobre teflón	0.04
Madera sobre madera	0.25-0.5
Articulaciones sinoviales en humanos	0.01

(Fuente: Serway R. A.. *Física*. Editorial McGraw-Hill. (1992))

NOTA:	CATEGORIA DIAGRAMA:	DE	ESPOCH	Coeficiente dinámico de fricción para diferentes materiales		
	Por calificar Por aprobar Por certificar Aprobado		Natali Martínez Jessica paredes.	LAMINA	FECHA	ESCALA
				Nº 4	25/03/2013	A 4

ANEXO 5

Tabla: Propiedades mecánicas de aceros

Numero AISI	Procesamiento	Influencia a la resistencia (kpsi)	Elongación en 2 pulg %	Reducción en área %	Dureza Brinell H_s
4140	HR	63	90	27	58
	CD	90	102	18	50
	Enfriado a 1000 °F	131	153	16	45

(Fuente: Diseño de máquinas 1, Darwin Ayala, pag: 12)

NOTA:	CATEGORIA DIAGRAMA: Por calificar Por aprobar Por certificar Aprobado	DE	ESPOCH Natali Martínez Jessica paredes.	Propiedades mecánicas de aceros para el eje.		
				LAMINA	FECHA	ESCALA
				Nº 5	25/03/2013	A 4

ANEXO 6

Tabla: Valores para sy para rodamiento de bolas.

Numero AISI	Procesamiento	Influencia a la resistencia (sy) (kpsi)	Elongación en 2 pulg %	Reducción en área %	Dureza Brinell H_s
4140	HR	63	90	27	58
	CD	90	102	18	50
	Enfriado a 1000 °F	131	153	16	45

(Fuente: Diseño de máquinas 1, Darwin Ayala, pag: 12)

NOTA:	CATEGORIA DIAGRAMA: Por calificar Por aprobar Por certificar Aprobado	DE	ESPOCH Natali Martínez Jessica paredes.	Valores para sy para rodamiento de bolas		
				LAMINA	FECHA	ESCALA
				Nº 6	25/03/2013	A 4

ANEXO 7

Tabla: Valores para f_n para rodamiento de bolas

RPM	f_n
150	0,606
160	0,593
170	0,581
180	0,57
190	0,56
200	0,55
220	0,533
240	0,518
260	0,504
280	0,492
300	0,481

NOTA:	CATEGORIA DIAGRAMA:	DE	ESPOCH	Valores para f_n para rodamiento de bolas		
	Por calificar Por aprobar Por certificar Aprobado		Natali Martínez Jessica paredes.	LAMINA	FECHA	ESCALA
				Nº 7	25/03/2013	A 4

ANEXO 8

Tabla: Capacidad dinámica de rodamientos FAG rígidos de bola según el diámetro del eje.

Diámetro del eje (mm)	Cap. Dinámica c	Carga estática c ₀
25	3,25	2,24
25	5,6	3,65
25	5,6	3,65
25	7,8	4,9

(Fuente: Catálogo de la FAG Kugelfischer Georg Schafer pag:60)

NOTA:	CATEGORIA DIAGRAMA:	DE	ESPOCH	Capacidad dinámica de rodamientos FAG rígidos de bola		
	Por calificar Por aprobar Por certificar Aprobado		Natali Martínez Jessica paredes.	LAMINA	FECHA	ESCALA
				Nº 8	25/03/2013	A 4

