



**DISEÑO DE UNA PLANTA PROCESADORA DE  
HARINA DE ARROZ PARA EL SECTOR DE LA MICRO  
Y PEQUEÑA EMPRESA DE EL SALVADOR  
ORIENTADO AL BENEFICIADO DE ARROZ**

**TRABAJO DE GRADUACIÓN  
PREPARADO PARA LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA**



**PARA OPTAR AL GRADO DE  
INGENIERO MECÁNICO**

**POR:**

**NELSON ARMANDO SALAZAR TORRES**

**SOYAPANGO**

**MARZO DE 1999  
EL SALVADOR**

**CENTROAMÉRICA**

UNIVERSIDAD DON BOSCO

RECTOR

ING. FEDERICO MIGUEL HUGUET RIVERA

SECRETARIO GENERAL

PBRO. PEDRO JOSÉ GARCÍA CASTRO S.D.B.

DECANO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA

ING. CARLOS GUILLERMO BRAN

ASESOR DEL TRABAJO DE GRADUACIÓN

ING. RICARDO ANTONIO SILIEZAR

JURADO EXAMINADOR

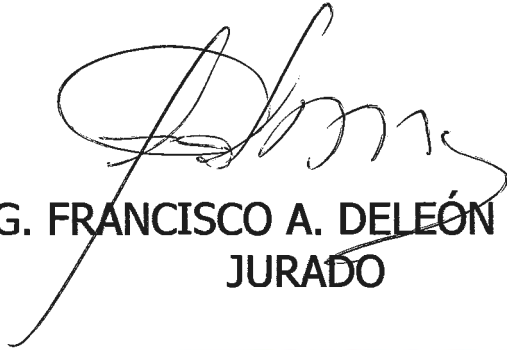
ING. FRANCISCO A. DELEÓN TORRES

ING. RENÉ MAURICIO HERNÁNDEZ

UNIVERSIDAD DON BOSCO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA

JURADO EVALUADOR DEL TRABAJO DE GRADUACIÓN

“DISEÑO DE UNA PLANTA PROCESADORA DE HARINA  
DE ARROZ PARA EL SECTOR DE LA MICRO Y  
PEQUEÑA EMPRESA DE EL SALVADOR ORIENTADA  
AL BENEFICIADO DE ARROZ”



ING. FRANCISCO A. DELEÓN TORRES  
JURADO



ING. RENÉ MAURICIO HERNÁNDEZ  
JURADO



ING. RICARDO ANTONIO SILIEZAR  
ASESOR

## RECONOCIMIENTO

Al Ing. Ricardo Antonio Siliezar, por su asesoría, orientación y ayuda en la elaboración de este documento.

A los ingenieros Francisco De León y Mauricio Hernández, por brindarme su tiempo como jurados evaluadores de este trabajo.

A todas las entidades y organizaciones que ayudaron directa e indirectamente en el desarrollo de este trabajo.

A Betty, quien con su entusiasmo contribuyó al feliz término de este documento.

Nelson Armando

## DEDICATORIA A:

**Dios Todopoderoso:** Creador de todo lo que existe en el mundo, por haberme proporcionado los medios necesarios para obtener este triunfo.

Mis Padres, **Victoriano Salazar y Laura Torres de Salazar:** Por darme el ser, guiarme con mano firme y amorosa, por sus desvelos y confianza. Gracias por ser mis padres.

Mis Hermanos:

**Juan y Miriam Haydee**

Hugo y Marina

**Benjamín y Laura**

Victoriano e Iris

Mauricio y Ruth

**Francisco y Berta Alicia**

Sigredo y Yanira

**Manuel y Jenny**

Edwin y Sonia

Cada uno de ustedes es conocedor del profundo agradecimiento por el apoyo moral, aquella palabra incentivadora en el momento adecuado que me dieran la pauta para obtener este triunfo. A ustedes dedico mi título.

Mi Novia, **Patricia** por su apoyo incondicional en todo momento, gracias por su paciencia y comprensión.

Nelson Armando

## ÍNDICE

INTRODUCCIÓN .....	i
CAPÍTULO I .....	1
EL ARROZ .....	1
1.1 ORIGEN Y DIFUSIÓN DEL ARROZ .....	1
1.1.2 Estructura y Composición del Grano y Criterios del Consumidor sobre su Calidad .....	2
1.2 CLASIFICACIÓN DEL ARROZ .....	4
1.3 COMPOSICIÓN BRUTA DE NUTRIENTES .....	5
1.3.1 Almidón .....	8
1.3.2 Proteínas .....	9
1.3.3 Lípidos .....	9
1.3.4 Volátiles .....	10
1.4 INFLUENCIA DEL MEDIO AMBIENTE EN LA COMPOSICIÓN DEL ARROZ .....	10
1.5 LA CALIDAD DEL GRANO .....	11
1.5.1 Criterios de los Consumidores .....	11
1.5.2 Indicadores de Calidad del Grano .....	12
1.6 TRATAMIENTO POSTCOSECHA, SANCOCHADO O PRECOCCIÓN Y PREPARACIÓN DOMÉSTICA .....	14
1.6.1 Almacenamiento .....	15
1.7 PRODUCCIÓN NACIONAL DE ARROZ GRANZA .....	16
CAPÍTULO II .....	19
MOLIENDA DE ARROZ .....	19
2.1 BENEFICIADO DE ARROZ GRANZA .....	19
2.2 SEPARADORAS POR AIRE .....	21
2.3 PRINCIPIO DE LA SEPARACIÓN POR AIRE .....	22
2.4 USOS DE LAS SEPARADORAS POR AIRE .....	24
2.5 TIPOS DE SEPARADORAS POR AIRE .....	24

2.5.1	Separadoras Neumáticas	25
2.5.2	Aspiradoras	29
2.5.3	Aspiradoras-Desbrazadoras	32
2.5.4	Prelimpiadora	35
2.5.5	Descascarador	37
2.5.6	Mesa Separadora	37
2.5.7	Pulidores	39
2.5.8	Zaranda Clasificadora	40
2.5.9	Cilindro Clasificador	41
2.5.10	Extractor de Pulimento	41
2.5.11	Extractor de Polvo	42
2.5.12	Transportadores de Sinfin	43
2.5.13	Elevadores de Cangilones	44
2.5.14	Molino de Martillo	45
2.5.15	Molino de Cilindros	46
2.5.16	Cernidor de Tamiz	50
2.6	ZONAS DE CULTIVO Y BENEFICIOS DE ARROZ EN EL SALVADOR	52
2.6.1	Costos de Producción	54
2.6.2	Desgloce de Costos de Producción	54
CAPÍTULO III		55
HARINAS		55
3.1	PRINCIPALES PRODUCTOS ELABORADOS CON HARINA DE ARROZ	57
3.2	HARINAS Y ALMIDÓN DE ARROZ	58
3.3	TALLARINES	59
3.4	TORTAS DE ARROZ, TORTAS DE ARROZ FERMENTADAS Y PUDINES	60
3.5	PRODUCTOS DE ARROZ COCIDOS AL HORNO	61
3.6	EL PROCESO PARA LA OBTENCIÓN DEL PRODUCTO FINAL: HARINA DE ARROZ	62
3.6.1	Molienda	62
3.6.2	Cernedores	64
CAPÍTULO IV		67
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN		67
4.1	ESTUDIO BIBLIOGRÁFICO	67
4.2	ESTUDIO DE CAMPO	67

4.3	DESARROLLO DEL DISEÑO	67
4.4	DESCRIPCIÓN DEL ESTUDIO DE CAMPO	68
4.5	DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	69
4.6	DISEÑO DEL ESTUDIO DE CAMPO	69
4.7	SELECCIÓN DEL EXPERIMENTO	71
4.8	CONDUCCIÓN DEL EXPERIMENTO	71
4.9	RESULTADOS ESPERADOS DE LA INVESTIGACIÓN DE CAMPO	71
4.10	TABULACIÓN E INTERPRETACIÓN DE DATOS	73
4.11	CONCLUSIONES DE LA INVESTIGACIÓN DE CAMPO	83
CAPÍTULO V		84
DISEÑO, CÁLCULOS Y SELECCIÓN DE MAQUINARIA PARA LA PLANTA DE PROCESAMIENTO DE HARINA ARROZ		84
5.1	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN	84
5.1.1	Adquisición de Materia Prima	84
5.1.2	Beneficiado de Arroz	86
5.1.3	Obtención de la Harina de Arroz	87
5.1.4	Empacado y Control de Calidad	88
5.1.5	Almacenado	89
5.2	MATERIALES METÁLICOS	89
5.2.1	Acero para Estructura Metálica	89
5.2.2	Acero para Ejes de los Elevadores	90
5.2.3	Elementos de Sujeción	90
5.2.4	Materiales No Metálicos	92
5.3	DESCRIPCIÓN DE ELEMENTOS DE MÁQUINAS	93
5.3.1	Ejes de Transmisión	93
5.3.2	Chavetas	94
5.3.3	Cojinetes	94
5.3.4	Cadenas de Transmisión	95
5.4	ELEVADORES DE CANGILONES	96
5.4.1	Forma de Cangilones y Materiales a Transportar	96
5.6	DESCRIPCIÓN DE LA MAQUINARIA A FABRICAR	112
5.6.1	Tolva para Harina	112

CAPÍTULO VI .....	116
ANÁLISIS ECONÓMICO .....	116
6.1 SALARIOS .....	116
6.1.1 Línea de Fabricación de Harina .....	116
6.1.2 Salario Total .....	116
6.1.3 ISSS y AFP .....	116
6.1.4 Aguinaldo .....	117
6.1.5 Vacaciones .....	117
6.1.6 Planilla .....	117
6.2 MAQUINARIA .....	117
6.3 SERVICIOS .....	117
6.4 MATERIA PRIMA .....	117
6.5 VENTAS .....	118
6.6 TRANSPORTE .....	118
6.7 INVERSIÓN TANGIBLE .....	118
6.8 DEPRECIACIÓN .....	118
6.9 INVERSIÓN INTANGIBLE .....	119
6.10 GANANCIA .....	119
6.11 CÁLCULO DE LA TASA INTERNA DE RETORNO (TIR) .....	119
6.12 CÁLCULO DEL VALOR ACTUAL NETO (VAN) .....	120
6.17 TIEMPO EN QUE SE PAGARÁ LA PLANTA .....	121
6.18 CONCLUSIONES FINANCIERAS .....	122
6.17 RECOMENDACIONES FINANCIERAS .....	122
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	123
Conclusiones .....	123
Recomendaciones .....	123
GLOSARIO .....	124
BIBLIOGRAFÍA .....	125
ANEXOS .....	126

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura Nº 1: Los arrozales del mundo clasificados por regímenes de agua y tipo predominante de arroz .....	1
Figura Nº 2: Corte longitudinal de un grano de arroz .....	2
Figura Nº 3: Diagrama fotomicrográfico de varios compuestos proteínicos y gránulo de almidón compuesto de la capa de subaleurona del endospermo .....	4

Figura N° 4:	Distribución de los principales constituyentes del arroz integral o pardo empleando un molino abrasivo tangencial . . . . .	6
Figura N° 5:	Sección longitudinal de una separadora neumática ESM. . . . .	26
Figura N° 6:	Remociones efectuadas en dos vías con la separadora neumática Sortex de columna doble. . . . .	27
Figura N° 7:	Remociones efectuadas en tres vías con la separadora Neumática Sortex de columna doble. . . . .	28
Figura N° 8:	Corte transversal de una aspiradora-fraccionadora. . . . .	29
Figura N° 9:	Sección longitudinal de la desbrozadora neumática Forsbergs de "aire depurado" . . . . .	32
Figura N° 10:	Sección longitudinal de una aspiradora-desbrozadora (desbrozaspiradora) . . . . .	33
Figura N° 11:	Esquema . . . . .	35
Figura N° 12:	Cribador-Clasificador "Rotolipse" con cilindro cribador Modelo Red-S . . . . .	36
Figura N° 13:	Descascaradora . . . . .	37
Figura N° 14:	Mesa separadora - sección transversal . . . . .	38
Figura N° 15:	Mesa separadora - sección longitudinal . . . . .	38
Figura N° 16:	Pulidor (blanqueadora de arroz Vertijet . . . . .	39
Figura N° 17:	Zaranda clasificadora - conjunto general . . . . .	40
Figura N° 18:	Cilindro clasificador . . . . .	41
Figura N° 19:	Disposición general de un ventilador centrífugo . . . . .	42
Figura N° 20:	Ventilador centrífugo típico . . . . .	43
Figura N° 21:	Transportador en Espiral . . . . .	43
Figura N° 22:	Elevador de Cangilones . . . . .	45
Figura N° 23:	Molino de Martillo. Nogueira Modelo DPM . . . . .	46
Figura N° 24:	Molino de Cilindros . . . . .	48
Figura N° 25:	Tamizador de harinas . . . . .	50
Figura N° 26:	Esquematización de los productos elaborados a base de arroz . . . . .	58
Figura N° 27:	Distribución en Planta de la Maquinaria para Procesamiento De Harina de Arroz . . . . .	85
Figura N° 28:	Elevador de Cangilones Vertical de Cadena . . . . .	96
Figura N° 29:	Elevadores de Cangilones . . . . .	97
Figura N° 30:	Fijación sobre banda mediante tornillo . . . . .	98
Figura N° 31:	Fijación de Cangilones sobre la Banda . . . . .	99
Figura N° 32:	Unión con pletinas . . . . .	101
Figura N° 33:	Unión por Bandas . . . . .	101
Figura N° 34:	Unión por Bandas . . . . .	101
Figura N° 35:	Elevadores de Cangilones . . . . .	102
Figura N° 36:	Descarga del Material . . . . .	102
Figura N° 37:	Determinación de la distancia polar "d <sub>p</sub> " . . . . .	106
Figura N° 38:	Disposición Constructiva de la Boca de Carga y de la Tolva Adjunta . . . . .	111
Figura N° 39:	Descarga . . . . .	111

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro Nº 1:	Composición aproximada del arroz cáscara y de sus fracciones de elaboración al 14 por ciento de humedad . . . . .	5
Cuadro Nº 2:	Rol de los indicadores de calidad del arroz en los programas de fitogenética . . . . .	6
Cuadro Nº 3:	Ángulos de las bocas o tolvinos de descarga . . . . .	45
Cuadro Nº 4:	Zonas de Cultivo de Arroz en El Salvador . . . . .	52
Cuadro Nº 5:	Costos de Producción . . . . .	55
Cuadro Nº 6:	Harina de Arroz . . . . .	57
Cuadro Nº 7:	Calibre de Bandas y sus Tensiones . . . . .	99
Cuadro Nº 8:	Telas según de Bandas según Material . . . . .	99
Cuadro Nº 9:	Diámetro del Tambor según el Número de Telas . . . . .	100
Cuadro Nº 10:	Velocidades a Elegir según el Diámetro del Tambor y los Materiales a Elevar . . . . .	109
Cuadro Nº 11:	Valores de $C_1C_2$ y $\mu_1$ . . . . .	110

## INTRODUCCIÓN

El arroz (*Oryza sativa* L.) es el cultivo cerealero más importante del mundo en desarrollo y el alimento básico de más de la mitad de la población del planeta. Suele ser considerado como una planta herbácea anual semiacuática. Se conocen unas veinte especies del género *Oryza* pero prácticamente todo el arroz cultivado pertenece a *O. Sativa* L. En África, se cultiva una pequeña cantidad de *Oryza glaberrima*, una especie perenne. El llamado "arroz silvestre" (*Zizania aquatica*), cultivado en la región de los Grandes Lagos de los Estados Unidos, guarda un parentesco más estrecho con la avena que con el arroz.

Debido a su larga historia de cultivo y selección en diversos ambientes, *O. Sativa* L. ha adquirido toda una gama de adaptabilidad y tolerancia de suerte que puede cultivarse en una amplia serie de regímenes hídricos/edafológicos que van de tierras profundamente inundadas a laderas de colina áridas. También se han desarrollado y explotado cultivares tolerantes a la sumersión por aguas de inundación, y a la alta salinidad; resistentes a la toxicidad del aluminio y del hierro, así como cultivares tolerantes a temperaturas frías en la fase de siembra o maduración en Asia, y a las limitaciones térmicas en África. El arroz se cultiva actualmente en más de 100 países de todos los continentes, salvo la Antártida, en una zona que va de los 50° de latitud norte a los 40° de latitud sur y que se eleva desde el nivel del mar hasta una altitud de 3,000 metros.<sup>(R1)</sup>

La elaboración consiste en el descascarillado del arroz cáscara para convertirlo en arroz integral o pardo. Esta operación puede hacerse manualmente (pillado a mano) o mecánicamente. Las descascaradoras mecánicas son principalmente de tres tipos: molinos de Engelberg,<sup>(R1)</sup> descascaradoras de piedra y descascaradoras de caucho. En el Asia tropical siguen utilizándose comúnmente las descascaradoras de piedra, luego el arroz integral con magulladuras superficiales

se pasa inmediatamente por un molino abrasivo o de fricción. Los molinos de rodillos de caucho se emplean comúnmente en el Japón, donde se almacena el arroz integral en vez del arroz cáscara, con el consiguiente ahorro de espacio.

En El Salvador, el sector de la micro y pequeña empresa que se dedica a la elaboración de productos derivados de la harina de arroz tiene graves problemas con el desarrollo autosostenible y en la elaboración de sus productos, siendo una de las principales causas la falta de tecnología adecuada que los ayude a desarrollar sus proyectos.

Este estudio está diseñado para apoyar a la micro y pequeña empresa que se dedica a la elaboración de productos derivados de la harina de arroz.

El grano de arroz es de los cereales con mayor dureza, siendo esta su principal dificultad para obtener harina de buena calidad a un bajo costo; debido a que los molinos existentes actualmente en el mercado no son los indicados para este proceso de elaboración de harina, con el diseño de este molino se dará solución a este problema, gracias a que será un proceso mecanizado, diseñado específicamente para hacer harina de arroz.

Con este estudio se pretende recopilar toda la información necesaria para el diseño de este molino, esto por medio de un estudio de campo que se realizará en los sectores que se procesa y se consumen productos de harina de arroz el cual dará las características deseadas por ellos para el mejor funcionamiento del equipo.

En la presente investigación se estudian aspectos relacionados con el mercado potencial de los consumidores de arroz, tales como antecedentes, origen y difusión del arroz, estructura y composición del grano y criterios del consumidor

sobre su calidad, clasificación del arroz, composición bruta de nutrientes, influencia del medio ambiente en la composición del arroz, la calidad del grano, así como también del tratamiento postcosecha, sancochado o precocción y preparación doméstica. Estos son los diferentes temas que se desarrollan en el **Capítulo I**.

En el **Capítulo II** se estudia la teoría del beneficiado de arroz granza, el principio de separación por aire, el equipo necesario para un beneficio y para la molienda del grano de arroz.

En el **Capítulo III** se estudia el proceso de fabricación de harina, los principales productos elaborados con harina de arroz y el respectivo proceso de molienda.

## **OBJETIVO GENERAL**

Diseñar una planta para procesar harina de arroz orientada al beneficiado de arroz.

## **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Demostrar la factibilidad técnica y económica de la elaboración de este diseño para la obtención de harina de arroz.
- Aplicar los conocimientos sobre el diseño de elementos de máquinas en la fabricación de una planta para harina de arroz.
- Ofrecer a los productores y usuarios de harina de arroz un medio para la elaboración de este producto con una mejor calidad y a bajo costo.

# CAPÍTULO I

## EL ARROZ

## CAPÍTULO I

### EL ARROZ

#### 1.1 ORIGEN Y DIFUSIÓN DEL ARROZ

El lugar geográfico donde se inició la domesticación del arroz todavía no se conoce de forma definitiva. Generalmente hay consenso que la domesticación del arroz se produjo de forma independiente en tres regiones: China, la India e Indonesia, dando lugar a tres razas de arroz: sínica (conocida también como japónica) índica y javánica (conocida también en Indonesia como bulu), respectivamente. Hay indicios de que el arroz se cultiva en la India entre el 1500 y el 2000 a.C. y en Indonesia en torno al 1650 a.C. Hallazgos arqueológicos han

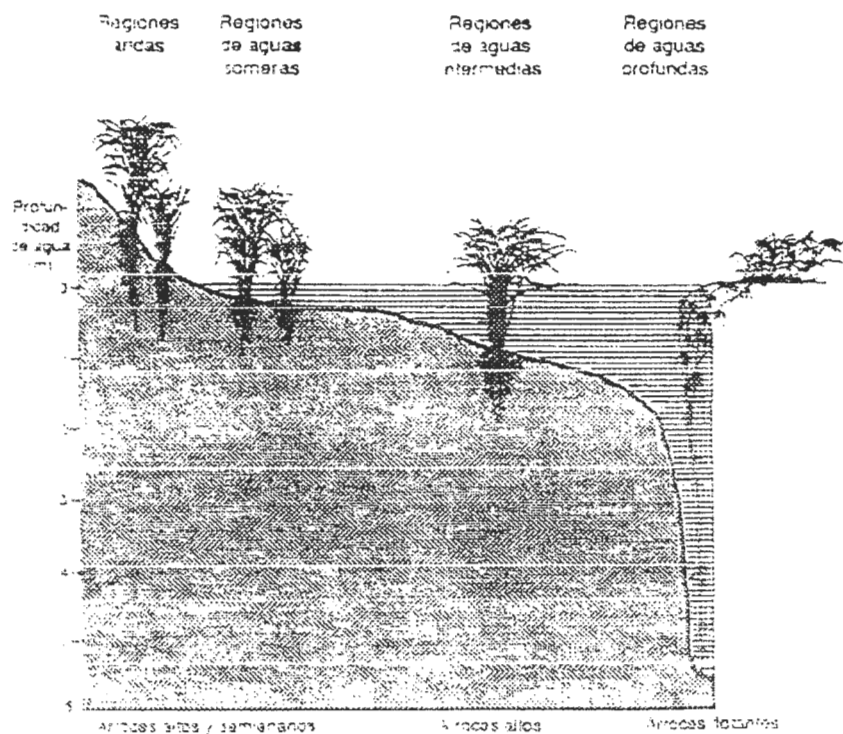


Figura Nº 1: Los arrozales del mundo clasificados por regímenes de agua y tipo predominante de arroz. (R1)

demostrado que el arroz tropical o índico se cultivaba en Ho-mu-tu, provincia de Chekiang, China, por lo menos hace 7,000 años<sup>(R1)</sup>. Recientemente se han encontrado en Lou-jia-jiao, provincia también de Chekiang, restos del arroz templado o sínico (japónica) de la misma época.

El arroz se extendió rápidamente desde su hábitat tropical (Asia meridional y sudoriental) y subtropical (China sudoccidental y meridional) a latitudes mucho mayores en Asia, en tiempos tan recientes como hace 2,300 años en el caso del Japón. En los últimos seis siglos ha llegado a extremos tan lejanos como África occidental, América del Norte y Australia. El cultivo del arroz llegó a establecerse de forma firme en Carolina del Sur, Estados Unidos, en torno al año 1690. El arroz se cultivó en Europa a partir del siglo VII en Portugal y España, y del siglo IX al X en el sur de Italia.