ANEXO 9

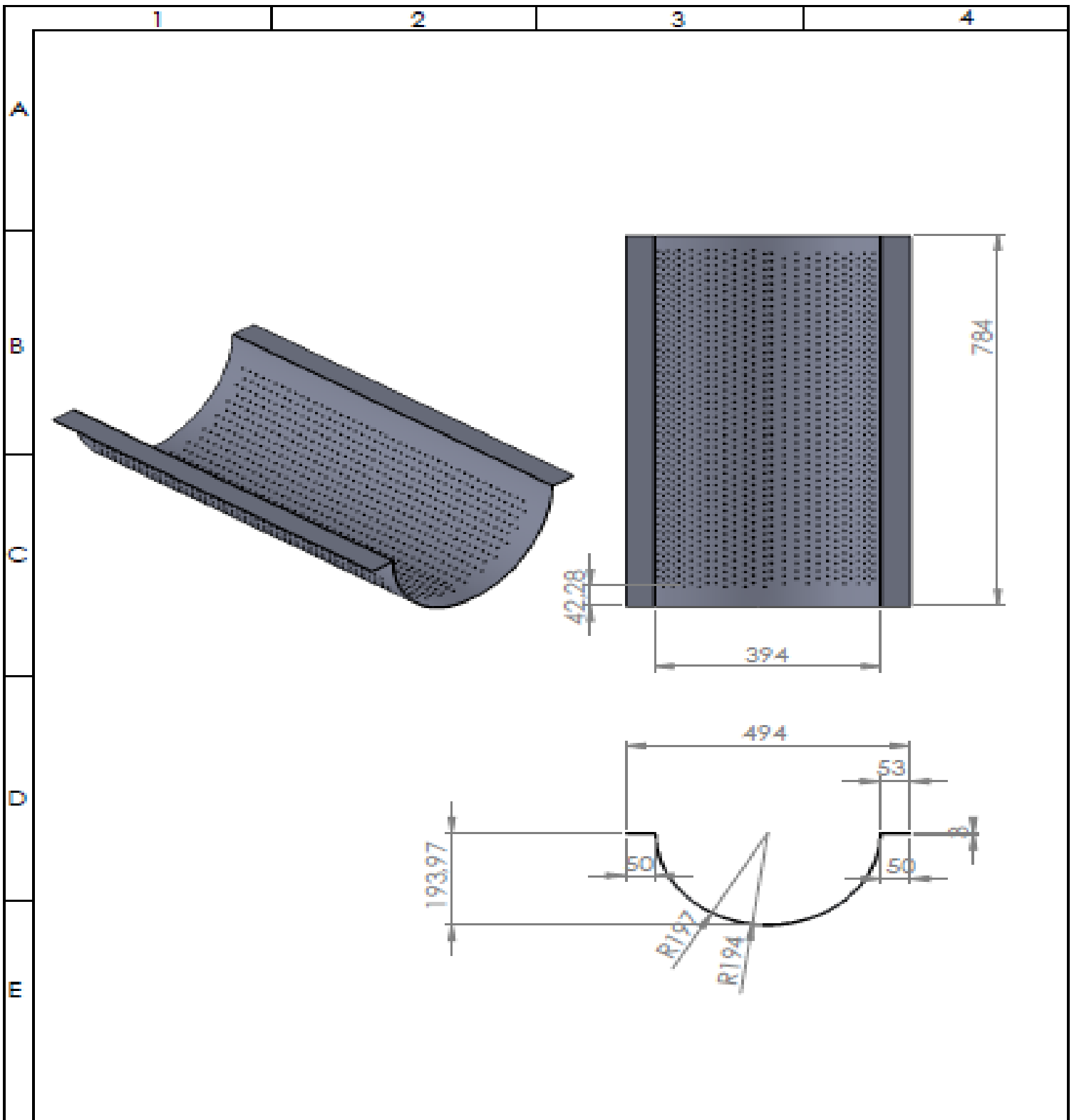
Tabla: Factor de servicio según las exigencias

f_s	1,2 – 2,5	para exigencias elevadas.
F_s	0,8-1,2	para exigencias normales.
F_s	0,5-0,8	para exigencias reducidas.

(Fuente: Catálogo de la FAG Kugelfischer Georg Schafer)