### 1.1.2 Estructura y Composición del Grano y Criterios del Consumidor sobre su Calidad

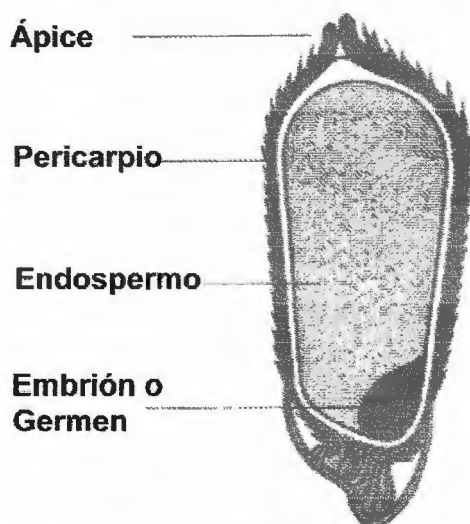


Figura N° 2: Corte longitudinal de un grano de arroz  
(R1)

El grano de arroz (arroz cáscara o paddy) se compone de una cubierta protectora exterior, la cáscara y la cariósida o fruto de arroz<sup>(R1)</sup> (arroz integral o pardo, llamado también arroz cargo o descascarillado) (Figura N° 2). El arroz integral o pardo se compone de las capas exteriores: pericarpio, tegumento o cubierta seminal y nucela; del germen o embrión; y del endospermo. Este se compone de la capa de aleurona, consistiendo el endospermo propiamente dicho en la capa de subaleurona y en el endospermo amiláceo o interior. La capa de aleurona contiene al embrión. El pigmento se reduce al pericarpio<sup>(R1)</sup>.

La cascarilla o gluma constituye un 20 por ciento del peso del arroz integral o pardo, aunque sus valores van del 16 al 28 por ciento. La distribución del peso del arroz pardo es la siguiente: pericarpio, 1-2 por ciento; aleurona, nucela y cubierta seminal, 4-6 por ciento; germen, 1 por ciento; escutelo, 2 por ciento; y endospermo, 90-91 por ciento<sup>(R1)</sup>. La capa de aleurona varía de 1 a 5 capas celulares, más espesas en la parte dorsal que en la ventral, y más gruesa en los arroces de grano corto que en las de grano largo<sup>(R1)</sup>. Las células de la aleurona y del embrión son ricas en compuestos proteínicos, que contienen globoides y fitatos, y en compuestos grasos<sup>(R1)</sup>.

Las células del endospermo son de pared delgada y están envueltas en amiloplastos que contienen gránulos de almidón compuesto. Las dos capas de células más exteriores (las subaleuronas) abundan en proteínas y lípidos y tienen amiloplastos y gránulos de almidón compuesto más pequeños que el endospermo interior. Los gránulos de almidón son poliédricos y tienen casi siempre 3-9  $\mu\text{m}$  de tamaño en todo el endospermo<sup>(R1)</sup>. (Figura N° 3), pero los compuestos proteínicos cristalinos y los esféricos grandes corresponden a los compuestos proteínicos I (CPI)<sup>(R1)</sup> y los cristalinos son idénticos a los compuestos proteínicos II (CP II). Tanto los CP I como los CP II se hallan distribuidos en todo el endospermo del arroz.

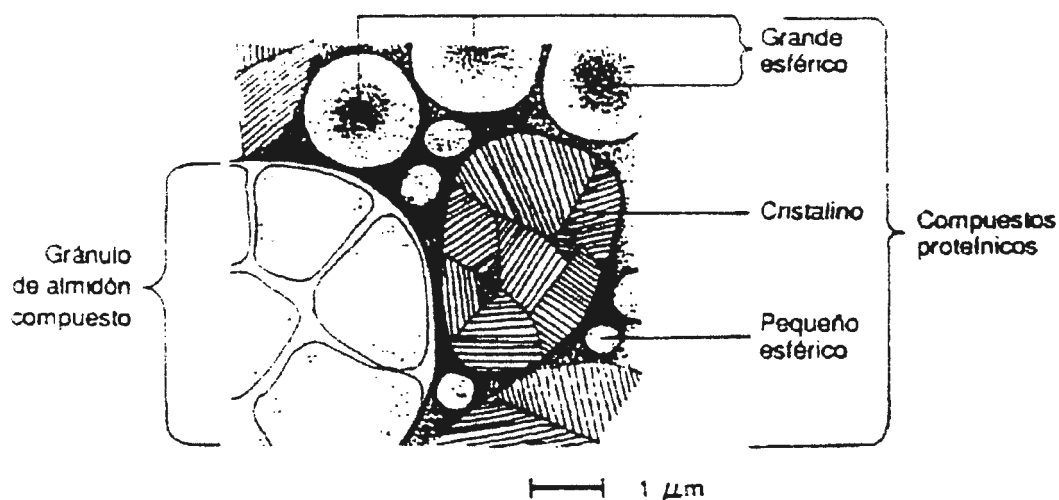


Figura N° 3: Diagrama fotomicrográfico de varios compuestos proteínicos y gránulo de almidón compuesto de la capa de subaleurona del endospermo (R1)

El arroz no glutinoso (que contiene amilosa además de amilopectina) tiene un endospermo translúcido, mientras que el arroz glutinoso (0-2 por ciento de amilosa) tiene endospermo opaco a causa de la presencia de poros entre los gránulos amiláceos y dentro de ellos. Por consiguiente, el grano glutinoso tiene un 95-98 por ciento de peso respecto del grano no glutinoso.

## 1.2 CLASIFICACIÓN DEL ARROZ

No existe una norma internacional para la clasificación del grano de arroz integral o pardo por su tamaño y forma. El IRRI emplea la siguiente escala para los tamaños: extralargo: >7,50 mm; largo: 6,61-7,50 mm; mediano: 5,51-6,60 mm; y corto <5,50 mm. Por la forma del grano en base a la relación largo/ancho, se clasifica en delgado: >3,0; mediano: 2,1-3,0; ancho: 1,1-2,0; y redondo <1,0.

La Comisión del Codex Alimentarius, al considerar el proyecto de norma para el arroz, incluido el arroz elaborado, propuso una clasificación basada en la siguiente relación de largo/ancho: grano largo: <3,1; grano mediano: 2,1-3,0; y

grano corto: <2,0 (Comisión del Codex Alimentarius, 1990).

Las tolerancias propuestas para los defectos aplicables a los arroces elaborados son 0,5 por ciento en cada caso para objetos extraños orgánicos e inorgánicos, 0,3 por ciento para el arroz con cáscara, 1,0 por ciento en cada caso para el arroz integral o pardo y el arroz glutinoso, 2,0 por ciento para granos inmaduros, 3,0 por ciento en cada caso para granos dañados y granos fermentados, 4,0 por ciento para granos yesosos (Comisión del Codex Alimentarius, 1990). Las tolerancias propuestas para los arroces elaborados sancochados o precocidos son idénticas a las de los arroces elaborados salvo que es 0 para los granos yesosos, 6,0 por ciento para los granos dañados por el calor o fermentados y otras tolerancias del 2,0 por ciento para el arroz elaborado en bruto y el 2,0 por ciento para pecosos (granos con más de 25 por ciento de su superficie de color pardo oscuro a negro).

### **1.3 COMPOSICIÓN BRUTA DE NUTRIENTES**

Entre las tracciones de elaboración del arroz, el salvado posee el máximo contenido energético y proteico y la cáscara el Mínimo (Cuadro N° 1).

Sólo es comestible la fracción de arroz integral o pardo. La elaboración por abrasión o fricción para eliminar el pericarpio, el tegumento, la testa, la aleurona y el embrión y obtener el arroz elaborado determina una pérdida de grasa, proteína, fibra cruda y neutrodetergente, así como cenizas, tiamina, riboflavina, niacina y  $\alpha$ -tocoferol. Los carbohidratos disponibles, sobre todo el almidón, abundan más en el arroz elaborado que en el arroz integral o pardo. Los gradientes para los diversos nutrientes no son idénticos como lo demuestra el análisis de sucesivas fracciones de elaboración de arroz pardo y arroz elaborado. (Figura N° 4). La fibra dietética alcanza un valor máximo en la capa de salvado (y

Cuadro N° 1: Composición aproximada del arroz cáscara y de sus fracciones de elaboración al 14 por ciento de humedad

Fracciones	Arroz Cáscara	Arroz Integral	Arroz Elaborado	Salvado de Arroz	Cáscara de Arroz
Proteína cruda (g N x 5.95)	5.8-7.7	7.1-8.3	6.3-7.1	11.3-14.9	2.0-2.8
Grasa cruda (g)	1.5-2.3	1.6-2.8	0.3-0.5	15.0-19.7	0.3-0.8
Fibra cruda (g)	7.2-10.4	0.6-1.0	0.2-0.5	7.0-11.4	34.5-45.9
Ceniza Cruda (g)	2.9-5.2	1.0-1.5	0.3-0.8	6.6-9.9	13.2-21.0
Carbohidratos presentes (g)	64-73	73-87	77-89	34-62	22.-34
Fibra neutro-detergente (g)	16.4-19.2	2.9-3.9	0.7-2.3	27-29	66.74
Contenido de energía (kJ)	1,580	1,520-1,610	1,460-1,560	1,670-1,990	1,110-1,390
Contenido de energía (kcal)	378	363-385	349-373	399-476	265-332
Densidad (g/ml)	1.17-1.23	1.31	1.44-1.46	1.16-1.29	0.67-0.74
Densidad a granel (g/ml)	0.56-0.64	0.68	0.78-0.85	0.20-0.40	0.10-0.16

(R1)

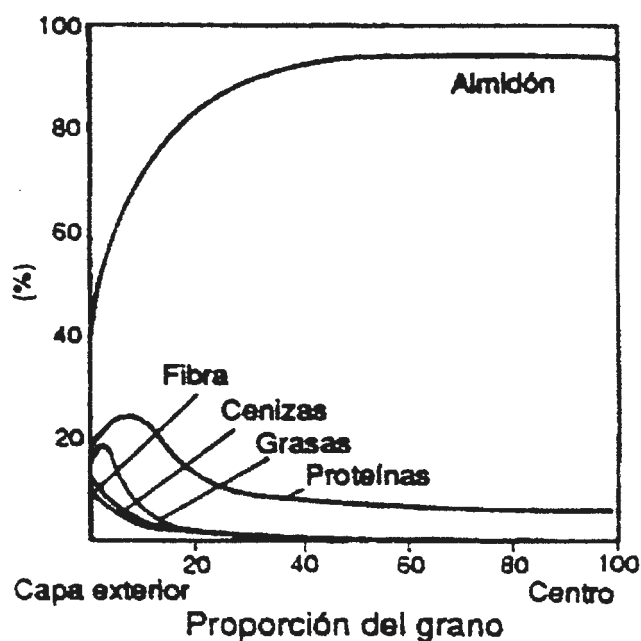


Figura N° 4: Distribución de los principales constituyentes del arroz integral o pardo empleando un molino abrasivo tangencial (R1)

la cáscara) y mínimo en el arroz elaborado<sup>(R1)</sup>. La densidad y la densidad a granel son también mínimas para la cáscara, seguida del salvado, y máxima para el arroz elaborado debido al bajo contenido de aceite.

Las vitaminas B se concentran en las capas del salvado al igual que el  $\alpha$ -tocoferol (vitamina E). El grano de arroz no tiene vitamina A, vitamina D ni vitamina C<sup>(R1)</sup>. El gradiente de situación en el grano de arroz entero es más pronunciado para la tiamina que para la riboflavina y la niacina, lo que da lugar a una menor retención porcentual de la tiamina (vitamina B<sub>1</sub>) en el arroz elaborado. Un 50 por ciento de la tiamina total se halla en el escutelo y del 80 al 85 por ciento de la niacina está en el pericarpio y en la capa de aleurona<sup>(R1)</sup>. El embrión contiene más del 95 por ciento de los tocoferoles totales (un tercio de los cuales es  $\alpha$ -tocoferol) y casi un tercio del contenido oleaginoso del grano de arroz<sup>(R1)</sup>. Según cálculos, el 65 por ciento de la tiamina del arroz pardo se halla en el salvado, el 13 en el polvo de arroz y el 22 en la fracción de arroz elaborado<sup>(R1)</sup>. La riboflavina se halla el 39 por ciento en el salvado, 8 por ciento en el polvo de arroz y 53 en la fracción de arroz elaborado. La distribución de la niacina es la siguiente: 54 por ciento en el salvado, 13 en el polvo y 33 en la fracción de arroz elaborado.

Los minerales (cenizas) también se hallan concentrados en las capas superiores del arroz pardo o en la fracción de salvado. Una gran proporción (90 por ciento) del fósforo en el salvado es fósforo de fitina. El potasio y el magnesio son las sales principales de la fitina. La distribución de la ceniza en el arroz integral o pardo es del 51 por ciento en el polvo de elaboración y 28 por ciento en la fracción de arroz elaborado; el hierro, el fósforo y el potasio muestran una distribución análoga<sup>(R1)</sup>. Sin embargo, algunos minerales muestran una distribución relativamente más equilibrada en el grano: el arroz elaborado retenía el 63 por ciento del sodio, el 74 por ciento del calcio, y el 83 por ciento del contenido de N (método de Kjeldahl) del arroz integral o pardo<sup>(R1)</sup>.

### **1.3.1 Almidón**

El almidón es el principal elemento constitutivo del arroz elaborado pues alcanza un 90 por ciento de la materia seca. El almidón es un polímero de D-glucosa con enlace  $\alpha$ -(1-4) y se compone normalmente de una fracción esencialmente lineal, la amilosa, y de una fracción de ramificación, la amilopectina.

El endospermo del arroz glutinoso es opaco y muestra intersticios de aire entre los gránulos del almidón, que tienen una densidad inferior a los gránulos no porosos. La estructura del gránulo de almidón no se comprende todavía muy bien, pero la cristalinidad y la ranciedad se atribuyen a la fracción de la amilopectina.

### **1.3.2 Proteínas**

La proteína se determina llevando a cabo una microdigestión por el método de Kjeldahl para destilar amoníaco y luego usando el test colorimétrico del amoníaco en el digestor para determinar un contenido de nitrógeno, que se convierte en proteína aplicando el coeficiente 5.95. Este coeficiente se basa en un contenido de nitrógeno del 16.8 por ciento para la proteína principal del arroz elaborado (glutelina).

La proteína del endospermo (arroz elaborado) se compone de varias fracciones, que comprenden un 15 por ciento de albúmina (hidrosoluble) más globulina (soluble en álcali. El contenido de lisina de la proteína de arroz es del 3.5 al 4 por ciento, uno de los más altos entre las proteínas de cereales.

Las proteínas del salvado de arroz son más ricas en albúmina que las del endospermo y se encuentran como compuestos proteínicos distintos que contienen globoides en la aleurona y en el germen. Estas estructuras difieren de

los compuestos proteínicos del endospermo.

La proteína del endospermo se halla localizada principalmente en los compuestos proteínicos (Figura N° 3). Los compuestos proteínicos cristalinos (CPII) son ricos en glutelina y los compuestos proteínicos esféricos grandes (CPI) lo son en prolamina.

### **1.3.3 Lípidos**

El contenido en lípidos o grasa del arroz se halla principalmente en la fracción del salvado (20 por ciento en seco), expresamente como lípidos o esferosomas en la capa de aleurona y en el salvado, pero también se halla presente de un 1.5 a un 1.7 por ciento en el arroz elaborado, sobre todo como lípidos no amiláceos extraídos mediante éter, cloroformetanol y butanol saturado de agua fría. Los compuestos proteínicos, especialmente el núcleo, son ricos en lípidos. Los principales ácidos grasos son el linoleico, el oleico y el palmítico. Los ácidos grasos esenciales en el aceite de arroz tienen un 29-42 por ciento de ácido linoleico y un 0.8-1.0 por ciento de ácido linoleico. El contenido de ácidos grasos esenciales puede aumentar con la temperatura durante el desarrollo del grano pero a costa de una reducción del contenido total de aceite<sup>1)</sup>.

### **1.3.4 Volátiles**

Los volátiles característicos del arroz cocido son el amoníaco, el sulfito de hidrógeno y el acetaldehído<sup>(R1)</sup>. Con la cocción, todos los arroces aromáticos contienen 2-acetil-1-pirrolina como mayor principio aromático<sup>(R1)</sup>. Volátiles característicos de la ranciedad de la grasa son los aldehídos, especialmente el hexanol, y las cetonas.

## **1.4 INFLUENCIA DEL MEDIO AMBIENTE EN LA COMPOSICIÓN DEL ARROZ**

Se sabe que los factores ambientales influyen en la composición del grano de arroz<sup>(R1)</sup>. El contenido proteico suele aumentar al ser mayor el espaciamiento, y como respuesta a una fuerte aplicación de fertilizantes nitrogenados, especialmente en la floración. Un breve período de crecimiento y un tiempo nublado durante la granazón, como ocurre en la temporada húmeda, pueden aumentar el contenido proteico. Las situaciones de estrés como sequía, salinidad, alcalinidad, temperatura alta o baja, enfermedades o plagas, pueden aumentar el contenido proteico del grano de arroz. El aumento del contenido proteico se produce fundamentalmente a costa de una reducción en el contenido amiláceo. Los elementos ambientales que contribuyen a aumentar el contenido proteico, como tipo de suelo, temperatura ambiental de maduración v duración del crecimiento, aumentan también el contenido de ceniza del arroz cáscara pero no incluyen en su contenido de grasa. La nutrición mineral repercute en el contenido proteico del grano de arroz: la materia orgánica del suelo, el nitrógeno total, el calcio intercambiable. el cobre y el molibdeno presentes y el cloro total son elementos todos ellos que aumentan el contenido proteico del grano de arroz<sup>(R1)</sup>.

## **1.5 LA CALIDAD DEL GRANO**

### **1.5.1 Criterios de los Consumidores**

Al abundar cada vez más el arroz en el mercado. aumenta la demanda de los consumidores por arroz de calidad superior. Aunque las evaluaciones sensoriales hechas por equipos de laboratorio y cuadros de consumidores arrojan alguna indicación sobre criterios importantes para determinar la calidad del arroz, no reflejan las propiedades por las que los consumidores realmente pagarían más

en el mercado al por menor. Determinando con claridad las características de calidad que valoran los consumidores, los fitogenetistas pueden buscar las propiedades que sean económicamente viables en las investigaciones fitogenéticas. Los resultados pueden servir a los sociólogos de programa para realizar investigaciones sobre política pública en el sector de la comercialización del arroz, evaluación de tecnología y prioridades de investigación.

La calidad del grano de arroz significa propiedades distintas para grupos distintos en la fase de poscosecha<sup>(R1)</sup>. Aunque la variedad es el factor principal que contribuye a la calidad del grano, una buena manipulación después de la cosecha puede mantenerla e incluso mejorarla. El contenido de humedad es el criterio más importante de calidad para el arroz cáscara. Para el agricultor, la calidad del grano guarda relación con la calidad de la semilla para el material de siembra y con el grano seco para el consumo, con un mínimo de humedad, de deterioro microbiano y de defectos. La industria arrocera y el comerciante buscan una humedad baja, la integridad de una misma variedad y un alto rendimiento en granos enteros y total de arroz elaborado. La calidad comercial está determinada principalmente por las propiedades físicas y el nombre de la variedad, mientras que la calidad de cocción y consumo depende de las propiedades fisicoquímicas, especialmente del contenido aparente de amilosa.

### **1.5.2 Indicadores de Calidad del Grano**

Las propiedades físicas del grano como longitud, anchura, transparencia, grado de elaboración, color y envejecimiento del arroz elaborado son indicadores de la calidad del grano. El contenido de amilosa del almidón del arroz es el principal factor para su comestibilidad. Guarda relación directa con la expansión del volumen y la absorción de agua durante la cocción y con la dureza o consistencia, blancura y opacidad del arroz cocido<sup>(R1)</sup>. Los estudios genéticos han demostrado que el arroz no glutinoso predomina sobre el glutinoso<sup>(R1)</sup>. Entre los

elementos padres no glutinosos, predomina totalmente una amilosa alta sobre una amilosa baja o intermedia y la intermedia predomina sobre la baja.

La temperatura de gelatinización (TG) final de los gránulos de almidón se refiere a la temperatura del agua a la que por lo menos el 90 por ciento de los granos amiláceos se han gelatinizado o han perdido birrefringencia (cruz de Malta), o se han hinchado irreversiblemente en agua caliente.

La prueba de la consistencia del gel se desarrolló para determinar la dureza o consistencia del arroz cocido entre los arroces de amilosa alta<sup>(R1)</sup>. Se clasifica en base a la longitud del gel en blanda (61-100 mm), mediana (41-60 mm), y dura (27-40 mm). Se refiere una consistencia del gel de blanda a mediana a una consistencia dura en los arroces tanto glutinosos como no glutinosos. Un alto contenido proteico contribuye a una consistencia más dura del gel. la amiopectina contribuye más que la amilosa a la consistencia del gel del almidón y a su viscosidad.

Entre los arroces del mismo tipo aparente de amilosa, el valor de dispersión al álcali y de consistencia del gel pueden servir de índices cualitativos.

Programa fitogenético	Propiedades físicas <sup>1</sup>	Textura del almidón <sup>2</sup>	Textura del arroz cocido <sup>2</sup>
Variedades tradicionales	Principal	Opcional	Opcional
Variedades modernas	Importante	Importante	Verificación
Calidad del grano	Importante	Verificación	Importante

<sup>1</sup>Contenido de amilosa, valor de dispersión al álcali (temperatura de gelatinización), consistencia del gel.  
<sup>2</sup> Evaluación sensorial o método instrumental: instrón, texturómetro, tensiprensor, viscoelastógrafo, etc.

## **1.6 TRATAMIENTO POSTCOSECHA, SANCOCHADO O PRECOCCIÓN Y PREPARACIÓN DOMÉSTICA**

Entre los granos de una misma panícula se da una gran variación en cuanto al contenido de humedad, pues las panículas florecen y se desarrollan de arriba a abajo. El peso del grano suele ser menor y el contenido proteico mayor en las ramificaciones inferiores de una misma panícula. El contenido óptimo de humedad para la recolección varía con la estación, pero suele alcanzarse al mes de la floración. La uniformidad de la floración entre panículas influye en el porcentaje de inmaduros al tiempo de la recolección, habiendo arroces fotosensitivos que tienen una floración más sincrónica que las variedades no sensitivas. Los granos inmaduros reducen el rendimiento en arroz entero y dan lugar a granos totalmente yesosos.

La recolección sigue haciéndose casi siempre cortando la panícula y dejándole suficiente tallo para poderla trillar con sistemas manuales. Las panículas se colocan en la era y se secan al sol antes de la trilla manual, el pisado por hombres o animales o la acción de trilladoras mecánicas. Los retrasos en la trilla de la cosecha ya cortada, almacenada en montones, dan lugar muchas veces a "quemaduras de apilamiento", como consecuencia de la respiración anaeróbica que cae los microorganismos que hay en la paja (70-80 por ciento de humedad) y en el grano. Se forman granos amarillos o de color canela cuando la temperatura de la panícula llega a los 60°C por algunos días.<sup>(R1)</sup>

En el secado se suele utilizar la radiación solar, sobre todo en la temporada seca. La capacidad de secado se halla limitada en la temporada húmeda, cuando se cultiva más arroz debido a la disponibilidad de agua. Los secadores instantáneos son ideales para el secado inicial del arroz cáscara recolectado para reducir el contenido de humedad al 18-20 por ciento.