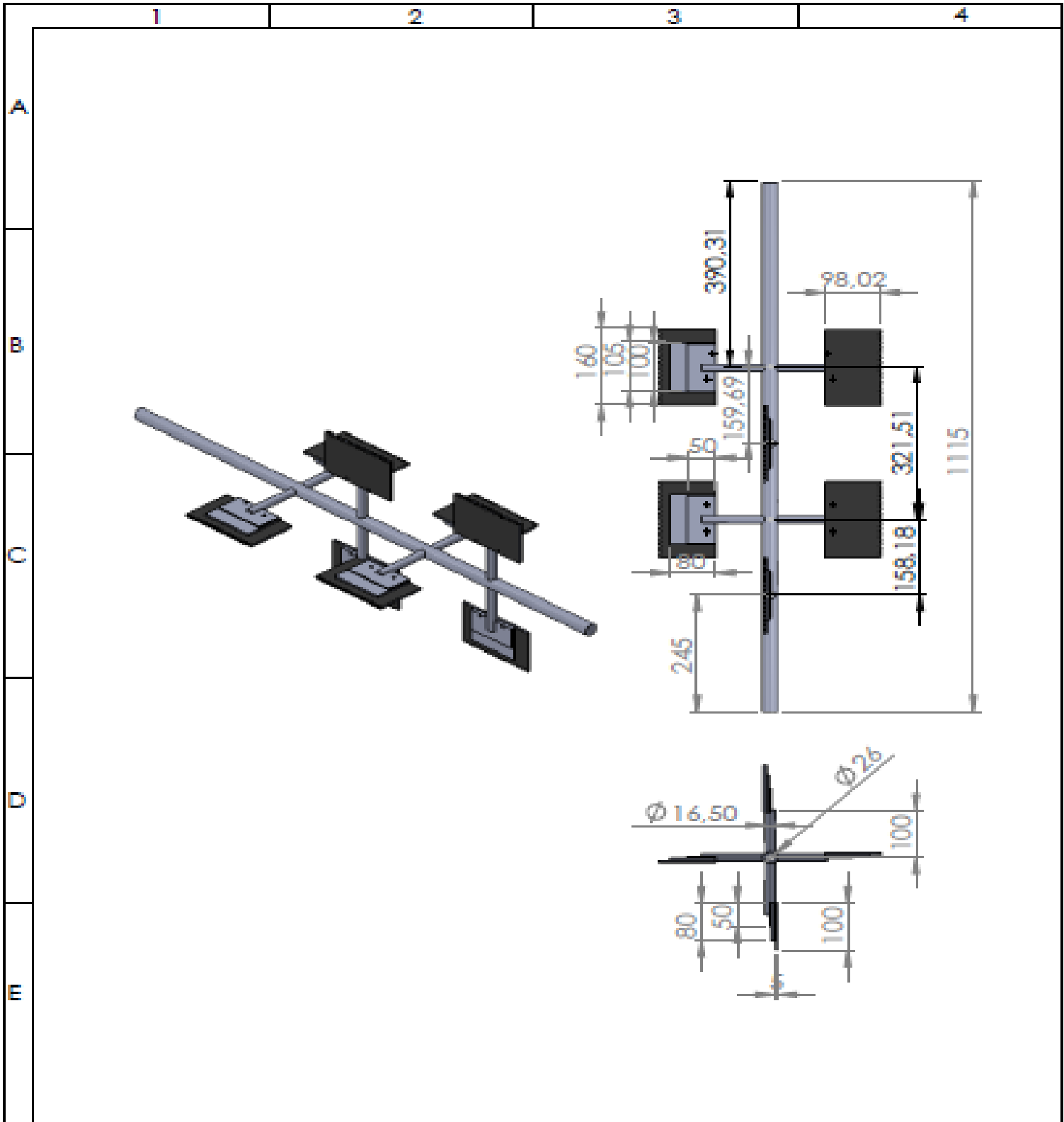
NOTA:	CATEGORIA DIAGRAMA:	DE	ESPOCH	Factor de servicio según las exigencias		
	Por calificar		Natali Martínez	LAMINA	FECHA	ESCALA
	Por aprobar		Jessica paredes.	Nº 9	25/03/2013	A 4
	Por certificar					
	Anrohadn					

ANEXO 11



				TOLERANCIAS	(PESO)	ESPOCH - INGENIERIA QUÍMICA		
						CANASTILLA CON HUECOS	ESCALA:	
				Dib.	FECHA:		NOMBRES:	1:10
				Rev.			MARTINEZ N. PAREDES J.	
				Apr				
						Medidas en mm		
ED. LICÓN	MODIFICACION	FECHA:	NOMBRES:			(SUSTITUCION)		

ANEXO 12



				TOLERANCIAS	(PESO)	ESPOCH - INGENIERIA QUIMICA	
						EJE	ESCALA:
				Dib.	FECHA:	NOMBRES:	1:10
				Rev.		MARTINEZ H.	
				Apro			
						Medidas en mm	
						(SUSTITUCION)	
EJ:	MODIFICACION	FECHA:	NOMBRE:				