Este secado inicial permitirá un almacenamiento seguro del grano durante 4-5 semanas antes del secado definitivo. En los granos secados con aire caliente a 50°C y almacenados durante 6 a 12 meses se observa la deformación de las esferosomas de la aleurona, todo ello acompañado de una baja en los triglicéridos y fosfolípidos.<sup>(R1)</sup>

El agrietado se produce no durante el secado como demuestra el secado al sol, sino cuando el grano excesivamente secado absorbe humedad al enfriarse.<sup>(R1)</sup>

### **1.6.1 Almacenamiento**

Los cambios por almacenamiento, es decir, el envejecimiento del grano, se producen sobre todo durante los 3-4 primeros meses después de la recolección y se conocen también como "maduración postcosecha".<sup>(R1)</sup> Los elementos constitutivos del grano se equilibran probablemente llegando a su forma física más estable, lo que da lugar a un grano más duro de color crema <sup>(R1)</sup>. La maduración después de la cosecha va acompañada de un rendimiento mayor de arroz total y de arroz entero elaborado. El arroz almacenado registra una mayor expansión volumétrica, produce un arroz cocido más graneado y menos sólidos disueltos en el agua de cocción que el arroz recién cosechado.

El grano de arroz es muy higroscópico debido a su contenido amiláceo y se equilibra con la humedad relativa ambiental. Se suele considerar que el contenido seguro de humedad para el almacenamiento es 14 por ciento en las zonas tropicales. Las plagas de almacén (insectos y microorganismos) y los roedores producen pérdidas tanto de calidad como de cantidad en los granos <sup>(R1)</sup>. En la composición bruta no incluye el almacenamiento, pero el contenido de vitaminas se reduce progresivamente <sup>(R1)</sup>.

En la mayoría de las zonas tropicales, el arroz se almacena como arroz cáscara, pero en el Japón se almacena en forma de arroz integral. El descascarillado con rodillos de caucho reduce al mínimo las magulladuras superficiales del arroz integral y mejora la duración en almacén del grano descascarillado. Sin embargo, el arroz integral es más sensible a los agentes ambientales cuando carece de la cáscara que lo envuelve y lo aísla, y en consecuencia fácilmente se agrieta en el transporte.

## **1.7 PRODUCCIÓN NACIONAL DE ARROZ GRANZA**

**Tipo de Cultivo y Zonas de Siembra:** El arroz es un cultivo de invierno y verano (regadillo). Se obtiene buenos resultados en la época lluviosa. El arroz requiere de pocas horas luz para su desarrollo, ya que esto afecta el proceso de floración. Se adapta a altitudes que van desde los cero msnm, hasta los 800 msnm.

Algunas zonas de siembra en el país son:

- Región I:     Ahuachapán (Atiquizaya)  
                  Santa Ana (El Porvenir)  
                  Sonsonate (Acajutla, Metalío)
- Región II:    Chalatenango (Nueva Concepción; El Paraíso)  
                  La Libertad (San Pablo Tacachico, Ciudad Arce)
- Región III:   La Paz (Zacatecoluca, San Juan Nonualco)  
                  San Vicente (Tecuoluca, Apastepeque)

Región IV: Usulután (Puerto Parada)  
 San Miguel (Uluazapa, Chapeltique)  
 La Unión (Intipucá)

**Varietades y Formas de Cultivo:** Las fechas de siembra están ligadas al ciclo vegetativo de cada variedad. Para las variedades de ciclo corto, el período de madurez es de 110 a 120 días, entre ellas tenemos CICA-4, CICA-6, que se siembra a partir de la segunda quincena de junio hasta julio.

Los sistemas de siembra dependerán del área y de las condiciones económicas del productor.

La producción de arroz se concentra en los meses de septiembre y noviembre.

**Costos de Producción:** Para la cosecha 94/95, los costos de producción de arroz se presentan en 2 grandes divisiones.

#### Arroz Tecnificado

Superficie:	1 manzana
Rendimiento:	71.60 qq granza
Costos de Producción:	¢7,131.69
Costo Unitario (por qq granza):	¢99.60

**Arroz semi-Tecnificado**

Superficie:	1 manzana
Rendimiento:	66.60 qq granza
Costos de Producción:	¢4,801.06
Costo Unitario (por qq granza):	¢72.09

Los parámetros que determinan los costos de producción son los insumos utilizados: Semilla certificada, fórmula, sulfato de amonio, urea, foliar y pesticidas.

**Demanda de Arroz:** Consumo Nacional de arroz oro (cosecha 95/96). De acuerdo a las estimaciones de la Hoja de Balance de Granos Básicos del 1 de agosto de 1995 al 31 de julio de 1996, el consumo total de arroz es el siguiente:

**Distribución Teórica de Disponibilidades:**

Consumo	
Humano	1,068,989 qq
Industrial	45,000 qq
Semilla	33,000 qq
Pérdidas post-cosecha	35,555 qq
Exportaciones	30,000 qq
Existencia final	370,034 qq
	-----
	<u>1,582,578 qq</u>

La demanda por arroz se distribuye así:

Consumo	70.4%
Exportaciones	1.9%
Existencia final	23.4%
Otros	4.3%

Al respecto, este esquema es susceptible de modificaciones en su clasificación, al recordar que la demanda global se divide en Consumo, Inversiones y Exportaciones, descartándose el segundo de estos miembros de la ecuación en el caso que nos ocupa.

# **CAPÍTULO II**

## **MOLIENDA DE ARROZ**

## **CAPÍTULO II**

### **MOLIENDA DE ARROZ**

#### **2.1 BENEFICIADO DE ARROZ GRANZA**

Una humedad alta en la atmósfera durante la elaboración mejora el rendimiento en arroz entero. Si se aumenta el contenido de humedad del grano al 14-16 por ciento mediante vapor antes de la elaboración se mejora también el rendimiento de arroz entero y su sabor<sup>(R1)</sup>, pues un 14-16 por ciento es la escala de contenido de humedad crítico para la susceptibilidad al agrietado de la mayoría de las variedades de arroz.<sup>(R1)</sup> Las variedades susceptibles se agrietan fácilmente por debajo de un 16 por ciento de humedad cuando quedan expuestas a una humedad superior, pero las variedades resistentes se vuelven susceptibles con un 14 por ciento de humedad. Así pues, el agrietado se reduce al mínimo en todas las variedades ajustando la humedad del grano al 16 por ciento antes de la elaboración. Sin embargo, el arroz elaborado puede tener que volverse a secar hasta un 14 por ciento para su buena conservación.

Los molinos de arroz en Asia van desde un molino Engelberg de un solo paso a sistemas de pasos múltiples. La tecnología manual en que el pilado se hace a mano da lugar a un arroz semielaborado que es más rico en vitaminas B que el arroz elaborado a máquina y ello por la eliminación incompleta de las capas de salvado. En el molino Engelberg o de tipo descascarador<sup>(R1)</sup>, el descascarillado y la elaboración se realizan en una sola fase con un mayor número de granos quebrados o partidos. El subproducto es una mezcla de harina basta de cáscara y salvado. Utilizando antes una descascaradora se mejora el rendimiento de arroz elaborado entero y total.

Los granos delgados requieren menos presión para su elaboración que los granos gruesos debido a su capa más delgada de aleurona, aunque están más expuestos a roturas durante la elaboración. En los molinos modernos, la elaboración comprende varias fases y se recogen por separado las fracciones de salvado y de polvo de arroz. La elaboración de un 10 por ciento de polvo de salvado de arroz del arroz integral mediante molinos abrasivos y de fricción elimina todo el pericarpo, cubierta seminal y nucela, y prácticamente toda la aleurona así como el embrión o germen (Figura 2), pero quita poquísimos del endospermo no aleurónico, salvo las aristas laterales.<sup>(R1)</sup>

El molino abrasivo puede fácilmente realizar una super-elaboración, obteniendo por ejemplo arroces de centro blanco con bajo contenido de proteínas y grasas para la obtención luego de sake (vino de arroz japonés).<sup>(R1)</sup>

La presencia de partes yesosas en el endospermo, por ejemplo, vientres o centros blancos, contribuye a la rotura del grano durante la elaboración. Un endospermo heterogéneo es tal vez más susceptible al agrietado, pues un mutante yesoso y el arroz glutinoso con un endospermo uniformemente yesoso dan un buen rendimiento de arroz entero durante la elaboración.

El término de arroz pulido se refiere al arroz elaborado que ha pasado por las cribadoras donde se elimina el salvado suelto que queda adherido a la superficie del arroz elaborado, mejorando así su transparencia. Estas cribas tienen un cilindro horizontal o vertical, o cono, cubierto con tiras de cuero, para ir eliminando suavemente el salvado suelto, haciéndolo rotar en una cámara consistente en un tamiz de malla de alambre o en un tamiz de acero con perforaciones ranuradas.

## 2.2 SEPARADORAS POR AIRE

Las separadoras por aire se utilizan ampliamente en el beneficio de semillas, como sistemas independientes o estructuralmente incorporados en otras máquinas. Antes de considerar las diferentes máquinas y equipos de un beneficio de arroz, analizaremos el principio, uso y tipos de las separadoras por aire.

Las separadoras por aire se utilizan ampliamente en el beneficio de semillas, como sistemas independientes o estructuralmente incorporados en otros medios de limpieza. En realidad, los sistemas de separación por corriente de aire han estado tan bien integrados en otras separadoras que casi han perdido su identidad. La limpiadora básica para semillas - la máquina cribadora-ventiladora - tiene uno, dos, tres o más sistemas de ventilación que contribuyen en las clasificaciones hechas por la máquina.

Una separación por corriente de aire fue el primer método usado por el hombre en la limpieza de semillas. La proverbial "separación de paja y grano" se realizaba con un harnero - una forma de separación por aire. Una mezcla de grano y paja se lanzaba al aire, y el grano pesado regresaba llevado por el viento más allá de su borde, cayendo al suelo. Puesto que el viento no era una fuente controlable de aire en movimiento, la zaranda fue posteriormente mecanizada con la ventilación manual. En la actualidad, en muchas partes del mundo, las instalaciones de ventilación movidas por un manubrio o motorcito siguen siendo los medios primordiales - y en muchos casos los únicos - de limpieza de semillas y granos.

Como ya se dijo antes, los sistemas de aire se utilizan ampliamente en el procedimiento de semillas. Además de su incorporación en las máquinas cribadora-ventiladoras, los sistemas de aire forman parte esencial de las

separadoras por gravedad, despedradoras, descascaradora-escarificadoras y de muchas desbrozadoras. A menudo se combinan con equipo para clasificación dimensional, sorteadoras eléctricas por color, equipo de transportación, separadoras electrostáticas, desbarbadoras y otros equipos para remover polvo y material ligero. Las características y funciones de los sistemas de aire incorporados en las otras máquinas de beneficio o usados en combinación con ellas. En este capítulo, por lo tanto, se considerará solamente aquellas procesadoras en las cuales el aire es el medio principal - y a menudo el único - de las separaciones eficientes.

Las separadoras por aire - como se consideran aquí - pueden clasificarse como separadoras neumáticas, aspiradoras y aspiradora-desbrozadoras. Aunque estos tres tipos de separadoras por aire son diferentes en forma, utilizan el mismo principio de separación.

### **2.3 PRINCIPIO DE LA SEPARACIÓN POR AIRE**

Todas las separadoras de semillas están planeadas para efectuar remociones basadas en las diferencias en algunas propiedades o características entre las semillas del cultivo y las impurezas indeseables. En las separadoras por aire, la propiedad o característica concerniente se denomina *velocidad terminal*. Por ello, las aspiradoras y separadoras neumáticas pueden apropiadamente llamarse separadoras por velocidad terminal.

Velocidad terminal es un nombre complejo para un fenómeno sencillo. Es la velocidad máxima o final que una semilla alcanzará en su caída libre antes que la resistencia del aire le impida seguir cayendo más aprisa. Si se deja caer un puñado de diversas semillas desde una altura considerable algunas caerán más aprisa que otras, por ser más aerodinámicas (ofrecen menos resistencia al aire)

en relación con su peso. El proceso inverso produce el mismo efecto: cuando una corriente de aire es soplada hacia arriba a través de una masa de semillas, las de alta resistencia al aire en relación, con su peso serán levantadas a una velocidad del aire más baja que las semillas que ofrecen menos resistencia. Para expresarlo todavía en otra forma, la velocidad terminal de una semilla es equivalente a la velocidad del aire requerida para suspender la semilla en una columna ascendente de aire confinado. Si la velocidad del aire en la columna se ajusta a un determinado nivel y una mezcla de semillas se deposita en ella, cada semilla cuya velocidad terminal sea inferior a la del aire será levantada, y a la inversa, cada semilla de velocidad superior a la del aire se depositará o caerá contra corriente a la columna de aire en ascenso. El grado comparativo de ascenso o descenso de una semilla en una columna ascendente de aire está determinado por la magnitud de la diferencia entre su velocidad terminal y la velocidad del aire.

La aerodinamicidad ya ha sido mencionada como un factor que influencia la velocidad terminal de la semilla o de cualquier partícula. Hay muchos otros factores: forma, gravedad específica, textura superficial, superficie expuesta, área anterior y dimensiones de todo el conjunto. En el contexto de las separaciones de las semillas, sin embargo, los factores determinantes son generalmente el peso individual de la semilla en relación con su resistencia al aire. Así pues, cuando las semillas individuales que constituyen una mezcla son de la misma forma y volumen, pero difieren en densidad o gravedad específica, puede usarse el aire para separar las semillas *ligeras* de las *pesadas*. En cambio, si las semillas de la mezcla son todas de igual densidad pero difieren en forma, el aire puede emplearse para separar las semillas de mayor área de superficie de las de menor; por ejemplo, las semillas irregularmente formadas de las esféricas.

## 2.4 USOS DE LAS SEPARADORAS POR AIRE

Las separadoras por aire se emplean en tres formas distintas y diferentes. Estas son:

- a. *Limpieza general*: Las separadoras por aire se utilizan ampliamente para limpiar las semillas, para retirar el polvo, el material inerte liviano, fracciones de semillas, semillas encogidas e inmaduras y otros materiales contaminadores ligeros. Los sistemas de aire de una cribadora-ventiladora desempeñan este tipo de operación de limpieza general.
- b. *Clasificación minuciosa*: Las separadoras por aire se usan para "clasificar" las semillas por densidad o peso por volumen. La remoción de las semillas ligeras o dañadas por insectos de las semillas de zacates, granos, veza o algodón aumenta el peso por hectolitro (peso por volumen) y tal vez se supera su germinación. La eficacia de esta separación depende de la pureza de las semillas que han de clasificarse minuciosamente. Para obtener mejores resultados, las semillas deberían limpiarse totalmente en otras máquinas antes de intentar la separación final por corriente de aire.
- c. *Separaciones específicas*: En algunos casos una separadora de aire puede usarse para remover una impureza específica que no fue eliminada en las operaciones previas de limpieza. La mezcla de semillas debe estar minuciosamente precalibrada antes de intentar la separación por aire.

## 2.5 TIPOS DE SEPARADORAS POR AIRE

Las separadoras por aire pueden clasificarse, un tanto arbitrariamente, en

tres tipos generales: 1) Separadoras Neumáticas, 2) Aspiradoras y 3) Aspiradora-Desbrozadoras.

### **2.5.1 Separadoras Neumáticas**

En las separadoras neumáticas el ventilador está localizado cerca de la toma de aire donde se crea una presión superior a la atmosférica, originando que el aire sea forzado a presión a través de la columna separadora.

*Funcionamiento y manejo:* Las semillas son alimentadas dentro de la columna vertical del aire en movimiento por medio de un alimentador de plano inclinado. Cuando la mezcla de semillas entra en con la corriente de aire, las contaminadoras y otras impurezas de velocidad terminal inferior a la del aire (semilla ligera), son levantadas y elevadas a través de la columna hacia la parte superior, de donde son desviadas a la salida de descarga. Las semillas con velocidad terminal superior a la del aire (semilla pesada), caen a través de la columna de aire hasta tocar una fina tela de alambre inclinada diagonalmente en la columna. Estas semillas son entonces desviadas por dicha tela a la salida de descarga de la semilla pesada.

En las separadoras neumáticas de una columna, Figura N° 5, sólo es posible una separación en dos vías: el material ligero del pesado. Pero cuando dos columnas de aire se combinan en la misma máquina, también es posible efectuar una separación en tres vías: la mezcla es alimentada en una de las columnas de donde las semillas o producto pesado caen a través de la corriente de aire y son separadas; el material levantado - compuesto de polvo, paja, partículas ligeras, mitades y otras fracciones de semillas, es desviado a una segunda columna de aire, en donde el material ligero y sin ningún valor económico es levantado y separado de las mitades y fracciones de semillas, las cuales pueden recuperarse

para forrajes o para usos industriales. En una separación de tres vías la velocidad del aire en la primera columna separadora debe ser mayor que en la segunda.

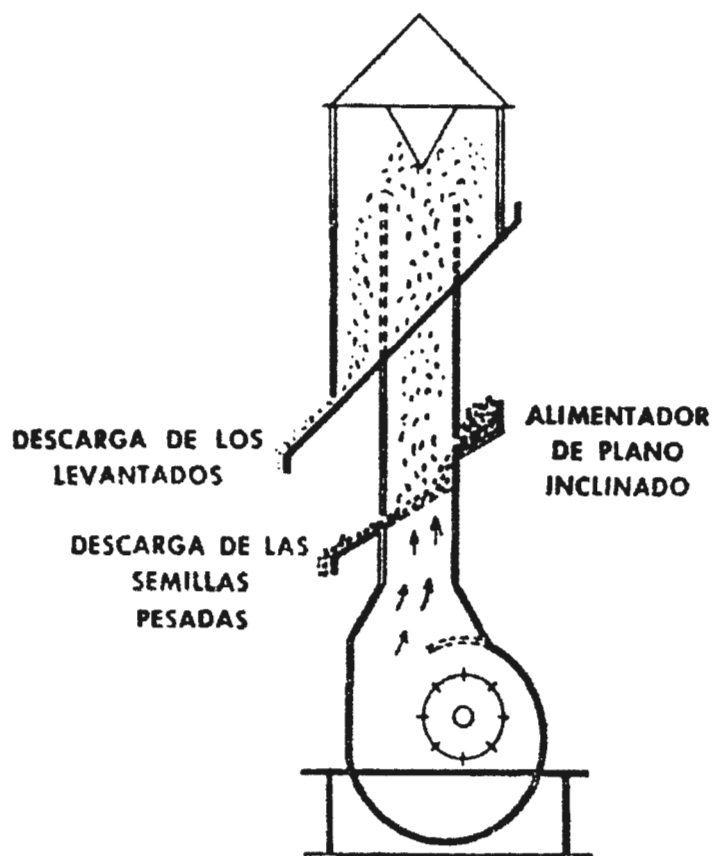


Figura Nº 5: Sección longitudinal de una separadora neumática ESM. (R3)

*Ajustes:* Las separadoras neumáticas sólo requieren dos ajustes: velocidad de alimentación y volumen de aire (velocidad).

La doble remoción obtenida con la separadora Sortex por aire se muestra en la Figura Nº 6. El producto sin separar es alimentado con un vibrador dentro de dos conductos abastecedores de las secciones A y B. En el conducto C, una corriente continua y controlable de aire, levanta las partículas más ligeras (mitades, fracciones, cubiertas, etc.) hacia las salidas superiores de las mitades y

desechados. El producto entero más pesado se desliza suavemente por el canal a la salida correspondiente. usando este mismo sistema, un producto que no contenga material desechable puede separarse eficientemente en mitades y producto entero.

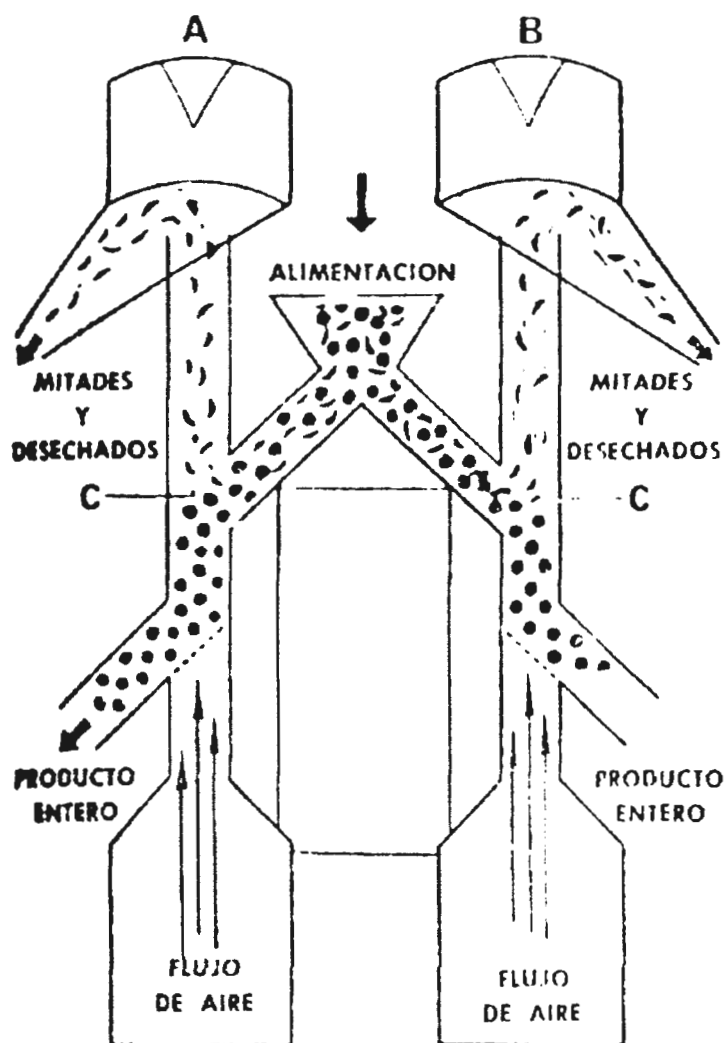


Figura N° 6: Remociones efectuadas en dos vías con la separadora neumática Sortex de columna doble. (R3)

La triple remoción (Figura N° 7) efectuada con la separadora Sortex por corriente de aire se muestra en el diagrama superior. Primero se gira la salida superior de la sección B a una posición tal que pueda alimentar el conducto

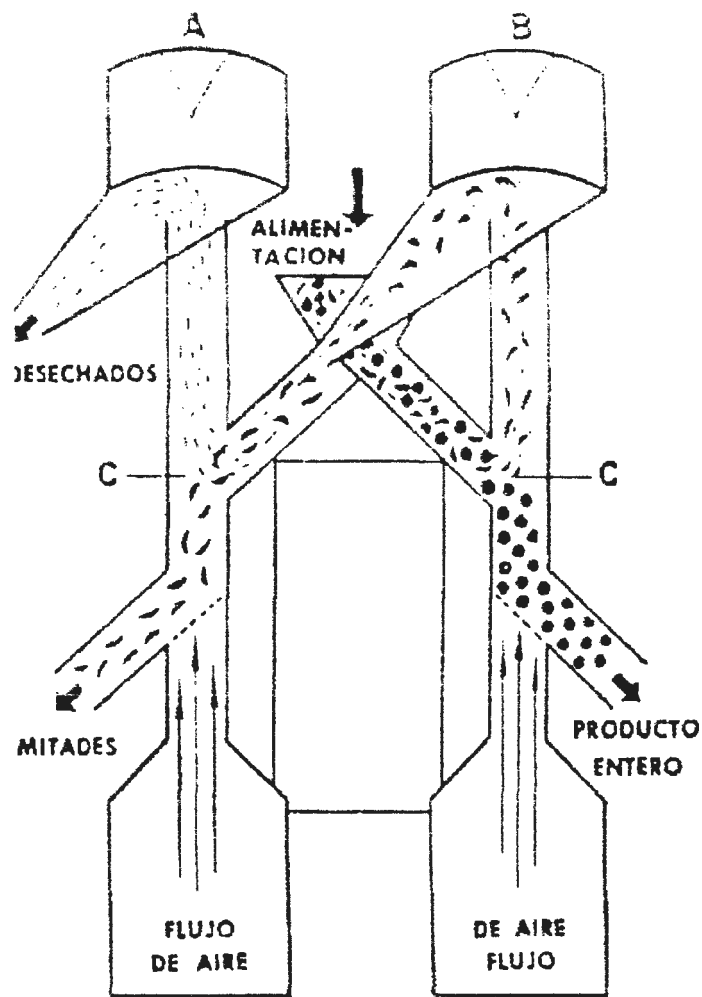


Figura N° 7: Remociones efectuadas en tres vías con la separadora neumática Sortex de columna doble. (R3)

abastecedor de la sección A. El producto sin separar se alimenta primero por un vibrador solamente en la sección B. Una continua corriente de aire regulable levanta las partículas más ligeras hacia la parte superior de la sección B, de donde son dirigidas al conducto abastecedor de la sección A. El producto entero continúa hacia la salida correspondiente de la sección B, mientras las mitades y los desechos alimentan el conducto C de la sección A. Allí una corriente continua y regulable de aire levanta las partículas más ligeras hacia la salida superior de los desechos, mientras las mitades se deslizan rumbo a la salida correspondiente de la sección A.

- a. Velocidad de alimentación: La velocidad de alimentación es controlable y determina la capacidad. Debe ajustarse de tal manera que cada semilla reaccione individualmente en base a su propia velocidad terminal. Generalmente la velocidad de alimentación debe ser lo más alta posible sin afectar la eficiencia de ración.
- b. Volumen de aire: El volumen o velocidad de aire soplado a través de la columna separadora se controla ajustando la abertura de la toma de aire. Puesto que la caja de la columna no es elástica mientras mayor sea el volumen del aire que va por dicha columna, mayor será su velocidad. La velocidad del aire deberá ajustarse de manera que se logre la separación deseada. Esto se puede perfeccionar abriendo lentamente la toma de aire y revisando periódicamente la separación hasta obtener los resultados perseguidos.

### **2.5.2 Aspiradoras**

Las aspiradoras difieren de las separadoras neumáticas en que el ventilador está colocado en su extremo de descarga. Al funcionar el ventilador, se induce un vacío (presión reducida) en la separadora, originando que el aire externo a la presión normal se precipite dentro de la separadora.

El tipo principal (Figura N° 8) de limpiadora-aspiradora usada es la aspiradora-fraccionadora. Se le llama así porque produce cuatro separados o "fracciones", que varían de ligera a pesada.

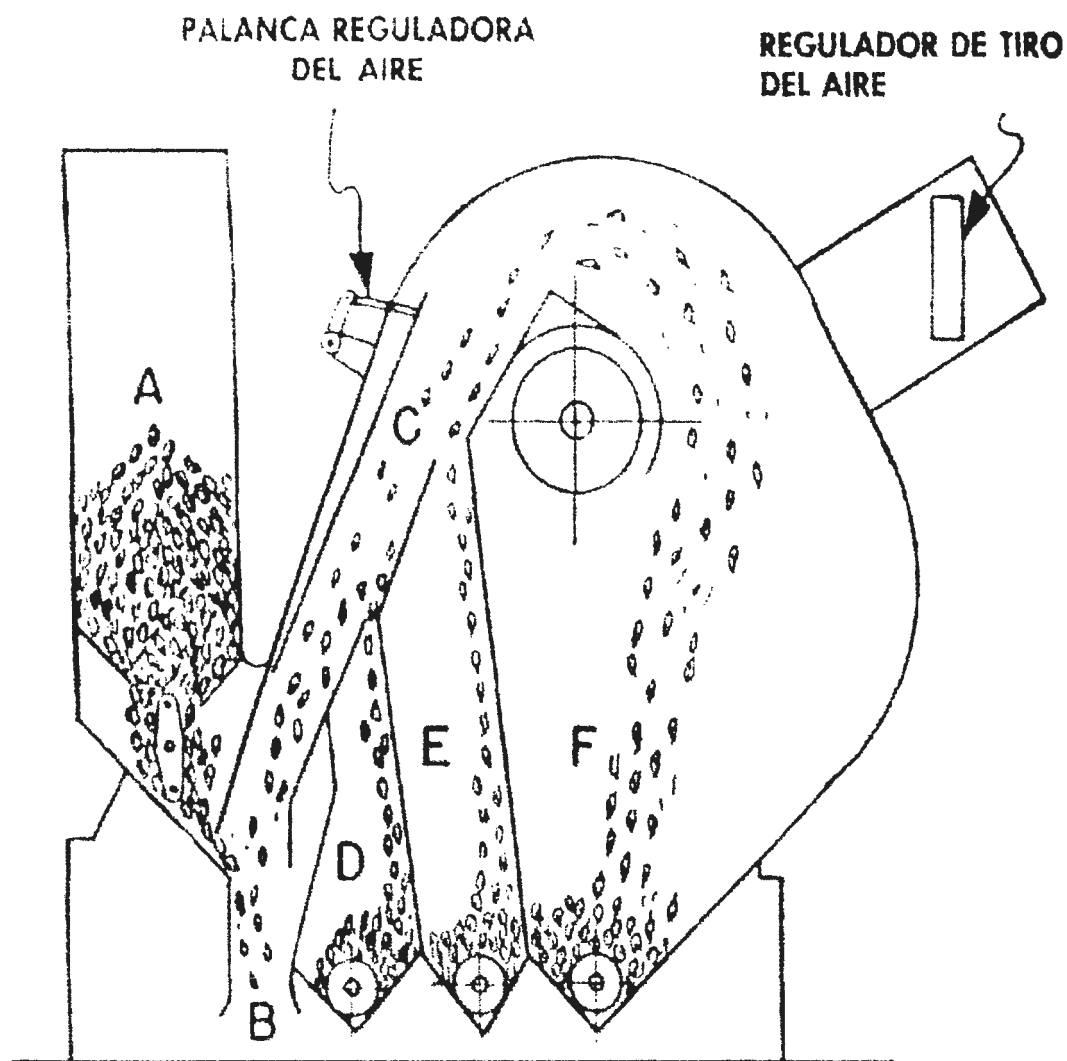


Figura N° 8: Corte transversal de una aspiradora-fraccionadora.

(R3)

A, Tolva; B, Columna de aire a través de la cual las semillas pesadas caen contra la corriente; C, Columna en la cual las semillas más ligeras y la paja son levantadas; D, Sección que recibe los levantados más pesados; E, Sección que recibe la fracción menos pesada que la anterior; F, Sección en la cual se depositan los materiales desechados extremadamente ligeros.

*Funcionamiento y manejo:* La mezcla de semillas es medida por un rodillo alimentador al entrar a la columna ascendente de aire. Las semillas más pesadas

caen contra dicha corriente y son descargadas por la toma de aire fuera de la máquina. El resto de la mezcla del material más ligero es levantado por el aire ascendente. El área transversal de la sección separadora aumenta gradualmente de tamaño, reduciendo la velocidad del aire y originando que las partículas levantadas caigan "fuera" de la corriente en orden decreciente a sus velocidades terminales. En esta forma, además del primer separado o "fracción pesada", que cae a través de la columna de aire, se producen otras tres fracciones, cada una con diferente velocidad terminal (o peso). La primera fracción (segundo separado) está generalmente formada por las semillas de segundo grado; la fracción segunda es el tercer grado y la fracción tercera, generalmente de poco o nulo valor económico, la constituyen el polvo, paja y otros materiales extremadamente ligeros. Las fracciones segunda y tercera a menudo se llaman "levantados intermedios".

La primera fracción (pesada) cae a través de la columna de aire, es descargada y puede ser desalojada o transportada fuera de la separadora. Las otras tres fracciones caen dentro de tres cámaras provistas de compuertas rotativas de aire, a través de las cuales las semillas son descargadas. En esta forma, la aspiradora fraccionadora produce separados graduados de un lote de semillas en una forma continua.

*Ajustes.* Los ajustes esenciales de la aspiradora-fraccionadora son las velocidades de alimentación y del flujo de aire.

- a. *Velocidad de alimentación:* La velocidad de alimentación debe ajustarse de manera que un flujo uniforme de semillas se deposite en la corriente de aire. No debe ser tan rápida que entorpezca la acción independiente de las partículas.
- b. *Flujo de aire:* El flujo de aire (volumen y velocidad) se controla

fundamentalmente por un regulador ajustable de tiro, en el conducto de descarga del ventilador o por un motor eléctrico de velocidad variable que al ventilador, o por ambas cosas. Sin embargo, otro ajuste importante que influencia la velocidad del aire es la veleta ajustable de aire. La veleta se localiza en la sección superior de la separadora, en el lugar donde las semillas entran al flujo de aire. La veleta puede condicionarse para restringir o ampliar esa sección, con el fin de aumentar la velocidad del aire (cuando la sección transversal se restrinja) o disminuirla (cuando se amplíe la sección transversal). La veleta ajustable se usa para regular las proporciones de los levantados dirigidos a las tres cámaras de asentamiento.

### 2.5.3 Aspiradoras-Desbrazadoras

Las aspiradoras-desbrazadoras (Figura N° 9) se utilizan de manera bastante

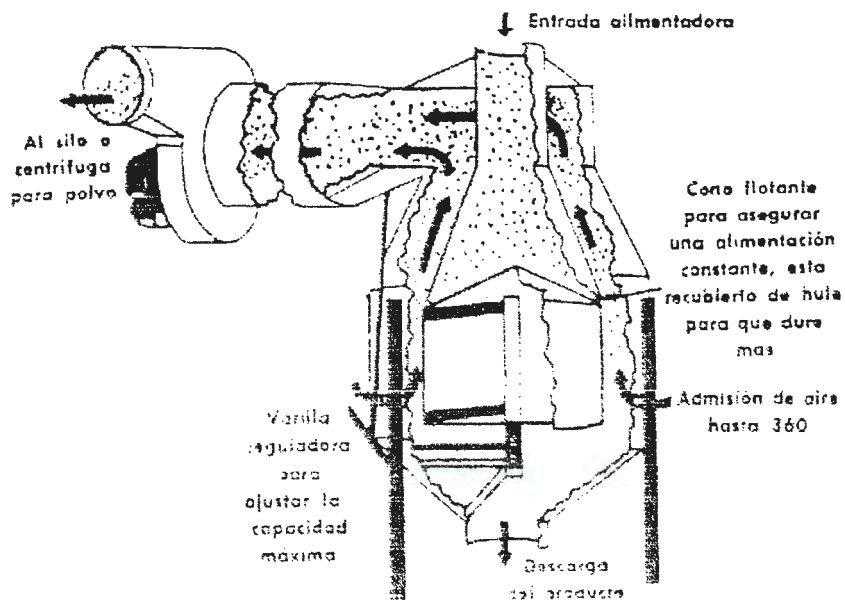


Figura N° 9: Sección longitudinal de la desbrazadora neumática Forsbergs de "aire depurado" (R3)

similar a otros tipos de desbrozadoras. Únicamente pueden "desbrozar por medio de aire o más a menudo - por aire en combinación con una desbrozadora de banda sin fin (criba cilíndrica con aberturas grandes).

*Funcionamiento y manejo:* En una aspiradora-desbrozadora (Figura N° 10)

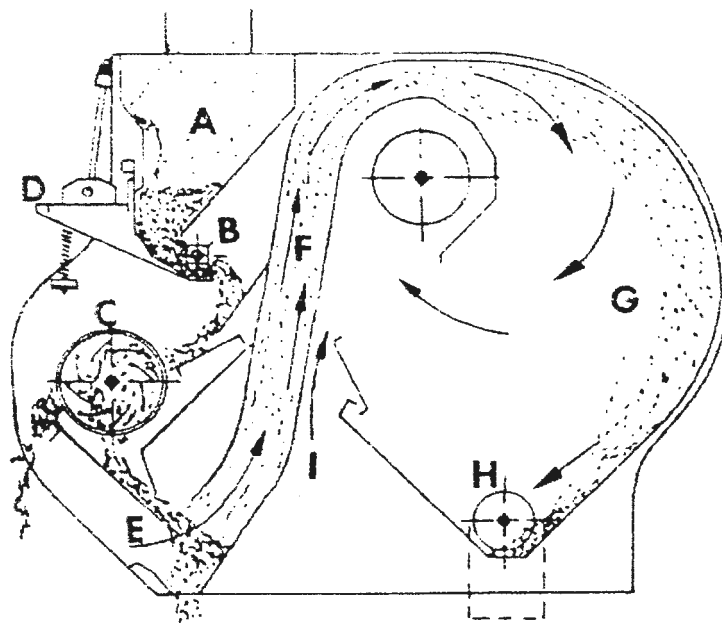


Figura N° 10: Sección longitudinal de una aspiradora-desbrozadora (desbrozaspiradora) (R3)

de tipo de banda sin fin, el material es alimentado a una velocidad regulada, sobre una banda o criba cilíndrica giratoria con aberturas bastante grandes. Las varas, paja, hojas y otros materiales voluminosos no podrán pasar a través de las aberturas de la banda y serán transportados sobre ella a la salida de la desbrozadora. Las semillas y otros materiales pequeños pasarán a través de esta banda giratoria a la cámara aspiradora. El cribado consistente en semillas encogidas y dañadas insectos, rotas, de hierbas ligeras, paja fina y polvo, es levantado por el aire y conducido a una cámara amplia donde se deposita y es desalojado o transportado hacia afuera por un tornillo sin fin. Los materiales muy finos y ligeros pasan a través del ventilador y son desalojados en un colector de

polvo. Los cribados pesados, consistentes principalmente en semillas buenas, pero conteniendo semillas de otros cultivos y de hierbas o de algún material inerte, caen contra la corriente en la columna aspiradora y son descargados. En seguida son transportados a una cribadora-ventiladora o a otras máquinas para su limpieza final.

Las aspiradoras que desbrozan exclusivamente por aire funcionan en forma bastante similar a las separadoras neumáticas. En un modelo, las semillas rugosas son alimentadas dentro de la separadora a través de una entrada alimentadora, de donde son distribuidas sobre un tambor flotante y expuestas a una columna de aire ascendente. El aire levanta el material ligero y lo traslada a una centrífuga o silo de polvo. Las semillas pesadas caen a través de dicha columna de aire y son descargadas por la salida inferior. Después pueden ser transportadas al almacén o a otras máquinas limpiadoras.

*Ajustes:* Los ajustes principales de las aspiradoras-desbrozadas las velocidades de alimentación y del aire. Ambas pueden ajustarse fácilmente para obtener los resultados deseados.

En base a este estudio, se ha determinado que para optimizar la eficiencia de un beneficio así como para el molino de harina de arroz se requiere del siguiente equipo y maquinaria:

- |    |                       |     |                                                |
|----|-----------------------|-----|------------------------------------------------|
| 1. | Prelimpiadora         | 8.  | Extractor de pulimento                         |
| 2. | Descascaradora        | 9.  | Equipo de manejo y transporte de materia prima |
| 3. | Mesa separadora       | 10. | Molino de martillo                             |
| 4. | Pulidores             | 11. | Molino de rodillos                             |
| 5. | Zaranda clasificadora | 12. | Mesa cernidora                                 |
| 6. | Cilindro clasificador |     |                                                |
| 7. | Extractor de polvo    |     |                                                |

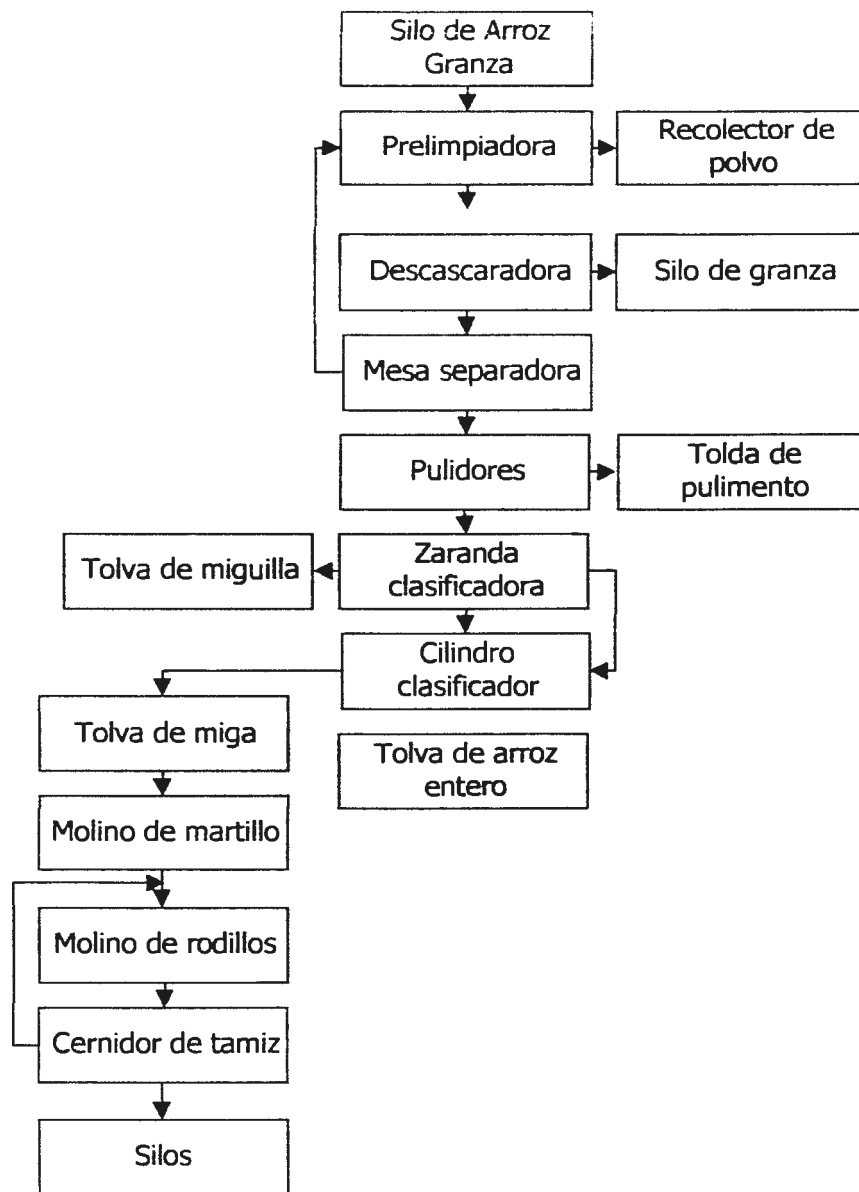


Figura N° 11: Esquema  
FUENTE: Elaboración del autor

#### 2.5.4 Prelimpiadora

El principio básico de la prelimpiadora consiste en una jaula de alambre, dispositivo que sirve para el cribado grueso. Este está diseñado para separar cualquier clase de impurezas grandes (papeles, fibras, maderas) del grano.

La zaranda de la máquina tiene dos pisos de tamices para la separación de impurezas grandes y pequeñas. Piedras e impurezas gruesas son llevadas a las salidas laterales del bastidor superior. El arroz o grano es llevado al frente hacia la aspiración, donde se eliminan polvo e impurezas ligeras por aspiración. Arena y semillas que pasan directamente de la criba inferior son descargadas a través de una salida central debajo de la zaranda.

Los principales conjuntos de esta máquina son: Bancada, caja de tamices (zaranda), criba superior y criba inferior, mecanismo de mando, aspiración y tolva. Figura N° 12.

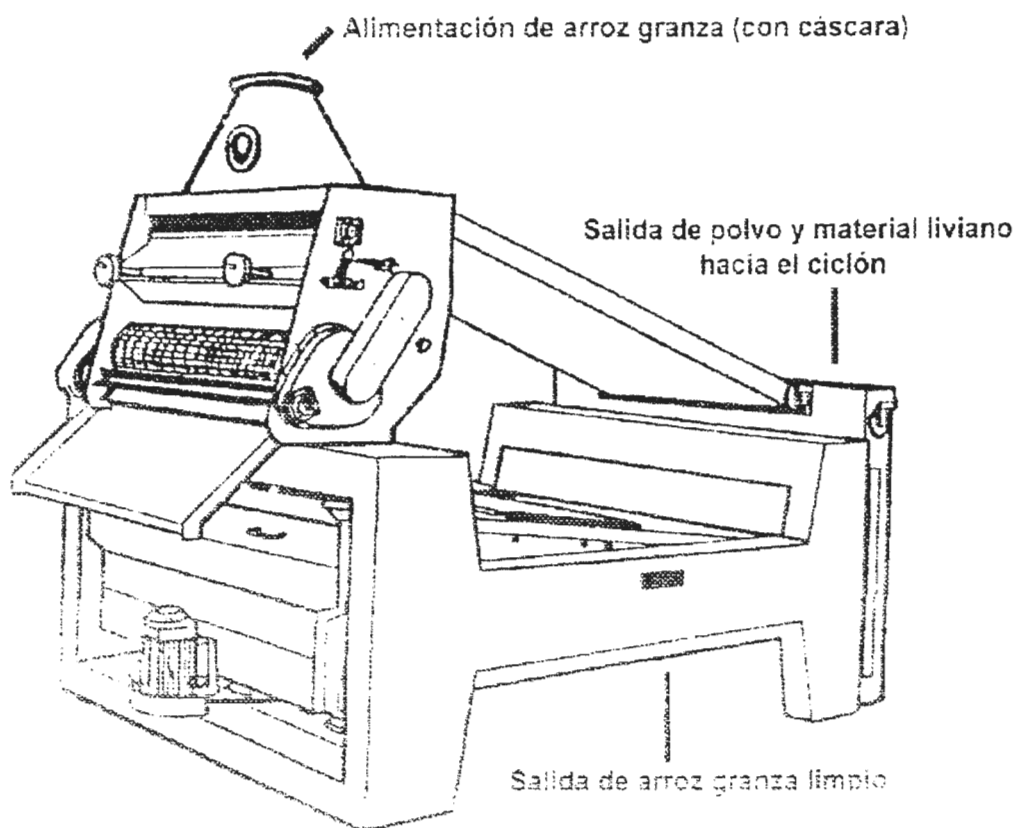


Figura N° 12: Cribador-Clasificador "Rotolipse" con cilindro cribador Modelo Red-S  
Fuente: Instructivo de Salete High Tech Exporting Co. Grain Processing Machinery (R10)

### 2.5.5 Descascarador

Está compuesto por dos rodillos de caucho, que giran en sentido contrario y así descascaran el arroz por fricción. Un rodillo está conectado directamente al eje del motor por transmisión de fajas; el otro rodillo está libre y se mueve por el accionar del primero.

La descascaradora (Figura N° 13) es regulable y puede tirar un 80% de arroz oro (sin cáscara) y un 20% de arroz granza (con cáscara). La granza que es quitada al arroz es separada por aire del arroz oro.