ANEXO 13

ITEM NO.	PART NUMBER	DESCRIPTION	QTY.	
1	Base		1	
2	Canastilla		1	
3	Canastilla perforada		1	
4	Eje		1	
5	polea		1	
6	Tapa		1	
7	Chumacera		2	
8	Rodamiento		2	
9	Motor		1	
10	polea del motor		1	
11	Correa1-14Ensamblaje1		1	
12	Tapa de tolva		1	
13	Carcasa protectora de bandas		1	
14	Tapa de canastilla		1	
15	Pala elevadora		1	
16	818.2.3.1M - Hex cap screw, M8 x 1.25 x 20 - 20C		1	
17	818.2.3.1M - Hex cap screw, M8 x 1.25 x 20 - 20S		1	
18	818.2.3.1M - Hex cap screw, M10 x 1.5 x 70 - 70C		4	
19	818.2.3.1M - Hex cap screw, M10 x 1.5 x 40 - 40C		4	
20	818.2.3.1M - Hex cap screw, M8 x 1.25 x 30 - 30C		8	
21	818.2.4.1M - Hex nut, Style 1, M8 x 1.25 - D-N		10	
22	818.2.4.1M - Hex nut, Style 1, M10 x 1.5, with 16mm WAF - D-N		8	

					ESPOCH - INGENIERIA QUIMICA
					EXPLOTADO
					Medidas en mm
					(SUSTITUCION)
				ESPOCH	ESCALA 1:20
TOLERANCIAS	(PESO)	FECHA	NOMBRE		
Dib.		Rev.	MARTINEZ H.		
Apro.		Apr.	PAREDES J.		
EDICION	MODIFICACION	FECHA	NOMBRE		

ANEXO 14





Construcción de la cámara de descascarillado.



Descascarador para cebada y trigo

NOTA:	CATEGORIA DIAGRAMA:	DE	ESPOCH	Construcción de la máquina.		
	Por calificar Por aprobar Por certificar Aprobado		Natali Martínez Jessica paredes.	LAMINA	FECHA	ESCALA
				Nº 14	25/03/2013	A 4

	<h2>FUNCIONAMIENTO DE LA MÁQUINA</h2>	
		<p>Fecha:25/03/2013</p>

El descascarador de cebada y trigo es de acero inoxidable AISI 304, la estructura de hierro y la protección de la banda de tol galvanizado, está constituido de dos partes fundamentales que son:

- **El sistema del descascarillado de los cereales,**



Comprende un eje con 8 paletas de caucho, que permite el desprendimiento de la cáscara mediante la fricción entre la malla perforada, las paletas y el cereal.

Los cereales ingresan al descascarador por medio de la tolva de alimentación, posteriormente se transportan por medio de la gravedad hacia la cámara de descascarillado aquí el eje es impulsado por medio de un motor eléctrico de un 1hp, la transmisión entre el motor y el eje se realiza por medio de poleas y la banda.

- **El sistema de transmisión**



Utilizado para reducción de la velocidad y constituido por una polea de conducción de 12 " y unapolea motriz de 2 ½", hasta alcanzar la velocidad deseada para el descascarillado.

Cabe indicar que el eje con paletas y la malla perforada están soportados sobre la carcasa inferior. Los materiales utilizados para los dos sistemas se han seleccionado de acuerdo a las exigencias requeridas y a su disponibilidad en el mercado nacional.

	ASPECTOS DE SEGURIDAD	 Fecha:25/03/2013
--	------------------------------	---





Las medidas de seguridad deben tomarse en cuenta para el obrero y para la máquina. El operario de la máquina debe usar mascarilla, gafas y tapones para oídos. Para el motor de la máquina se considera necesaria una protección eléctrica que consta de un contactor y un térmico, los cuales están adaptados a una botonera ON/OFF para el encendido y apagado de la máquina.

	<h2>OPERACIÓN DE LA MÁQUINA</h2>	
		<p>Fecha:25/03/2013</p>

El operario deberá utilizar una gorra, mascarilla, gafas y tapones para oídos como parte de su equipo de seguridad mientras opere el descascarador de cebada y trigo.