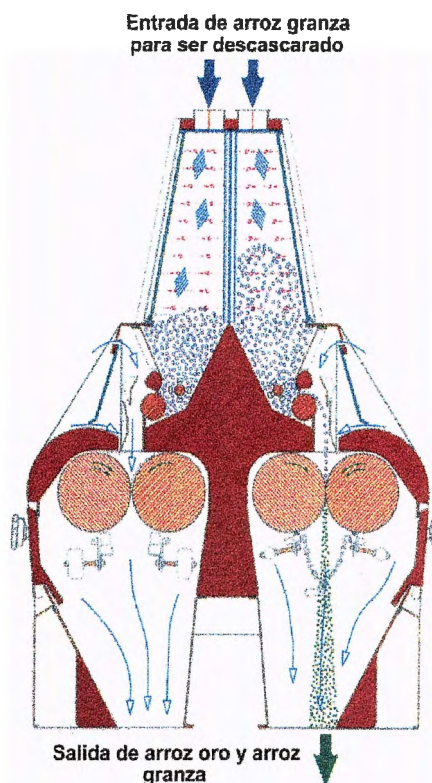


Figura N° 13: Descascaradora

(R7)

Los rodillos son ajustables manualmente mediante una palanca.

### 2.5.6 Mesa Separadora

Dicha máquina (Figuras N° 14 y 15) tiene como función dividir el arroz oro (sin cáscara) del arroz granza (con cáscara) que vienen de las descascaradores, enviando el arroz oro a los pulidores y el arroz granza de nuevo a la prelimpiadora y así ser enviado a los descascaradores; cumpliendo así un ciclo de selección.

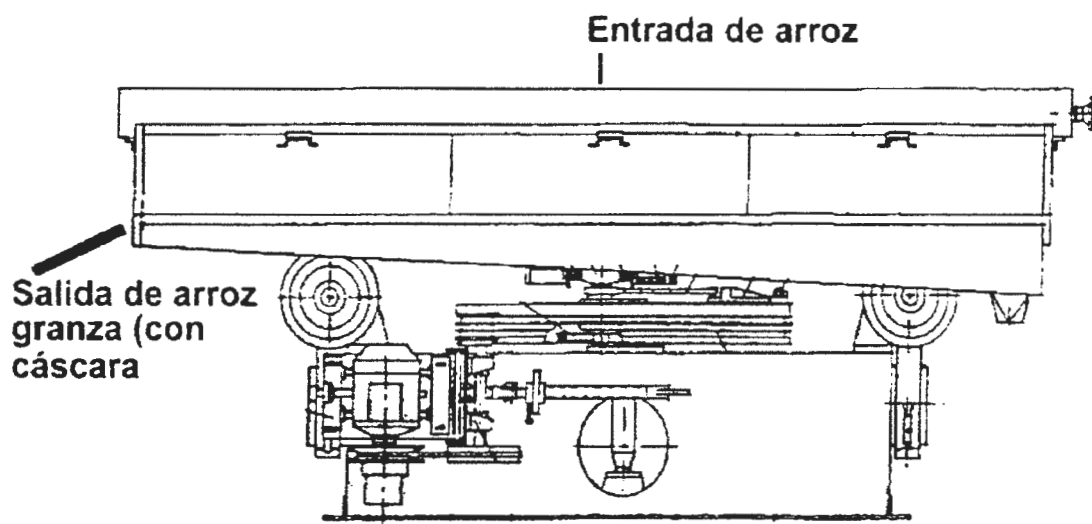


Figura N° 14: Mesa separadora - sección longitudinal

(R10)

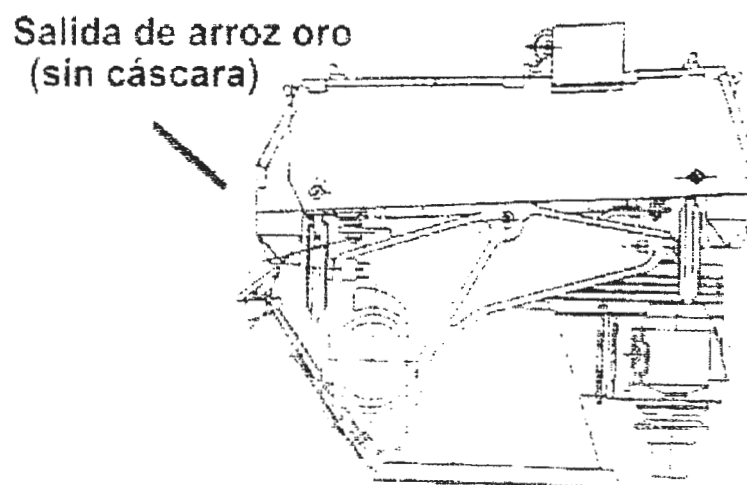


Figura N° 15: Mesa separadora - sección transversal

(R10)

### 2.5.7 Pulidores

Es una máquina (Figura N° 16) cuya función es blanquear el arroz, lo cual logra quitándole la capa que cubre el arroz oro que comúnmente se le da el nombre de pulimento de arroz.

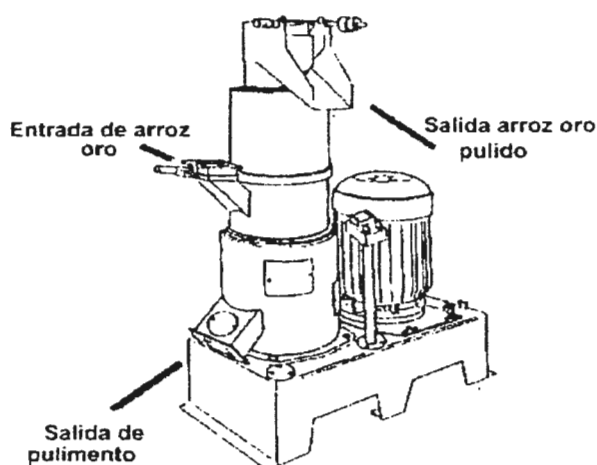


Figura N° 16: Pulidor (blanqueadora de arroz Vertijet

(R10)

La intensidad de blanqueo, capacidad, consumo de fuerza y roturas del grano, están relacionadas entre si y dependerán de las diversas variedades del arroz, y de la importancia que se le preste a la apropiada regulación de la máquina, para la obtención de rendimientos óptimos.

### 2.5.8 Zaranda Clasificadora

Esta máquina (Figura N° 17) separa el grano más pequeño (que

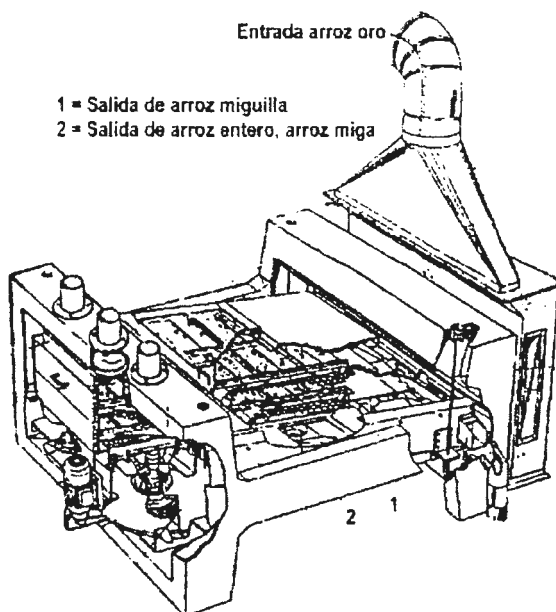


Figura N° 17: Zaranda clasificadora - conjunto general (R10)

comúnmente se llama miguilla) del arroz oro entero y del grano intermedio de arroz oro (sin cáscara).

Las entradas dirigen el producto a una placa deflectora que distribuye el producto uniformemente a todo lo ancho de la zaranda en el lado de entrada.

La zaranda que es libre oscilante describe un movimiento horizontal elíptico transversal en el lado de entrada que es generado por el efecto centrífugo del giro de los contrapesos, el movimiento tiene impulso y frecuencia regulables.

Las oscilaciones elípticas de la entrada cambian paulatinamente hacia la salida, pasando por oscilaciones circulares en el centro de la zaranda y convirtiéndose en un movimiento recíproco recto en el lado de salida.

salida, pasando por oscilaciones circulares en el centro de la zaranda y convirtiéndose en un movimiento recíproco recto en el lado de salida.

### 2.5.9 Cilindro Clasificador

Separa los granos por tamaño utilizando un cilindro (Figura N° 18) con alveolos de tamaño determinado que recogen los granos de menor tamaño, dejando en el interior del cilindro los granos largos que no entran en los alveolos.

El producto cae dentro del cilindro, una vez que la máquina tiene una adecuada alimentación del producto, la canaleta recogedora puede ser regulada por medio de un volante hasta que la separación sea la adecuada. Esta revisión

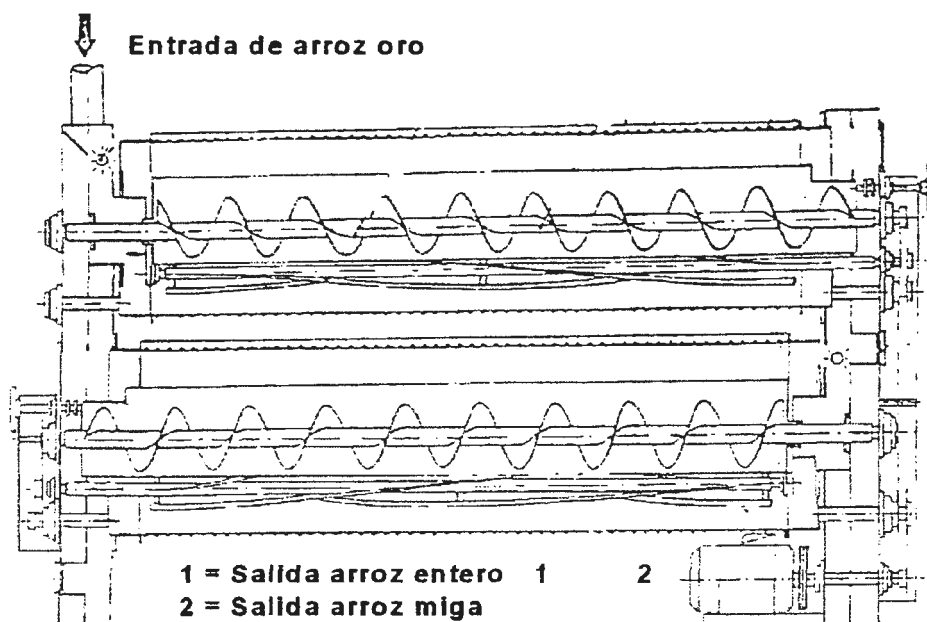


Figura N° 18: Cilindro clasificador

(R10)

debe ser efectuada mirando a través de una mirilla, comprobando la separación adecuada. Esta comprobación se puede efectuar, tomando muestras en sus puntos de inspección.

### 2.5.10 Extractor de Pulimento

Tiene el mismo principio que el extractor de polvo y le sirve de enfriamiento a los pulidores. Figura N° 19.

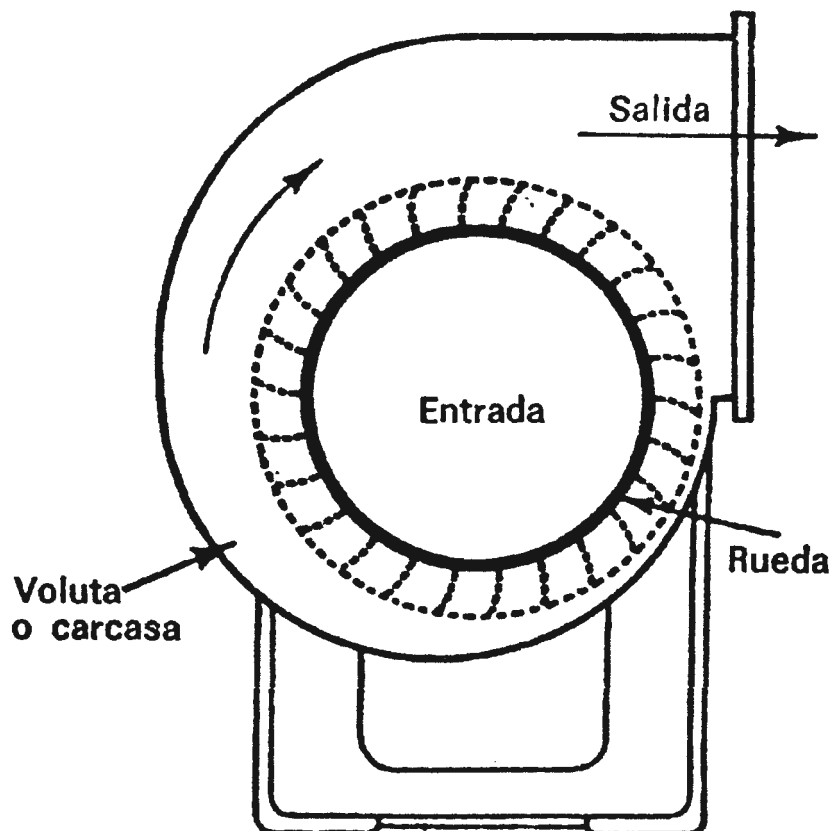


Figura N° 19: Disposición general de un ventilador centrífugo (R9)

### 2.5.11 Extractor de Polvo (Cición)

Como su nombre lo indica, se utiliza ampliamente para limpiar semillas, para retirar el polvo, el material inerte liviano, fracciones de semillas, semillas encogidas e inmaduras y otros materiales contaminadores ligeros.

La eficiencia de este depende de la pureza de las semillas que han de

clasificarse minuciosamente para obtener los mejores resultados; las semillas deberán limpiarse en otras máquinas antes de intentar la separación final por corriente de aire.

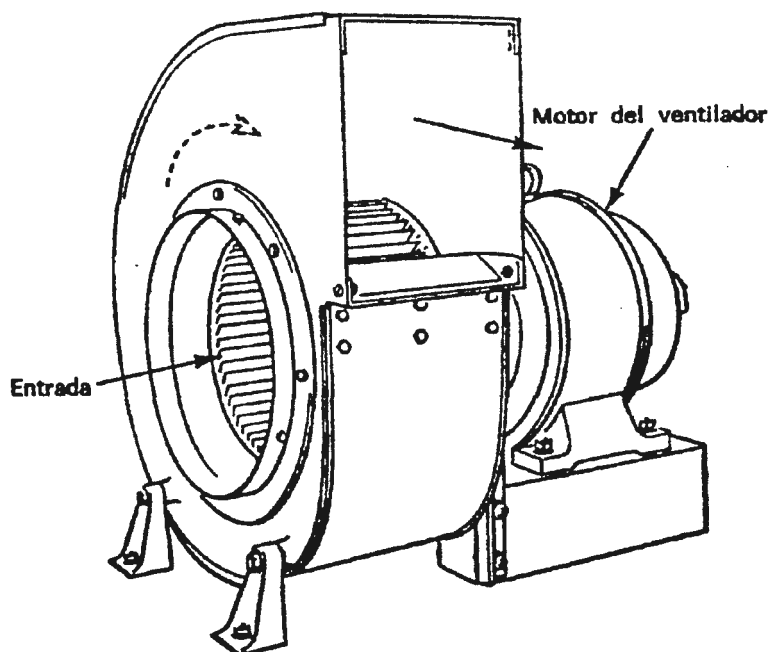


Figura N° 20: Ventilador centrífugo típico

(R9)

Está conectado a la pre-limpiadora para que no lleguen impurezas de polvo y porte sedimentos de zacate a los descascaradores.

### 2.5.12 Transportadores de Sinfín

Los transportadores de sinfín o de espiral (Figura N° 21) tienen un uso muy amplio para materiales pulverizados o granulares no corrosivos y no abrasivos, cuando se requiere una capacidad moderada, cuando la distancia no es mayor que unos 61 metros (200 pies) o la trayectoria no es demasiado pendiente. Suelen costar bastante menos que cualquier otro tipo de transportador y con una sencilla tapa de lámina, se pueden hacer herméticos al polvo.

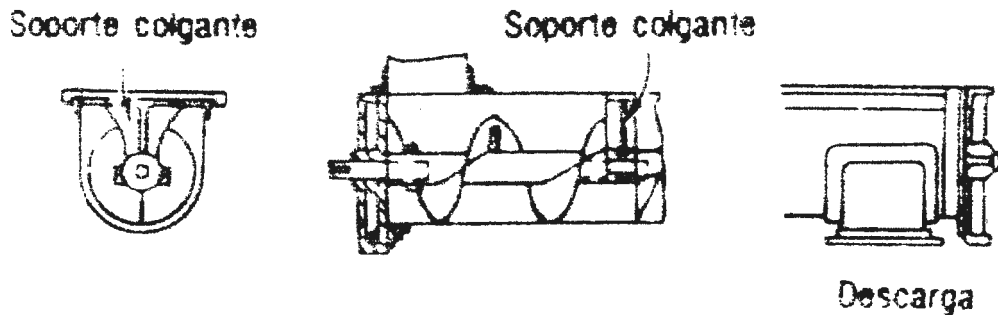


Figura N° 21: Transportador en Espiral

(R8)

Este transportador maneja material en terrones, si no son muy grandes en relación con el diámetro de la hélice. Si la longitud excede de la aconsejable para un transportador individual, pueden disponerse con facilidad de transportadores separados, en paralelo o tándem. Los transportadores de sinfín pueden trabajar inclinados. Una hélice de paso estándar puede mover material en planos inclinados hasta de  $35^\circ$ .

### 2.5.13 Elevadores de Cangilones

Son de dos tipos: 1) cadena y cangilones, en el cual los cangilones están sujetos a una o dos cadenas; 2) banda y cangilones, (Figura N° 22) en el cual están unidos a bandas (correas) de lona o de caucho. Cualquiera de los dos tipos puede ser vertical o inclinado y tener cangilones continuos o discontinuos. Los elevadores de cangilones se utilizan para elevar cualquier material a granel que no se adhiera al cangilón. Los elevadores de banda y cangilones se adaptan en particular para el manejo de materiales abrasivos que producirían desgaste excesivo en las cadenas. Los elevadores de cadena y cangilones se utilizan con frecuencia con cangilones perforados cuando se maneja material mojado, para escurrir el sobrante de agua. La longitud de los elevadores está limitada por la resistencia de las cadenas o de las bandas. Pueden armarse en varias secciones

hasta de 30 m (100 pies) de longitud, aunque en promedio miden de 7.6 a 23 m (25 a 75 pies). En la Figura N° 22 y el Cuadro N° 3 se muestran los ángulos de las bocas o tolvinas de descarga.

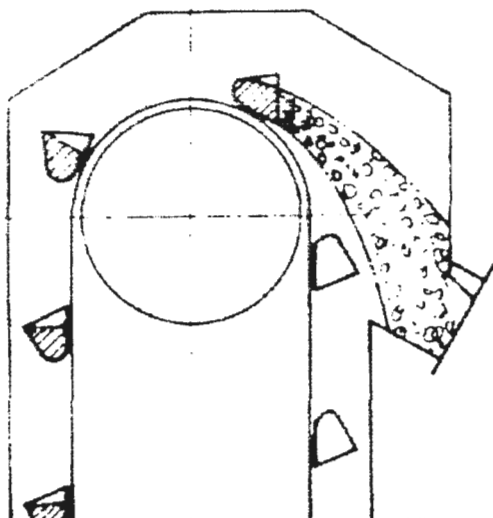


Figura N° 22: Elevador de Cangilones (R8)

Cuadro N° 3: Ángulos de las bocas o tolvinas de descarga

Material	Ángulo
Cereales	15° ÷ 20°
Cereales	30°
Harina, yeso	20° ÷ 25°
Cemento, finos, etc.	30°
Carbón seco	30°
Carbón apelmazado	45° ÷ 50°

(R8)

### 2.5.14 Molino de Martillo

El molino de martillo reduce el grano de arroz por medio de golpes con unas placas rectangulares llamadas martillos. La granulometría se obtiene por medio de zarandas. Figura N° 23.



Figura Nº 23: Molino de Martillo. Nogueira Modelo DPM-500-1-2-4  
(R6)

### 2.5.15 Molino de Cilindros

*Características:* El molino de cilindros es la máquina que dirige la molienda de los cereales y de sus productos intermedios; por lo cual se la equipa de conformidad con las características del producto que debe tratarse. El molino de cilindros está dividido en dos pasajes independientes. Los automatismos de embrague y desembrague de los cilindros de molienda y de los rodillos de alimentación, con una velocidad de rotación variable, están asistidos por un único grupo de mando que, al conectarse eléctricamente sólo a los equipos auxiliares, reduce al mínimo el número de equipamientos eléctricos de una sala de molinos

de cilindros. Los cilindros de molienda son en hierro fundido, con una dureza superficial muy elevada y diferenciada entre pasajes lisos y estriados; dichos cilindros están equipados con pernos de acero, sostenidos por cojinetes orientables de doble fila de rodillos con forma de barril. Los soportes de sujeción de los cojinetes están ensamblados con pernos sobre el apoyo lateral de la estructura, y tienen interpuesto un casquillo que, en el caso de soporte móvil, es excéntrico; de esta manera es posible regular la distancia entre los cilindros de molienda, o separarlos completamente, por medio de un sistema de palancas. La regulación de molienda se obtiene actuando sobre el volante con indicador inercial, mientras que la separación se realiza con un gato neumático; ambos dispositivos se encuentran en los dos lados de la máquina. La transmisión del movimiento de los cilindros de molienda se efectúa con una transmisión por correas, la cual, además de producir poco ruido y no tener aceite, permite desmontar rápidamente los cilindros.

Como opcional se suministra la versión con transmisión por engranajes helicoidales en baño de aceite dentro de cárter hermético. La alimentación recibe el movimiento de un variador accionado directamente por el cilindro veloz. La máquina está fabricada con paneles laterales en hierro fundido y con estructura central en acero. Es posible acceder a cada una de las piezas de la máquina para limpiarlas perfectamente. las zonas de deslizamiento tienen una pendiente mínima de  $60^\circ$  y están cubiertos para que no se acumule el producto. El cilindro se desmonta fácilmente gracias al dispositivo de apertura de la estructura que se encuentra en correspondencia de los cilindros mismos, los cuales, de esta manera, pueden desplazarse sobre un carro para evitar utilizar medios de levantamiento.

Cada mitad de la máquina está equipada con un cuadro de mandos que permite efectuar todas las operaciones de control y regulación.



Figura N° 24: Molino de Cilindros

(R7)

Como opcional, se pueden suministrar máquinas con tomas neumáticas incorporadas, con refrigeración por agua de los cilindros y con motorización montada sobre el mismo piso. Figura N° 24.

*Funcionamiento:* El molino de cilindros puede equiparse en dos versiones principales, las cuales se diferencian por el tipo de mando: neumático o electrónico.

- **Tipo Neumático:** Versión automática del molino de cilindros con rodillos de alimentación de velocidad variable de acuerdo con la cantidad de producto que llega, y con el embrague y desembrague de los cilindros de molienda, que no necesita alimentación eléctrica o electrónica. Un detector de nivel mecánico mide el producto que

llega, y un variador regula la velocidad de alimentación por medio de un mando neumático generado por el detector mismo. Una tarjeta electrónica pequeña controla estas funciones, y verifica y visualiza la velocidad del rodillo de alimentación y la absorción amperimétrica del motor de mando.