Para la operación de la máquina se requiere una sola persona:

1. Conecte la máquina a una fuente de 110-120 V.
2. Introduzca el cereal en la tolva de alimentación, tenga cuidado de no acercarse al eje rotor de la misma.
3. Pulse el botón negro de la caja de mando eléctrica, ubicada en la parte inferior izquierda de la máquina.
4. Una vez que haya terminado de descascarar en el tiempo establecido, detenga la máquina pulsando el botón rojo de la caja de mando eléctrica, para cambiar de bolsa en la bandeja de salida 3 y recolectar el cereal descascarado.
5. Encienda y deje funcionar la máquina 1 minuto en vacío, presionando con el pie la palanca de descarga esto ayuda a que el eje expulse el cereal acumulado en la cámara de descascarillado.
6. Detenga la máquina pulsando el botón rojo de la caja de mando eléctrica.
7. Espere a que el eje rotor de la máquina se detenga completamente antes de realizar limpieza o mantenimiento en la misma.
8. Asegúrese de interrumpir la alimentación eléctrica hacia la máquina para evitar accidentes.

	MANTENIMIENTO DE LA MÁQUINA	
		Fecha: 25/03/2013

La máquina tiene elementos móviles por lo que el manejo y operación se debe tomar las medidas de seguridad adecuada. Los controles de mando están dispuestos de una manera directa; encendida o apagado, está provisto de una tolva de alimentación diseñada de manera adecuada para evitar el contacto directo con los elementos móviles.

Para la prolongación de la vida útil de la máquina descascaradora se ha determinado actividades mecánicas y eléctricas semanales detalladas en un programa de mantenimiento preventivo.

Las principales actividades a realizarse para perdurar la vida útil de la máquina son:

1. Limpieza de la zaranda rugosa y bandejas de salidas.

Se debe retirar los restos de cascara y cereales acumulados en la zaranda rugosa y bandejas de salidas para evitar que estos se descompongan y pongan en riesgo la vida del humano quien consuma el cereal y el estado de la máquina. Se recomienda realizar esta limpieza a diario, o por lo menos una vez por semana.

2. Alineación de paletas.

El espacio entre paleta y zaranda rugosa se estableció en 3 mm, de modo que es importante verificar esta distancia una vez por semana, pues si no tienen la distancia adecuada el proceso de descascarillado no se cumplirá correctamente y la máquina puede trabarse produciendo daños en los elementos mecánicos y/o eléctricos.

3. Lubricación y cambio de chumaceras

La lubricación en este elemento mecánico permite que la transmisión de potencia se realice de una forma adecuada, por ello se debe lubricar las chumaceras una vez por mes. Y cambiarlos cada cinco años.

4. Ajuste y cambio de bandas

El motor se ha colocado sobre una base que permite regular la distancia entre polea y polea, esto es necesario, pues debido al uso la longitud de las bandas aumenta. Se debe chequear, cada mes, que las bandas tengan la tensión adecuada para que el sistema de transmisión cumpla con su función.

La longevidad de las bandas está entre 1000 y 5000 horas. Suponiendo que la máquina trabajará 2 hora diarias aproximadamente, tomando el extremo inferior de longevidad de las bandas, se recomienda cambiar las bandas cada 3 años.

5. Ajuste de pernos y tornillos.

Debido a la vibración que se produce en la máquina los pernos y tornillos pueden desajustarse, por ello se recomienda revisarlos por lo menos una vez al mes.

6. Protección eléctrica del motor

Se debe verificar regularmente el correcto funcionamiento de los elementos que contiene el sistema de protección del motor eléctrico, como son: Botonera, contactor, térmico y breaker.

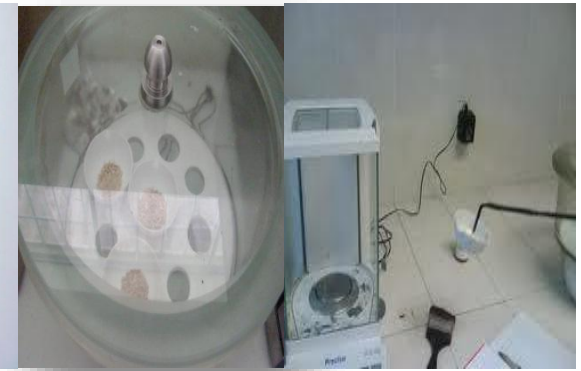
ANEXO 19

Tabla: Plan de mantenimiento Preventivo

Frecuencia	Partes constitutivas de la máquina						Trabajo a realizarse
	Cámara de descascarillado	Bandejas de Salida	Sistema de transmisión	Protección del motor	Elementos de conexión	Chumaceras	
Semanal	X						Limpeza de la zaranda rugosa
		X					Limpeza de las bandejas de salidas
Mensual						X	Lubricación de chumaceras
			X				Ajustes de bandas
					X		Ajuste de pernos y tornillos
Trimestral	X						Verificación del funcionamiento
							Alineación de paletas
Anual						X	Cambio de chumaceras cada 5 años
			X				Cambio de bandas cada 3 años