- Tipo Electrónico: Versión del molino de cilindros con aparatos electrónicos de microprocesador, el cual determina y controla todas las funciones de la máquina. Ofrece las funciones de regulación automática y programable de la velocidad de alimentación para cada pasaje; medición del nivel del producto en la campana, por medio de sensores de rayos infrarrojos que no necesitan mantenimiento y son insensibles a las características químico-físicas del producto; posibilidad de fijar los mejores parámetros de funcionamiento para cada pasaje (velocidad mínima y máxima de embrague y desembrague, condiciones de alarma, etc.); control remoto; visualización de las condiciones de alarma, de forma local o remota; posibilidad de centralizar en un programa de un PC la visualización y la fijación de todos los parámetros de funcionamiento de la sala de los molinos de cilindros, con un equipamiento opcional para los diferentes tipos de productos a moler; y, preparación para los niveles de automatización sucesivos previstos por el fabricante.

### **2.5.16 Cernidor de Tamiz**

*Características:* La máquina está compuesta por tres elementos principales independientes; dos cajones porta-tamices y un soporte central que contiene el grupo de mando, unidos por tornillos y por dos largueros transversales a los que están fijadas las camisas de suspensión. Los cajones son de chapa de acero especial, soldado en atmósfera protectora, subdivididos en dos, tres o cuatro

compartimientos (canales), cada uno de los cuales contiene una serie de marcos tamizadores superpuestos, a los que se accede a través de amplias puertas de cierre. Las superficies internas están tratadas con barnices para alimentos; están revestidas con paneles aislantes, perfectamente pegados a la estructura metálica. El fondo permite una rápida descarga de los productos y la ausencia de zonas de estancamiento. Los marcos, de forma cuadrada y estructura indeformable, son de madera estabilizada de primera calidad y están totalmente revestidos de laminado plástico. Figura N° 25

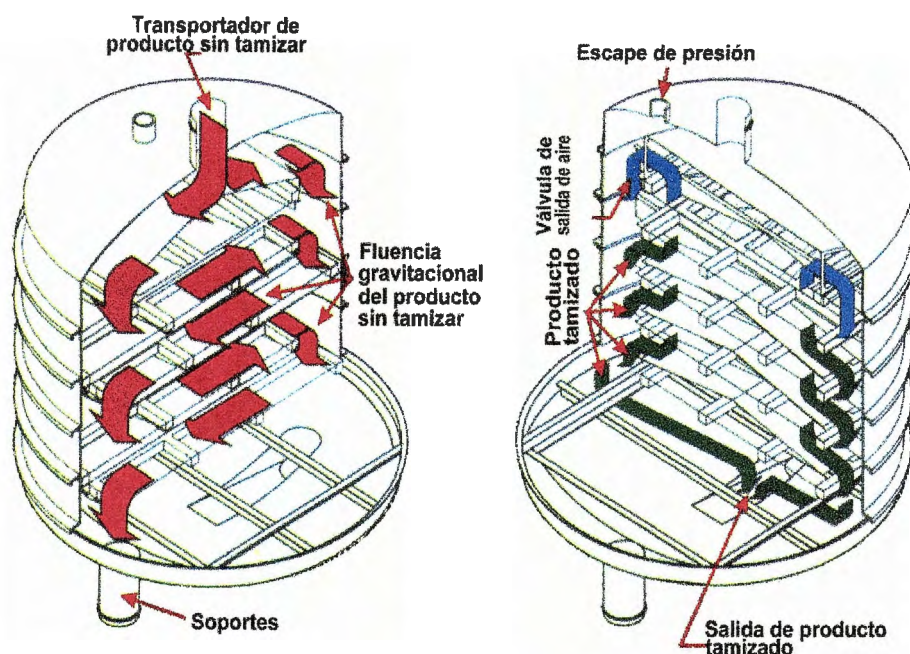


Figura N° 25: Tamizador de harinas

(R7)

El grupo de marcas montado en el cajón a la estructura metálica viene sujetado por medio de un doble dispositivo de fácil accesibilidad. Según el sistema clásico, el soporte interior contiene todos los órganos encargados del movimiento de la máquina, y en particular el motor eléctrico, la transmisión, el árbol motor y la masa del contrapeso. Todo el grupo árbol-contrapeso, de sólida construcción, está sostenido por un par de cojinetes con doble fila de rodillos abarriados, de los

que el superior tiene la función de tope. El grupo de mando es fácilmente accesible extrayendo los grandes paneles laterales de cobertura del soporte central. Cada máquina tiene en dotación los tableros de entrada y salida de productos, incluidos las boquetas de entrada y salida de producto, incluidas las baquetas de control de descarga y los manguitos de conexión en tejido impermeable al aire. La posibilidad de desmontar la máquina en varios elementos facilita su transporte y su elevación al piso de instalación. Una gran variedad de marcos estándar y especiales permite la composición de numerosos esquemas de tamizado para hacer frente a todas las exigencias de los diagramas de molienda.

*Funcionamiento:* El producto entra por la parte superior en la máquina, es cribado por el grupo de marcos gracias a la concurrencia del movimiento rotatorio imprimido a estos y a la gravedad. Se obtienen así hasta ocho selecciones de diferentes dimensiones (granulometría). Con un dispositivo especial a la entrada de los canales se consigue una distribución precisa de la carga en los marcos superiores, aumentando notablemente de esta manera la potencialidad de tamizado de cada uno de los pasos. El gran número de tamices superpuestos y su forma cuadrada garantizan asimismo una cernidura eficaz y una clasificación precisa de los productos, con la consiguiente influencia positiva sobre el resultado final de molienda. El mantenimiento de la máquina se reduce al control periódico de la lubricación de los soportes y al apretamiento de los tornillos que unen las diferentes partes de la máquina.

## **2.6 ZONAS DE CULTIVO Y BENEFICIOS DE ARROZ EN EL SALVADOR**

Son cuatro las regiones que subdividen el cultivo del arroz en El Salvador, las cuales se describen en el Cuadro N° 4.

Cuadro N° 4: Zonas de Cultivo de Arroz en El Salvador		
Departamento	Municipio	Cantón
<b>REGIÓN I</b>		
Ahuachapán	Atiquizaya	Las Pozas, San Juan Buenavista, Zunca, La Labor, San Raymundo
Santa Ana	El Porvenir	San Cristobal
Sonsonate	Acajutla, Metalío	Miralvalle, Metalío, Cara Sucia
<b>REGIÓN II</b>		
Chalatenango	Nueva Concepción, El Paraíso	Cantón Santa Rosa, Chilamate, Santa Bárbara
La Libertad	San Pablo, Tacachico, Ciudad Arce	Atiocoyo, San Isidro, Zapotitán, Flor Amarilla
<b>REGIÓN III</b>		
La Paz	Zacatecoluca, San Juan Nocualco	El Nilo, Las Tablas, Planatanares, Tierra Blanca, Pajal Arriba, Pajal Abajo
San Vicente	Tecoluca, Apastepeque	San Jacinto, San Juan, San Nicolás
<b>REGIÓN IV</b>		
Usulután	Usulután	Puerto Parada
San Miguel	Uluazapa, Chapeltique	El Tablón
La Unión	Intipucá	Llano de los Patos

(R2)

Los beneficios que se ubican dentro de las cuatro regiones antes mencionadas, incluye: Industria Arrocera El Progreso, S.A. de C.V., Industria Arrocera Omoa; Industria Arrocera Rico; Industria Arrocera Matazano; Arrocera La Oriental; Arrocera San Francisco; Arrocera La Nueva Espiga; Arrocera Soyapango; Beneficio en Atiquizaya (Ahuachapán); Beneficio en Santa Ana; Beneficio Nueva Concepción (Chalatenango); Beneficio La Paz; Beneficio Usulután; Beneficio San Miguel y Agroindustrias Gumarsal, S.A. de C.V. en La Libertad.

### 2.6.1 Costos de Producción

El Presidente de Agroindustrias Gumarsal S.A. de C.V., Sr. Juan Umaña Samayoa, manifestó que el costo de beneficiado por quintal es de ₡15.00 (incluye IVA), así mismo expresó que para el beneficiado se ocupan 30 personas distribuidas así:

	Jornales	Costo de Personal
Secado	5 personas	₡191.75
Molino	4 personas	₡153.40
Pulimento	5 personas	₡191.75
Empacado	8 personas	₡306.80
Transporte	8 personas	₡24.00*
		-----
		₡867.70

- Se paga ₡3.00 por quintal = (no incluye personal administrativo. La mano de obra en los beneficios se incrementa en los meses de agosto y febrero, por ser el período de cosecha. En 1995 se importaron 21,000 toneladas métricas (420,000 qq)<sup>1</sup> de arroz granza de diversas procedencias. En 1996, en lo que va del año, se importaron 11,000 toneladas métricas de arroz granza, provenientes de U.S.A. El número de personas en los beneficios varía de acuerdo al tamaño del molino. En algunos casos, esta cifra supera las 60 personas, incluyendo personal administrativo. <sup>(R4)</sup>

### 2.6.2 Desgloce de Costos de Producción

Se realizó una visita en la zona productora de arroz en el departamento de Chalatenango en Nueva Concepción y se tuvo la oportunidad de entrevistar a algunos agricultores de la zona.

<sup>1</sup> La relación granza/oro es de 0.65 qq.

Ellos manifestaron que existen pocas áreas de siembra para este cultivo y que la demanda interna no supe las necesidades de la población, por lo que es necesario que se les incentive para que incrementen la producción.

Asimismo, dicen que los costos de producción por manzana tienen un costo entre ₡7,800 y ₡8,500 debido a que los insumos agrícolas se han incrementado. Este es uno de los factores que repercute en la agricultura, así como las políticas crediticias de las instituciones encargadas. Sugieren para esto, que se elaboren abonos orgánicos para disminuir los costos de producción y disminuir la contaminación del ecosistema.

A continuación, se describe los costos de producción por manzana en la zona de Chalatenango, datos proporcionados por los agricultores de la zona.

Cuadro N° 5: Costos de Producción (Arroz Tecnificado)			
Superficie: 1 manzana		Rendimiento 77qq granza	
Insumos	Cantidad	Costo	
		Unitario	Total
Semilla	3.5 qq	170.00	595.00
Fórmula 16-20-0	4.0 qq	148.50	594.00
Sulfato Amonio (21%)	4.0 qq	98.00	392.00
Urea 46%	3.0 qq	158.65	476.00
Pesticidas		2,031.00	2,031.00
		Total	4,088.00

(R2)

# **CAPÍTULO III**

## **HARINAS**

## CAPÍTULO III

### HARINAS

Para un observador poco atento, un solo grano de arroz puede parecer un objeto insignificante. es una parte infinitesimal del arroz producido aunque sea en una sola granja y no representa sino unos pocos granos de harina. Y, sin embargo, la estructura de este grano de arroz ha determinado toda la técnica de la molienda.

Se pueden dividir las características del arroz en agronómicas, químicas y físicas. Para el granjero, las características agronómicas son las más importantes. A él le interesa la manera como crece la planta de arroz, cuál es su rendimiento, cómo resiste las enfermedades, si se adapta bien a las condiciones de humedad y de tipo de suelo que existen en su granja.

Por otra parte, al panadero le interesan las propiedades químicas del arroz o, mejor dicho, de la harina que se hace del mismo. Le interesan las características de horneado de dicha harina y comprará una diferente según lo que quiere elaborar: pan, pasteles u otro de los múltiples usos que permite la harina. Estas características de homeado dependen en gran medida de la composición química de la harina.

El molinero está en un punto intermedio entre el granjero y el panadero. Para él, lo más importante son las características físicas del arroz. La molienda es un proceso mecánico de separación de la granza y germen del endospermo para transformar a continuación el endospermo en harina.

Evidentemente, el molinero también está interesado en las características agronómicas y químicas del arroz y de la harina. Quiere que el agricultor produzca

produzca cepas de arroz que dan una harina de buena calidad. También a él le preocupa el aspecto químico de la panadería para poder hacer mezclas de harina que respondan a los deseos del consumidor. Sin embargo, en último análisis, el proceso de molienda se resume en tomar el grano de arroz, sacar ciertas partes y transformar el resto en harina.

Cuando un estudiante examina las características del arroz, debe recordar desde el mismo comienzo que el grano no fue creado por la providencia para hacer harina. Como todas las semillas, tiene un objetivo biológico: asegurar que habrá otra generación de plantas de arroz. El hecho de que la humanidad use el arroz para alimentarse no es sino accidental. Como el grano de arroz fue creado para un objetivo totalmente diferente, hay muchos elementos en su estructura que dificultan el proceso de fabricación de la harina.

Las diferentes clases y variedades de arroz varían considerablemente tanto en su composición química como física, pero las características generales de todas las variedades de arroz son las mismas. Cada grano normal de arroz se compone de tres partes bien diferentes y separadas. Son: (1) la capa exterior o granza; (2) una parte central de almidón llamado endospermo y (3) el germen, situado en un extremo del grano. En la Figura N° 2, Capítulo I, se muestra la relación de las diversas partes entre sí; cada una de ellas tiene una función biológica definida. La granza protege la semilla hasta que empiece el crecimiento; el germen es la parte vital en la cual está situado el embrión del cual crece la planta. El endospermo provee la planta embrionaria de alimentos durante los primeros períodos del crecimiento cuando las raíces o las hojas no se han desarrollado.

Aunque puedan variar las proporciones relativas en un grano de arroz según la variedad, las cifras promedio son aproximadamente las siguientes: Granza: 14.5%; Endospermo: 83.0% y Germen: 2.5%

El endospermo es la parte importante en la alimentación del hombre y el arte de la molinería es lograr separarlo de la granza y del germen. Antes de abrir el grano de arroz para separar sus partes, el molinero descubre que la misma forma del grano y su estructura externa presentan dificultades. Uno de los problemas más difíciles es el pliegue que está a todo lo largo de cada grano de arroz.

En la clasificación de los granos de arroz, los pedazos de granos que sean de arroz de grano largo o mediano, pueden ser utilizados para la elaboración de harina de arroz por su bajo costo y su alto contenido alimenticio. Cuadro N° 6.

Cuadro N° 6: Harina de Arroz			
Características:	Blanda Alta relación Agua-Absorción Sin gluten Alto contenido de almidón Densidad de masa - gm/ml - 0.80-0.90		
Análisis (%)	Cenizas		0.4-0.7
	Grasa		0.4-1.0
	Humedad		9.0-13.0
	Proteínas		5.0-9.0
Granulación	Pasa una criba malla	50	99,5% promedio
	Pasa una criba malla		80.0% promedio
	Pasa una criba malla	150	56.0% promedio
	Pasa una criba malla	200-	51.0% promedio

(R1)

### 3.1 PRINCIPALES PRODUCTOS ELABORADOS CON HARINA DE ARROZ

Los productos elaborados de arroz pueden obtenerse de arroz cáscara, arroz integral, arroz elaborado, arroz cocido, quebrados de arroz, harina elaborada

en seco, harina elaborada en húmedo o almidón de arroz<sup>(R1)</sup> (Figura N° 26)

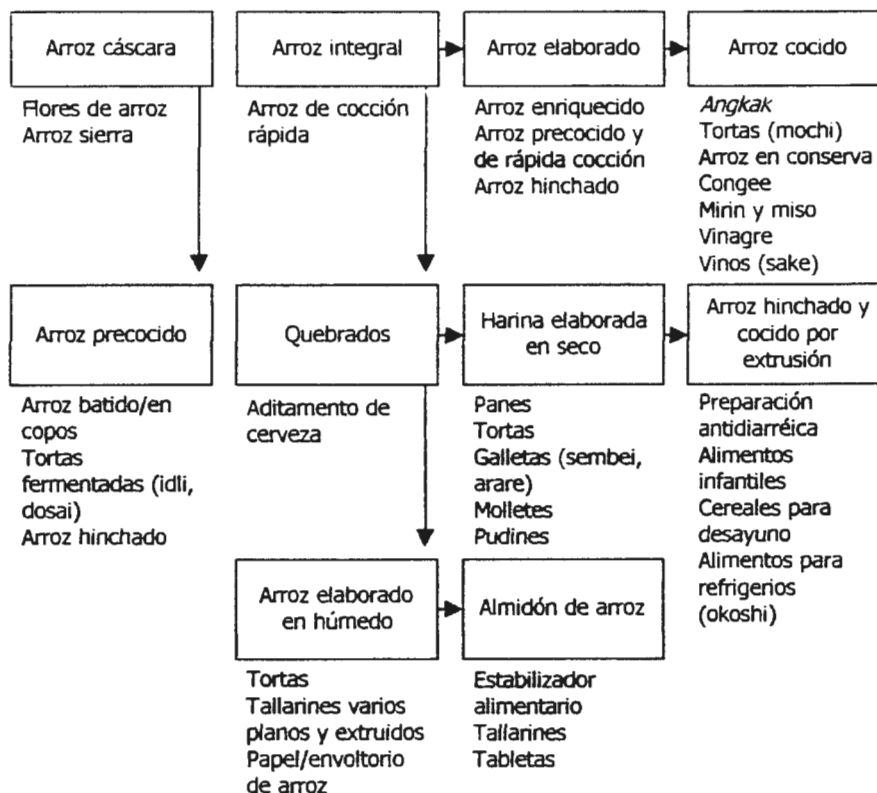


Figura N° 26: Esquematzación de los productos elaborados a base de arroz (R1)

### 3.2 HARINAS Y ALMIDÓN DE ARROZ

La harina de arroz se hace con arroces glutinosos y no glutinosos tanto crudos como gelatinados, y se fabrica mediante aplanado, machacado, elaborado mecánico, elaborado con piedra, elaborado en un molino lateral de acero o elaborado en húmedo en un molino de piedra.

Las harinas de arroz ricas en proteínas para la alimentación de la primera infancia pueden obtenerse de arroz elaborado cocido mediante un tratamiento desalmidonante con  $\alpha$ -amilasa. En la producción de un jarabe de arroz de alto contenido de fructosa y de una harina de arroz rica en proteína partiendo de arroz

quebrado se ha empleado ( $\alpha$ -amilasa, glucoamilasa e isomerasa de glucosa, se obtuvo un rendimiento de glucosa del 80 por ciento a base de quebrados (91 por ciento de base amilácea), que se convirtió en un 50 por ciento de glucosa, 42 de fructosa Y 3 de maltosa. Se recuperó la harina rica en proteína (28 por ciento de proteína) con un rendimiento del 30-32 por ciento. Otros han obtenido harinas con un 80 por ciento de proteína. Las maltodextrinas se producen también a base de harina de arroz elaborado a 50°C empleando  $\alpha$ -amilasa estable al calor.<sup>(R1)</sup>

La producción de almidón de arroz comprende principalmente la elaboración en húmedo de quebrados con un 0.3-0.5 de hidróxido de sodio para eliminar la proteína. Los quebrados se maceran en una solución alcalina durante 24 horas, y luego elaboran en húmedo con la solución alcalina en molinos cilíndricos, molinos de martillo o desintegradores de piedra. Después de almacenar la masa durante 10 a 14 horas, se elimina la fibra (membrana celular) haciéndola pasar a través de tamices: el almidón se recoge por centrifugación, se lava totalmente con agua y se seca. La proteína en el efluente puede recuperarse mediante neutralización y la proteína precipitada se emplea como suplemento forrajero.<sup>(R1)</sup>

### **3.3 TALLARINES**

Tanto los tallarines redondos planos como los redondos extruidos y el papel de arroz se preparan tradicionalmente con harina elaborada en húmedo empleando un molino de piedra o de metal. El material de partida consiste en quebrados de arroz con un bajo contenido de grasa, de ser posible arroz recién elaborado a base de arroz envejecido y con un contenido aparente de amilosa alto y una dura consistencia del gel. Para la preparación de tallarines, se coloca un batido o mezcla de arroz elaborado en húmedo, con un 42 por ciento de arroz en peso, en una máquina de tallarines hasta que el tambor esté sumergido a medias.

Se rota luego lentamente el tambor liso y se va raspando con una hoja de acero inoxidable, colocada formando un ángulo de 45°, la mezcla adherida, que va a parar a una cinta transportadora tirante de acero inoxidable, o de algodón, que se mueve hacia un túnel de vapor donde permanece durante tres minutos para su gelatinización a una humedad del 62 por ciento. La lámina se sumerge momentáneamente en aceite de maní antes de doblarla y luego cortarla en los tamaños convenientes (50 x 50 cm) para su venta directa como tallarines frescos. En la operación hay muy escasa degradación del almidón.<sup>(R1)</sup>

En Viet Nam, Tailandia y Talwan (China) se preparan también papel de arroz y envoltorios para rollitos de huevo a base de pasta de arroz, de alto contenido de amilosa y elaborada en húmedo. Con una cuchara poco honda y plana se echa un volumen medido de pasta de arroz, con la debida consistencia, en una gasa tensa colocada encima de una caldera de vapor, luego la pasta se extiende por toda la superficie mediante el movimiento circular del cucharón, y se cuece al vapor hasta que gelatinice. Se saca luego la hoja con un movimiento bascular pasándola a un rodillo para pasta y se extiende en una bandeja de bambú con ranuras para el secado. El papel de arroz es más delgado que el envoltorio para rollos de huevo, y se emplea como papel comestible transparente. Al envoltorio para rollos de huevo puede agregársele sal.

### **3.4 TORTAS DE ARROZ, TORTAS DE ARROZ FERMENTADAS Y PUDINES**

La harina de arroz, glutinoso o no, elaborada en húmedo puede amasarse con agua y transformarse en una torta de arroz edulcorado añadiendo azúcar y otros ingredientes antes de su cocción al vapor. En Filipinas se produce una torta de arroz fermentada con levadura (*puto*), para la cual el arroz envejecido de contenido intermedio de amilosa da la máxima expansión volumétrica y una

suavidad óptima en la torta tratada al vapor.<sup>(R1)</sup> El *nenkau* es una torta china tradicional de arroz y es básicamente en tres tipos: una torta dulce hecha con arroz glutinoso y azúcar; una torta de arroz con rábano, a base de arroz de alto contenido de amilosa mezclado con rábano triturado; y una torta de arroz fermentada, hecha de masa fermentada de arroz, de alto contenido de amilosa, y azúcar. El *idli* (pudín de arroz) y el *dosai* (torta de arroz) se preparan en la India a base de una mezcla de arroz elaborado precodido y de frijol mungo (*Phaseolus mungo*), en la proporción de 3:1 en peso, que suele servirse típicamente como cereal para el desayuno.

### 3.5 PRODUCTOS DE ARROZ COCIDOS AL HORNO

Para los que sufren de enfermedad celíaca, se ha logrado desarrollar un pan con harina de arroz al 100 por ciento y fermentado con levadura, que consiste en 100 partes de harina de arroz, 75 partes de agua, 7.5 partes de azúcar, 6 partes de aceite, 3 partes de levadura comprimida fresca, 3 partes de hidroxipropilmetilcelulosa y 2 partes de sal (Bean y Nishita. 1985). Aunque todos los arroces no glutinosos producen panes de aspecto equivalente, sólo los arroces de TG baja y de bajo contenido de amilosa dan una miga de textura blanda. Los arroces de TG intermedia y de amilosa también intermedia dan unas características de miga seca y arenosa. Sin embargo, entre los arroces de TG baja los de bajo contenido de amilosa dan un volumen de hogaza interior a los arroces de amilosa intermedia y alta. La harina elaborada en húmedo daba una textura mejor que la elaborada en seco. Una más larga duración en almacén debería mejorar la popularidad de este producto.

Una mezcla en proporción de 3:1 de harina de arroz de grano medio y de bajo contenido de amilosa y de harina de arroz glutinoso utilizada en lugar de la harina de trigo daba unos buenos panecillos para personas sensibles al gluten.

La leche de arroz se ha empleado como sucedáneo de la leche animal y de la leche en polvo, y puede prepararse con harina de arroz hinchado o harina elaborada en húmedo más azúcar y aceite de cacahuete como sustancias aromatizantes. El arroz integral da una leche de mejor calidad que el arroz elaborado, y una fórmula de 3.5 por ciento (p/v) de arroz integral, más un 2 por ciento de aceite de cacahuete y un 7.5 por ciento de azúcar, daba el mejor resultado sensorial. La leche de arroz contiene un 87.7 por ciento de humedad, 0.8 de proteína, 0.8 de grasa, 0.1 de fibra cruda, 0.1 de ceniza y 10.4 de carbohidratos, tiene un 11 por ciento de sólidos totales y una viscosidad menor a 3 poise. El empleo de amilasas bacterianas para hidrolizar el almidón puede aumentar el contenido de sólidos de la leche sin incrementar excesivamente su viscosidad.<sup>(R1)</sup>

### **3.6 EL PROCESO PARA LA OBTENCIÓN DEL PRODUCTO FINAL: HARINA DE ARROZ**

#### **3.6.1 Molienda**

En los molinos modernos, el acto de triturado o molienda se hace mediante cilindros que giran el uno hacia el otro arreglados de dos en dos para formar pares. La mayoría de los cilindros actuales favorecen el sistema del doble banco, es decir una máquina que tiene dos pares de cilindros ya que permite ahorrar espacio y gastos de instalación. En este sistema, los cilindros están todos al mismo nivel y cada par funciona en forma independiente del otro. En cada par, uno de los cilindros es ajustable lo cual permite acercarlos o alejarlos el uno del otro para graduar el tamaño de las partículas del producto que se obtiene. Este cilindro también tiene un resorte incorporado en su mecanismo de ajuste que permite que los cilindros se alejen el uno del otro mientras están en funcionamiento en caso de que objetos grandes o pedazos de metal deban pasar entre ellos si necesario,

sin dañar los cilindros.

Muchas veces se les llaman a los cilindros "chills"(en inglés) porque están hechos de hierro colado de templado superficial ("chill-hardened" en inglés) hasta una profundidad de aproximadamente 3/4" alrededor de la superficie externa. En general, el diámetro de los cilindros varía entre 6 y 10 pulgadas y la longitud estándar es de 18, 30 y 36 pulgadas.

Cuando el producto entra al molino de cilindros, va a una cámara de alimentación o de distribución que está por encima de los cilindros y se mantiene allí hasta que el mecanismo alimentador lo deje caer sobre la superficie de trabajo de los cilindros. Este mecanismo se compone en general de un rodillo de pequeño diámetro y una compuerta ajustable. También existen alimentadores tipo vibratorio y uno de tipo "jaula de ardilla" que es una jaula rotatoria de alambre.

El método moderno de molienda es el llamado de "molienda alta" y los cilindros se usan para quebrar los granos de arroz (y producir tantos pedazos de endospermo como sea posible), son cilindros corrugados es decir que su superficie es acanalada o estriada. Las estrías siguen un recorrido helicoidal a lo largo del cilindro así que cuando los dos cilindros de un par giran uno hacia el otro, se van cruzando las estrías, produciendo una acción de corte en el grano de arroz, en lugar de aplastarlos cuando van pasando entre los cilindros.

Después de producir estos pedazos de endospermo, llamados "semolinas", se reducen o comprimen gradualmente en harina, principalmente con cilindros lisos. Aquí se necesita una acción de aplastamiento para comprimir las partículas de endospermo. La razón por la cual se adopta este procedimiento es que permite aumentar la producción a pesar de tener una superficie de cilindros limitada.

Para ayudar la molienda, los cilindros de un par giran a velocidades diferentes, lo cual permite que uno de ellos (el rápido) trate de hacer pasar el producto mientras el otro (el lento) trata de mantenerlo adentro. Esta velocidad diferente o "diferencial" varía con el tipo de molienda y muchos molineros tienen ideas muy personales al respecto. Pero se puede decir que con productos de rotura, se mantiene generalmente sin diferencial de 1-1/2 a 1 o 2 a 1 mientras en los cilindros lisos es ligeramente más bajo y va de 1-1/2 a 1 o de 2 a 1.

El banco de cilindros es una máquina sumamente mejorada si se compara con aquella que se introdujo en 1874 y muchos progresos se seguirán haciendo, sin lugar a dudas. Los cilindros más nuevos son totalmente de metal y utilizan cojinetes anti-fricción.

### **3.6.2 Cernedores**

Existen muchos tipos de cernedores de distintos tamaños en los molinos de harina. Si bien el tipo de mecanismo impulsor y la estructura de las cribas pueden cambiar, el principio fundamental utilizado es el mismo. Por el momento, vamos a concentrar nuestra atención sobre el principio del cernedor y sobre el tipo de criba que la mayoría de los fabricantes han incorporado a las máquinas que están actualmente en el mercado.

El cernedor sobre el cual los fabricantes se están concentrando ahora es llamado cernedor de oscilación libre. Esta máquina está suspendida del techo por pértigas de madera y no tiene mecanismo de impulsión en el piso, como era el caso de los modelos más antiguos que eran máquinas fijas sobre un círculo, impulsadas por un eje cigüeñal. El recorrido circular o alcance del cernedor es controlado por la velocidad, el peso o la distancia a la cual se colocan las pesas con respecto al centro del eje impulsor. El cernedor de oscilación libre ofrece

velocidades muy superiores que en el pasado y la práctica general es hacia una reducción del alcance a medida que se aumenta la velocidad.

Los cernedores tienen un recorrido giratorio y hacen un círculo perfecto de 2 a 4 pulgadas de diámetro, según la velocidad, si funcionan correctamente.

El principio sobre el cual se basa un cernedor de molino es el mismo de un pequeño tamiz manual. Si se coloca algún material en un pequeño tamiz manual y se sacude, se puede ver que las partículas más livianas van hacia la parte superior de la masa mientras las más pesadas se van haciendo camino hacia la base de la masa y caen a través de las aperturas si no son más grandes que ellas. Los mismos factores están involucrados en el funcionamiento de un cernedor: tamaño de partículas y peso de partículas. Cuando el producto entra al cernedor, cae sobre una criba y las partículas más pesadas se van hacia el fondo de la masa y salen por el extremo de cola de la parte superior de la masa y salen por el extremo de cola de la criba. El movimiento giratorio de la criba mantiene el producto en movimiento de una criba a otra, y la fuerza de gravedad que también entra en juego permite lograr la operación de cernido.

La mayoría de los cernedores de oscilación libre y de alta velocidad se componen de una caja construida alrededor de una criba; la criba en si misma es un elemento completo con una malla de soporte de los limpiadores y una gaveta colgando a poca distancia de la malla de soporte para recibir los productos que pasan la tela. Cada criba tiene aperturas del ancho de la misma sobre tres de sus lados y están a cierta distancia de las paredes de la sección, formando así cuatro canales en el exterior de su marco. Esto permite hacer hasta ocho separaciones en una sección.

Existen varios limpiadores de tela en el mercado actualmente. la práctica

de la molinería demuestra que algunos productos necesitan limpiadores más eficientes que otros. Las observaciones mostrarán que una acción de roce y de rebote da los mejores resultados y parece que los limpiadores de tira de algodón trenzado permiten obtener estas dos funciones. A veces, se pueden usar pequeñas pelotas de goma con el mismo efecto.<sup>(R2)</sup>

# **CAPÍTULO IV**

## **METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

## **CAPÍTULO IV**

### **METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

La implementación del diseño de la planta para procesar harina de arroz, se llevará a cabo siguiendo la siguiente metodología de investigación.

#### **4.1 ESTUDIO BIBLIOGRÁFICO**

Por medio del cual se ampliarán los conocimientos sobre molinos para la elaboración de harinas, por medio de catálogos de fabricantes y libros disponibles en el país.

#### **4.2 ESTUDIO DE CAMPO**

Se empleará la investigación de campo por medio de la observación, entrevistas y cuestionarios, logrando con esto conocer a fondo el área de trabajo, y poder así dar una solución real, al problema observado. Esta investigación de campo servirá para aumentar el grado de familiaridad con el medio que se estudia.

#### **4.3 DESARROLLO DEL DISEÑO**

Se desarrollará el diseño de la planta para la fabricación de harina de arroz, además del diseño de la distribución de los equipos, condiciones ambientales adecuadas y mantenimiento.

#### 4.4 DESCRIPCIÓN DEL ESTUDIO DE CAMPO

La investigación de campo se realizó a través de encuestas personales así como por vía telefónica. Se ha relacionado esta última alternativa luego de una evaluación detenida de sus ventajas y desventajas, las cuales se describen a continuación.

Las ventajas de la investigación vía telefónica son las siguientes:

- ✍ El tiempo que se utiliza es menor que en cualquier otro método, ya que no se invierte tiempo con cada entrevistado, lo que a su vez beneficia ya que disminuye los costos de la investigación.
- ✍ Los costos son menores debido a que no se incurre en los gastos necesarios para llegar al lugar de cada uno de los entrevistados.
- ✍ Se llega a todas partes no importando la distancia o riesgoso del lugar en que se encuentre el entrevistado.
- ✍ Se evita el error de respuesta, al no contar con personas que estén influyendo en el entrevistado, o le den una mala interpretación a la idea expresada por la misma, es importante hacer ver que este es uno de los errores normales que se dan en la comunicación.

Sin embargo, a pesar de las ventajas que ofrece la investigación vía telefónica, se encuentran la siguiente desventaja:

- ✍ No todas las personas contestan este tipo de encuestas, especialmente porque no existe nadie que les esté haciendo sentirse comprometidos a colaborar con la investigación.

#### **4.5 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN**

Comprendida la situación actual y teniendo en cuenta que la investigación de campo es con el objeto de determinar los intereses y necesidades del sector industrial nacional en lo que a fabricación de harina de arroz se refiere, las variables de esta investigación son las siguientes:

- ✓ Actividad económica
- ✓ Ubicación geográfica

Se han considerado estas variables en la investigación ya que de acuerdo a cada una de ellas se encontrarán intereses similares. Es por lo tanto, de esperarse que las necesidades tengan cierta tendencia de acuerdo al rubro al que se dedica la empresa.

Las variables por lo tanto facilitan la tabulación de las respuestas y el análisis de las mismas sobre todo al momento de realizar las recomendaciones y el diseño de la planta procesadora de harina de arroz.

#### **4.6 DISEÑO DEL ESTUDIO DE CAMPO**

Desde un principio, se trabajó en la elaboración de los cuestionarios a ser evaluados, siendo el diseño de las encuestas el siguiente:

### Encuesta a Usuarios de Harina de Arroz

Pregunta N° 1: ¿Qué tipo de producto compra?

Arroz  Miga  Harina

Pregunta N° 2: ¿Qué clase de producto compra?

Americano  Nacional

Pregunta N° 3: ¿Precio al que compra el producto?

Arroz \_\_\_\_\_ Miga \_\_\_\_\_ Harina \_\_\_\_\_

Pregunta N° 4: ¿Cuánto paga por moler el producto?

Arroz \_\_\_\_\_ Miga \_\_\_\_\_

Pregunta N° 5: ¿Qué cantidad de producto consume al mes? \_\_\_\_\_

Pregunta N° 6: ¿Qué características le gustan de la harina?

\_\_\_\_\_

### Encuesta a Molineros que Procesan Harina de Arroz en Molinos de Nixtamal

Pregunta N° 1: ¿Cada cuanto afilan los discos del molino de nixtamal?

\_\_\_\_\_

Pregunta N° 2: ¿Cantidad de pasadas de molido, que le dan al arroz? \_\_\_\_\_

Pregunta N° 3: ¿Tiempo que tarda en darle una pasada? \_\_\_\_\_

Pregunta N° 4: ¿Qué pérdida hay al moler el grano y obtener la harina?

\_\_\_\_\_ %

Pregunta N° 5: ¿Qué cantidad de quintales muele en un día? \_\_\_\_\_

#### **4.7 SELECCIÓN DEL EXPERIMENTO**

No se tiene un censo de todos los usuarios de harina de arroz, considerando que se ha considerado que la investigación de campo se envió al 100% de la población de interés.

La ubicación geográfica de los encuestados es la de Olocuilta, en el departamento de La Libertad y la zona central de la ciudad de San Salvador.

La aleatoriedad y el tamaño de la muestra en este experimento no ha de definirse debido a que se ha escogido el 100% de la población de interés para hacerles las encuestas, basándose en factores comunes entre las empresas, tales como: tamaño de la empresa y giro o actividad económica.

#### **4.8 CONDUCCIÓN DEL EXPERIMENTO**

Como se mencionó anteriormente, la investigación se realizó vía telefónica y la forma personal, solicitando a los encuestados a que respondan con la mayor veracidad posible.

En cuanto a la aleatoriedad del experimento puede decirse que ya se ha enviado la encuesta al cien por ciento de la población, se espera tener una muestra representativa que refleje el resto de la población; eso debido a lo anteriormente detallado en la selección del experimento.

#### **4.9 RESULTADOS ESPERADOS DE LA INVESTIGACIÓN DE CAMPO**

Por medio de la investigación de campo sobre la utilización de harina de arroz, se espera poder determinar las necesidades predominantes en el sector

productivo del país. Esto permitirá recomendar la maquinaria y el equipo que se ajuste a las necesidades de ésta.

También se conocerán cuáles son las áreas de mayor interés en utilización y consumo de harina de arroz, la encuesta está diseñada de manera sencilla.

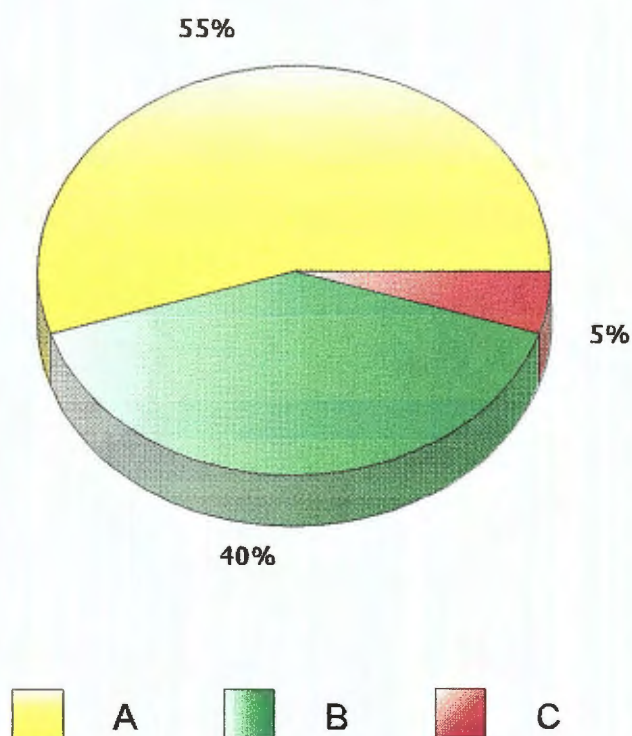
A continuación se muestra gráficamente la tabulación de los datos obtenidos en la investigación.

#### 4.10 TABULACIÓN E INTERPRETACIÓN DE DATOS

Pregunta N° 1: ¿Qué tipo de producto compra?

Respuesta	Porcentaje
A. ARROZ MIGA	55%
B. ARROZ ENTERO	40%
C. HARINA	5%
Total	100%

#### TIPO DE PRODUCTO QUE COMPRA

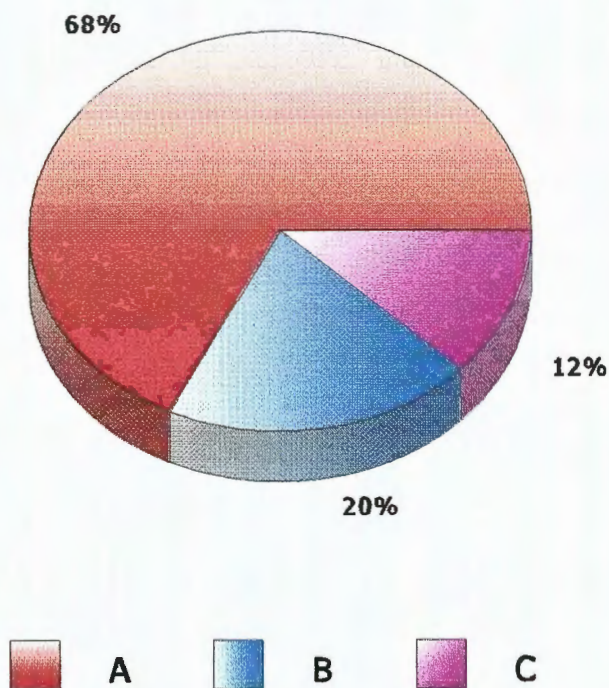


Análisis: El producto que más se consume para la elaboración de harina es el arroz quebrado (miga).

Pregunta N° 2: ¿Qué clase de producto compra?

Respuesta	Porcentaje
A. DESCONOCIDO	68%
B. AMERICANO	20%
C. NACIONAL	12%
Total	100%

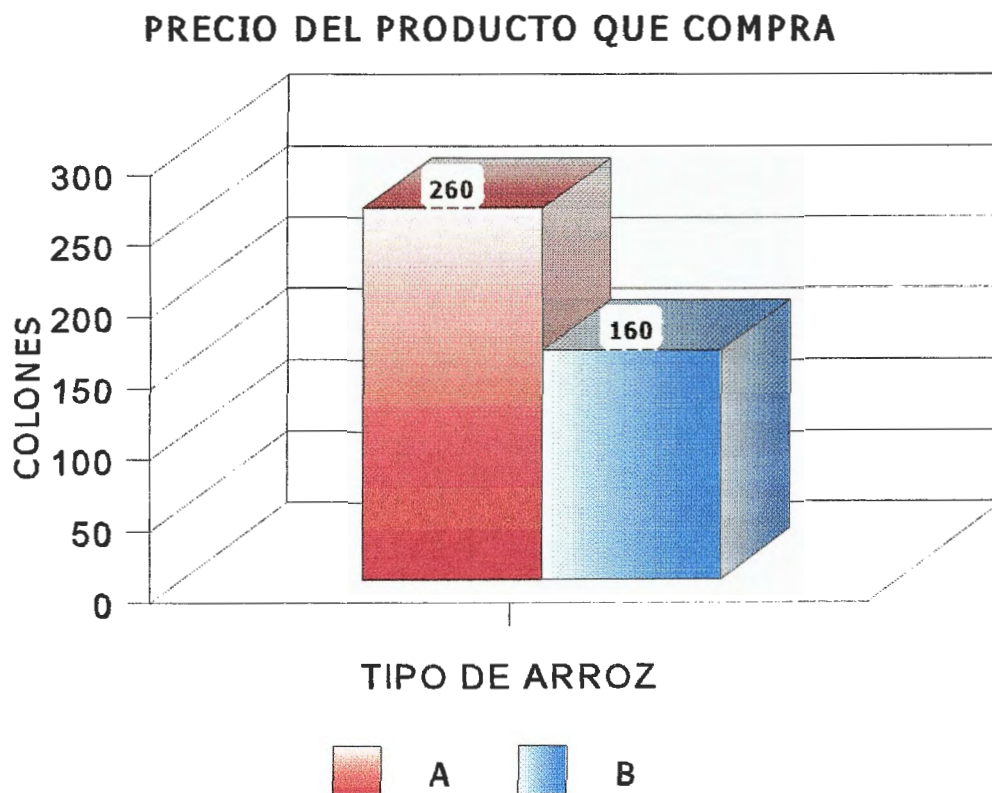
### PROCEDENCIA DEL TIPO DE ARROZ



**Análisis:** A los encuestados no les interesa el origen del producto, sino su calidad.

Pregunta N° 3: ¿Precio al que compra el producto?

Respuesta	Colones
A. ARROZ ENTERO	260.00
B. ARROZ MIGA	160.00

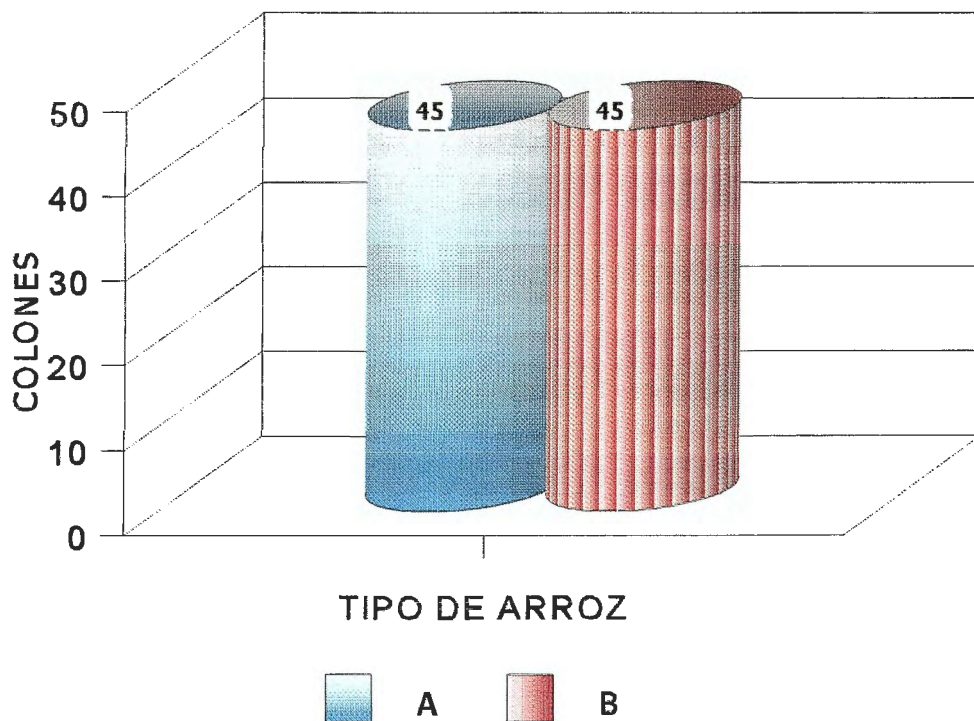


Análisis: El arroz quebrado (miga) tiene un valor monetario mucho menor que el arroz entero, lo que lo hace la materia prima ideal para la producción de harina.

Pregunta N° 4: ¿Cuánto paga por moler el producto?