NOTA:	CATEGORIA DIAGRAMA: Por calificar Por aprobar Por certificar Aprobado	DE Natali Martínez Jessica paredes.	ESPOCH	Programa Preventivo de mantenimiento.			
				LAMINA		FECHA	ESCALA
				Nº19		25/03/2013	A 4

ANEXO 20



1. Secado a las temperaturas establecidas

2. Determinación de la humedad de muestras



3. Transporte de las muestras que van a



5. Descascarar las diferentes

Análisis de los cereales descascarados:

* contenido de cáscara

*Porcentaje de granos

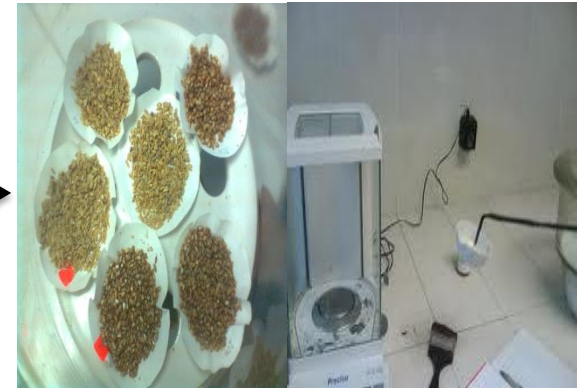
NOTA:	CATEGORIA DIAGRAMA: Por calificar Por aprobar Por certificar Aprobado	DE	ESPOCH Natali Martínez Jessica paredes.	Ensayos de % Humedad		
				LAMINA	FECHA	ESCALA
				Nº 20	25/03/2013	A 4

ANEXO 21



Muestra descascarada

Pesar 20 gramos de la muestra y poner a ebullición con el vaso de vidrio con 80 ml de NaClO y



Esparcir los granos y secar 1 día a

Secar 3h a 50°C.

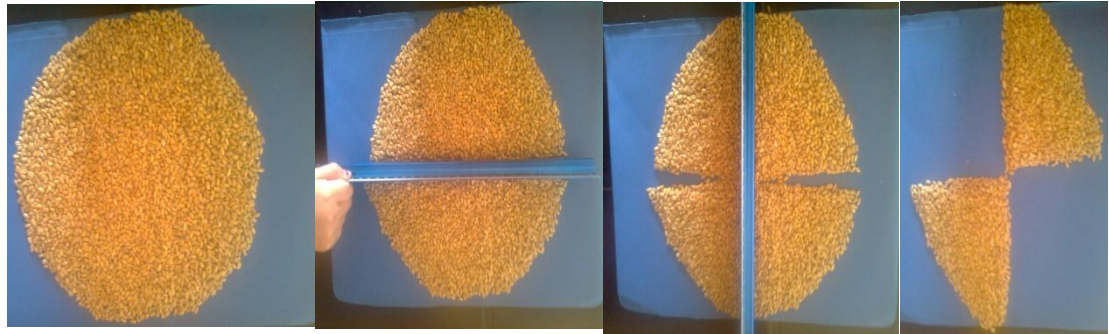
Pesar la muestra, aplicar los cálculos

NOTA:	CATEGORIA DIAGRAMA: Por calificar Por aprobar Por certificar Aprobado	DE	ESPOCH Natali Martínez Jessica paredes.	Ensayo del porcentaje de contenido de cáscara			
				LAMINA		FECHA	ESCALA
				Nº 21	25/03/2013	A 4	

ANEXO 22



Homogenizar la muestra



SISTEMA DE CUARTEO

Repetir hasta obtener los 25 gramos de muestra



25 gramos de muestra



Separar todos los granos partidos manualmente y

NOTA:	CATEGORIA DIAGRAMA: Por calificar Por aprobar Por certificar Aprobado	DE	ESPOCH Natali Martínez Jessica paredes.	Ensayo del porcentaje de granos partidos		
				LAMINA	FECHA	ESCALA
				Nº 22	25/03/2013	A 4