Respuesta	Colones
A. ARROZ ENTERO	45.00
B. ARROZ MIGA	45.00

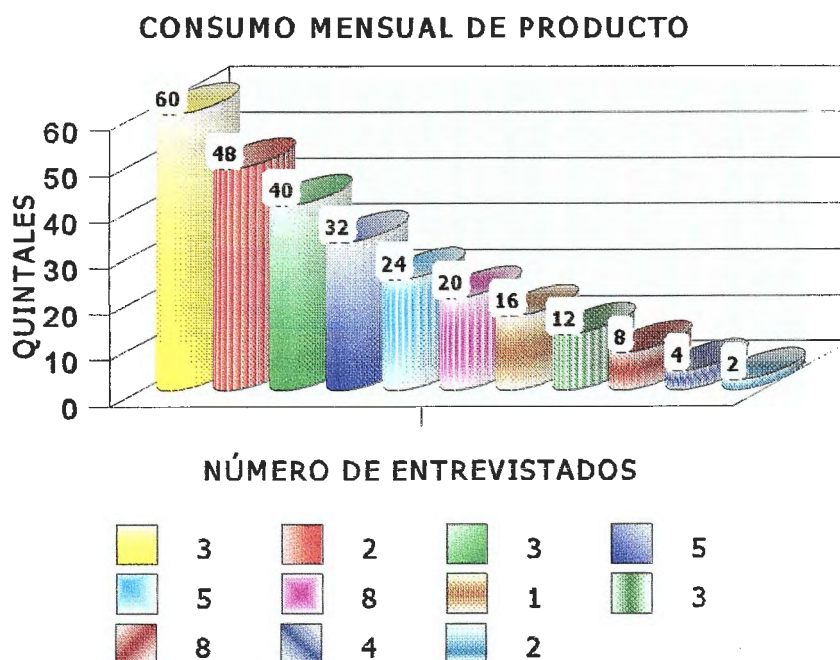
### PRECIOS PAGADOS POR MOLIENDA DE ARROZ



Análisis: No hay variante en cuanto al costo del molido de la materia prima (arroz entero o arroz quebrado).

Pregunta N° 5: ¿Qué cantidad de producto consume al mes?

Respuesta	Número de Entrevistados
A. 60 qq	3
B. 48 qq	2
C. 40 qq	3
D. 32 qq	5
E. 24 qq	5
F. 20 qq	8
G. 16 qq	1
H. 12 qq	3
I. 8 qq	8
J. 4 qq	4
K. 2 qq	2

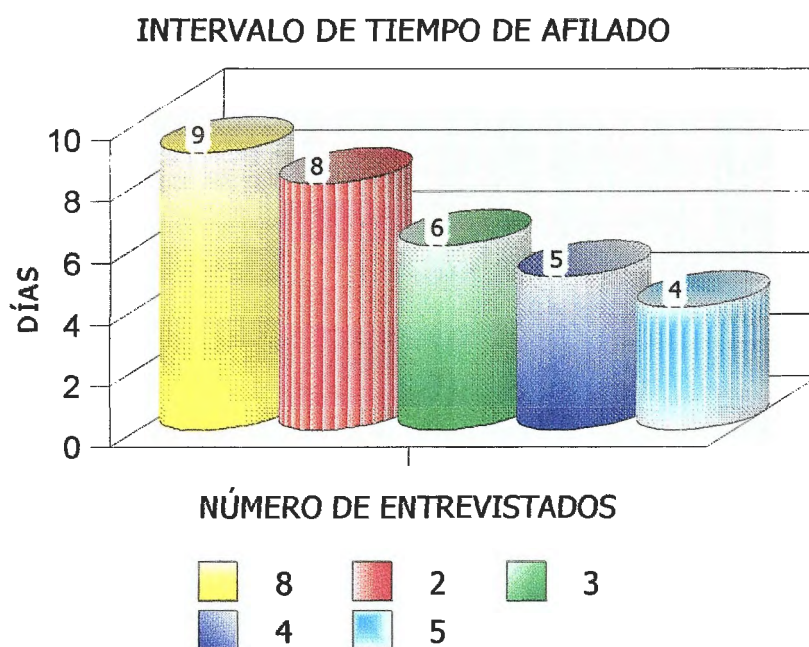


Análisis: La cantidad de harina que consumen los encuestados es muy variable teniendo una media  $\bar{x} = 17.2$  qq/mes por encuestado.

## Encuesta a Molineros que Procesan Harina de Arroz en Molinos de Nixtamal

Pregunta N° 1: ¿Cada cuanto afilan los discos del molino de nixtamal?

Respuesta	Número de Entrevistados
A. 9 DÍAS	8
B. 8 DÍAS	2
C. 6 DÍAS	3
D. 5 DÍAS	4
E. 4 DÍAS	5



**Análisis:** El período de afilado de los discos es variable, depende de la cantidad de quintales de arroz molido.

Pregunta N° 2: ¿Cantidad de pasadas de molido, que le dan al arroz?

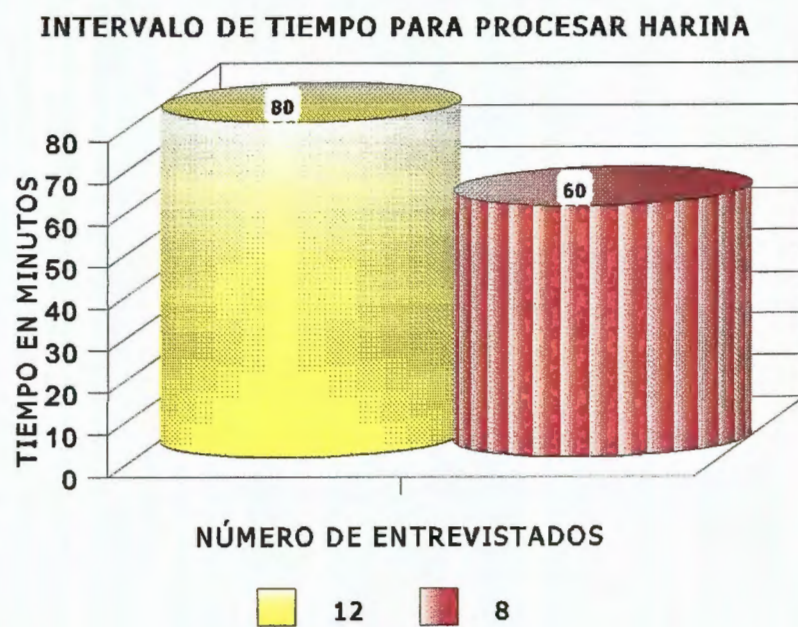
Respuesta	Número de Entrevistados
A. 10 PASADAS	2
B. 8 PASADAS	9
C. 6 PASADAS	4
D. 4 PASADAS	5



**Análisis:** La cantidad de ciclos de molido hace de los molinos de nixtamal ineficientes para la producción de harina de arroz.

Pregunta N° 3: ¿Tiempo que tarda en darle una pasada?

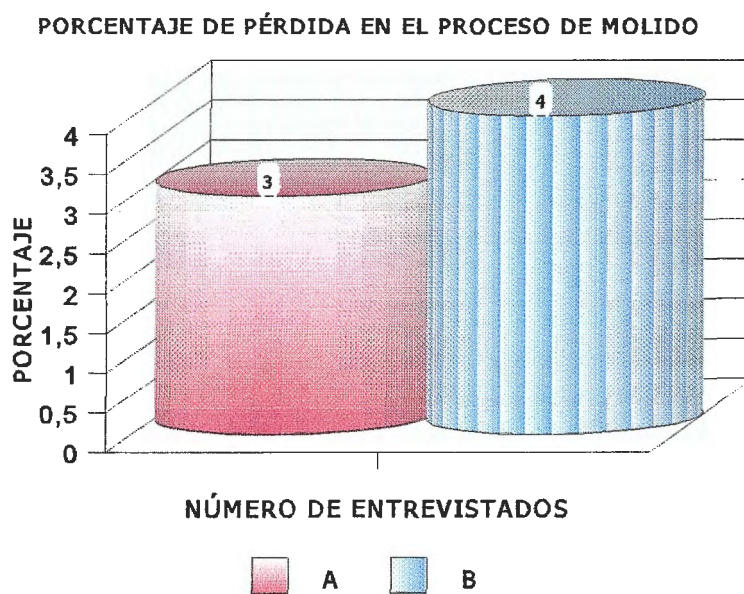
Respuesta	Tiempo
A. 12	80
B. 8	60



Análisis: El tiempo que dura un ciclo de molido es largo.

Pregunta N° 4: ¿Qué pérdida hay al moler el grano y obtener la harina?

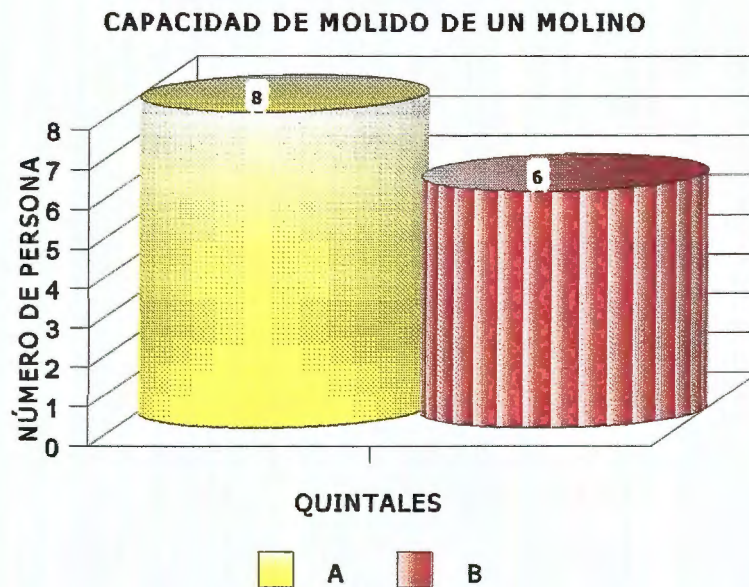
Respuesta	Porcentaje
A. ALGUNOS	3%
B. OTROS	4%
Total	100%



Análisis: El porcentaje de pérdida de materia prima en el proceso de elaboración de la harina oscila entre 3% y 4%.

Pregunta N° 5: ¿Qué cantidad de quintales muele en un día?

Respuesta	Porcentaje
A. 8 QQ	8
B. 12 QQ	6



**Análisis:** La cantidad de harina que se procesa en un molino de nixtamal en un día oscila entre 8 y 12 qq.

#### 4.11 CONCLUSIONES DE LA INVESTIGACIÓN DE CAMPO

Por medio de los resultados obtenidos se ha establecido que:

1. Entre las calidades de arroz utilizado para hacer harina el arroz miga (arroz quebrado) es el más utilizado, esto es debido a que su precio reduce enormemente los costos de producción.
2. Se puede observar que en su gran mayoría a los encuestados no les interesa la procedencia del arroz para la elaboración de harina, simplemente lo que esperan del producto final (harina) es que sea blanca y suave.
3. Según los datos de la encuesta realizada, reflejan que la media de consumo de harina de arroz por persona encuestada es de  $\times$  17.2 qq por mes.
4. El tiempo que se requiere para procesar 1 qq de harina de arroz en los molinos de nixtamal es de 1:10 minutos. La mala calidad de los discos que se tienen que estar reemplazando constantemente y el tiempo requerido de producción hacen de los molinos de nixtamal ineficientes.
5. El porcentaje de pérdida de materia prima en el proceso de elaboración de la harina es del 3.5%; no es un porcentaje elevado de pérdida pero, se puede disminuir considerablemente con el nuevo equipo de producción propuesto, el cual será un proceso automatizado.

# CAPÍTULO V

## DISEÑO, CÁLCULOS Y SELECCIÓN DE MAQUINARIA PARA LA PLANTA DE PROCESAMIENTO DE HARINA DE ARROZ

## **CAPÍTULO V**

### **DISEÑO, CÁLCULOS Y SELECCIÓN DE MAQUINARIA PARA LA PLANTA DE PROCESAMIENTO DE HARINA ARROZ**

#### **5.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN**

El proceso que a continuación se describe, involucra algunas máquinas a construir en el país y otras que se comprarán en el extranjero.

Se debe destacar que todo el proceso de fabricación de harina así como la construcción de las máquinas, son afines al contexto tecnológico del país.

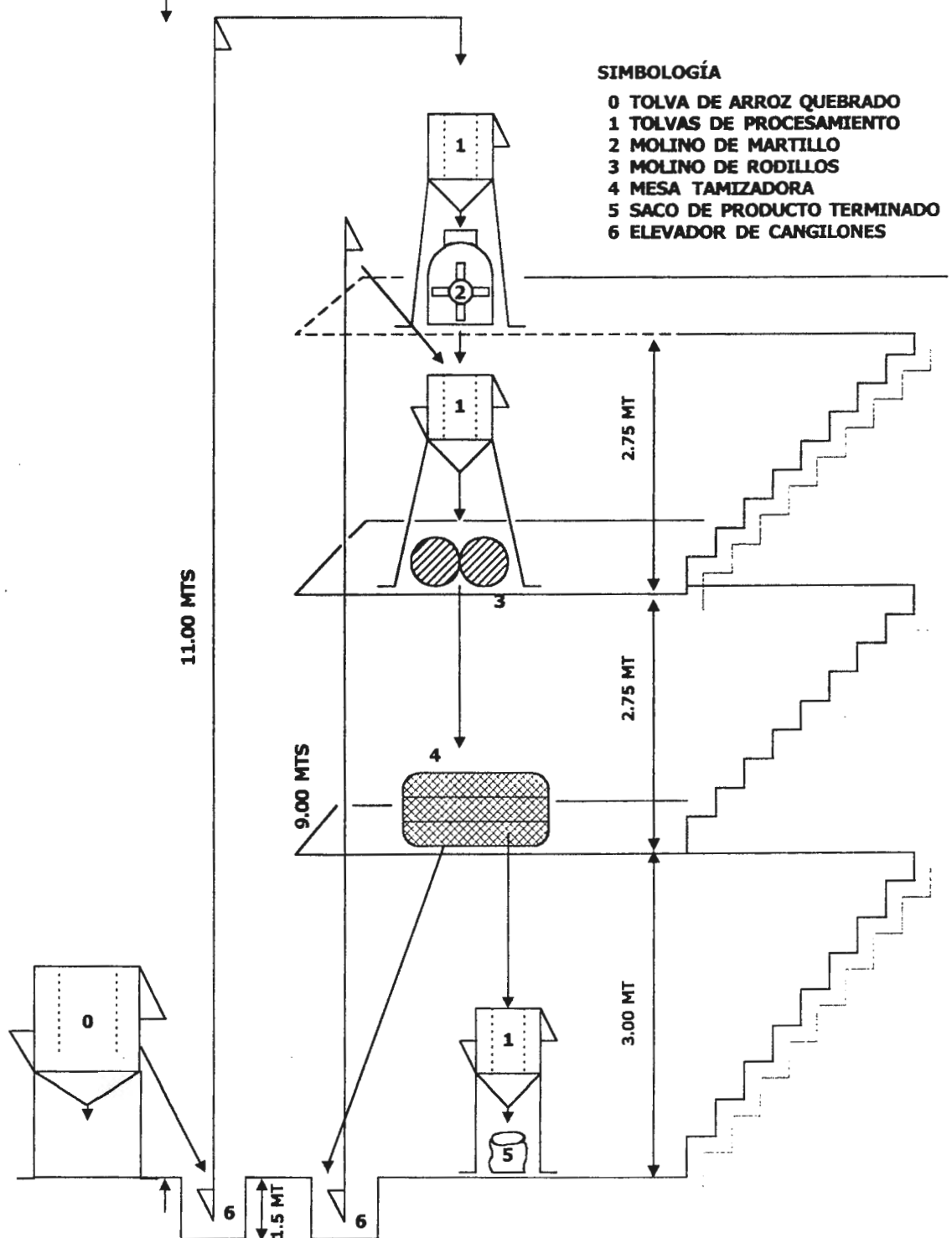
##### **5.1.1 Adquisición de Materia Prima**

La adquisición de materia prima se llevará a cabo en la planta a diseñar, que se le comprará a los agricultores de la zona, como también se comprará materia prima en el extranjero.

Esta materia prima llega al Puerto de Acajutla donde es almacenada en las bodegas de ALCASA de C.V.; posteriormente será traída a la planta en cabezales, según sea la demanda; los cabezales pasarán a una báscula de piso para pesar primero el vehículo cargado y luego de ser inspeccionada la carga, se procederá a ser ubicada en la zona de descarga de materia prima.

Luego, el vehículo descargado pasará nuevamente a la báscula de piso para determinar el peso en carga que se recibió.

Figurara N° 27: Distribución en Planta de la Maquinaria para Procesamiento de Harina de Arroz



### 5.1.2 Beneficiado de Arroz

El arroz (con cáscara) pasa primeramente a una máquina pre-limpiadora para sacar todo los materiales ajenos posibles; luego el arroz vestido (o con cáscara) pasa ahora sobre un conjunto de imanes para eliminar todos aquellos materiales ferrosos que causarían grandes daños, en cualquiera de las máquinas.

La máquina siguiente que encontramos en el flujo, que haya sido diseñada específicamente para la molienda del arroz es un desconchador o "descascarillador" de cilindros de goma; el arroz en cáscara fluye hacia abajo entre los cilindros que giran en dirección opuesta y a RMP diferentes. La presión entre los 2 cilindros es ajustable y se regula mediante un cilindro neumático debido a que la presión de descascarillado varía según la variedad de arroz. Aunque el arroz sea comparativamente fácil de descascarillar, una presión demasiado fuerte provocaría una ruptura excesiva o puede hacer que el cilindro de goma deje una marca en el grano de arroz, que tiende a decolorar el arroz molido terminado.

Los descascarilladores más nuevos, vienen equipados con sistema de control automático, que permiten que los cilindros se abran cuando no está pasando arroz entre ellos, evitando así el desgaste producido por su contacto. Según la variedad de arroz que está siendo tratada y el caudal, se debe reemplazar la goma de los cilindros cada 125 horas aproximadamente.

Si por lo menos el 92% del arroz en cáscara que pasa por los cilindros sale desconchado, se considera que la eficiencia de los mismos es satisfactoria.

El arroz con cáscara y el desconchado (descascarillado) caen a una

máquina separador-paddy y la cascarilla que ha sido separada por los descascarilladores es removida por un aspirador.

La separadora-paddy separa el arroz en cáscara del arroz marrón y devuelve el primero a los descascarilladores por los cuales acaba de pasar.

Las máquinas "paddy" (o de arroz en cáscara o vestido) que tienen un movimiento de vaivén horizontal, están provistas de un dispositivo que permite ajustar los RPM y la pendiente de la mesa. El movimiento y la inclinación de la mesa hacen que el material de menor densidad flote por encima del material más pesado hasta que el primero sea descargado por el lado alto, mientras el material más pesado sale por el lado bajo.

El arroz marrón va a los pulidores donde es blanqueado y liberado de un sedimento llamado pulimento. El pulimento pasa directamente a ser empacado mientras que el arroz blanco pasa a la zaranda clasificadora, la cual libera al arroz entero y a las mitades de arroz del grano más pequeño, llamado miguilla. El arroz entero y las mitades de arroz (miga) son separadas, por una máquina llamada cilindro clasificador el cual envía el arroz entero a una tolva y la miga a otra tolva.

De aquí podemos obtener las calidades de arroz según el grado de grano quebrado que mezclamos con el arroz entero.

### **5.1.3 Obtención de la Harina de Arroz**

Para la fabricación de harina ocuparemos los granos medianos y pequeños (o sea miga y miguilla). Partiendo de la tolva de dichos granos, estos pasarían a

un molino de martillo el cual consta de placas rectangulares llamadas martillos; estos molinos utilizan zarandas para reducir la granulometría de los granos. Al reducir considerablemente la granulometría de los granos de arroz, estos pasarían a un molino de rodillos o cilindros que son los que dirigen la molienda de harina.

Cuando el producto entra al molino de cilindros, va a una cámara de alimentación o de distribución que está por encima de los cilindros y se mantiene allí hasta que el mecanismo alimentador lo deje caer sobre la superficie de trabajo de los cilindros.

Los rodillos comprimen gradualmente las partículas en harina; estos cilindros son lisos; aquí se necesita una acción de aplastamiento.

Las partículas de arroz mezcladas con harina pasan a un cernidor de tamiz donde son separadas las partículas de la harina ya terminada; las partículas que no son consideradas harina regresan al molino de rodillo para seguir siendo aplastadas y la harina terminada a ser envasada.

#### **5.1.4 Empacado y Control de Calidad**

Después de ser tamizada, la harina cae en las tolvas finales cuyas salidas serán de forma cilíndrica y con un estrangulamiento de modo que los operarios puedan poner los sacos a las bocas de salida de las tolvas y mediante unos cinchos metálicos puedan asegurar los sacos que estarán ubicados en carretillas para después de ser llenados puedan ser trasladados a la zona de carga para almacenamiento. La forma de llenado de la harina en los sacos se hará de forma automática con un interruptor que accionará un transformador selenoide que

permitirá el paso de harina a los sacos, abriendo una compuerta dentro de las bovas por un tiempo estimado para el llenado de sacos de 50 kg. Luego se cerrará habiendo transcurrido este tiempo. Los sacos se pesarán en básculas y se sellarán con hilo de nylon con una máquina cosedora que manejarán los operarios para sellar todos los sacos.

### **5.1.5 Almacenado**

Los sacos al ser sellados, se trasladan por medio de carretillas a estantes de madera ubicados en una zona de carga, y que con un montacargas serán llevados a la bodega de almacenamiento para su futura comercialización.

## **5.2 MATERIALES METÁLICOS**

### **5.2.1 Acero para Estructura Metálica**

El acero ASTM A-36 es el que se usará en las armazones de estructura metálica. Los elementos que se fabrican con este material son perfiles angulares, canales, tubos cuadrados, vigas de patín ancho y columnas, "T", vigas armadas "I", y otros.

El acero estructural se desarrolló para satisfacer la necesidad de un acero al carbono con mayor resistencia y se usa para estructura de maquinaria, puentes y edificios debido a su posición controlada. El acero A-36 es fácil de soldar y constituye importantes ahorros.

Propiedades químicas:      Carbono 26% <sup>(5)</sup>

Propiedades mecánicas: Resistencia a la tracción de 400 a 552 Mpascales, límite de fluencia 248 Mpascales.

### 5.2.2 Acero para Ejes de los Elevadores - AISI Acero 1020

Este acero AISI 1020 se utilizará en todos los ejes de conducción de los elevadores. Es un acero fino, de bajo carbono de alta calidad y pureza, usado para repuestos tales como: ejes, pines, pasadores, chavetas y piezas donde se requiera buen rango de elasticidad.

Composición química: Carbono 0.20, silicio 0.20, manganeso 0.60, fósforo 0.02 y azufre 0.01

Propiedades mecánicas: Resistencia a la tracción de 517 Mpascales, límite de fluencia de 439 Mpascales, dureza Brinell 156.

### 5.2.3 Elementos de Sujeción

**Pernos:** Se utilizarán pernos de alta resistencia, fabricados con acero grado 5, es decir, acero de alta resistencia. La cabeza de los pernos a utilizar será hexagonal, ya que es la más común y abarca una gran serie de tamaños. Los tamaños varían de acuerdo al esfuerzo que van a soportar.

**Electrodo:** Las especificaciones para electrodos cubiertos de soldadura de arco de acero dulce (AWS A5 1-69) enumera doce clasificaciones basadas en requerimientos químicos, propiedades mecánicas, tipos de cubiertas del electrodo, el uso y la sanidad. Para el proyecto sujeto de estudio, se seleccionaron dos tipos

de electrodos a usar en la fabricación de la maquinaria, habiendo sido elegido de acuerdo a sus características y al material que se va a soldar.

**Electrodo E-6013:** Se usa con corriente alterna o directa, cualquier polaridad, el arco es suave, la penetración menor más fácil de quitar la escoria. Su velocidad =  $(0.0184 \times \text{amps})\text{lbs/hr} - 0.003$ . Designados originalmente para trabajos de láminas metálicas con bajo voltaje de circuito abierto. Se usará por su economía y el rendimiento es el ideal para trabajos menores en soldadura. Se usará principalmente en los acabados y de 3 mm de diámetro.

**Electrodo E-7018:** Es de bajo hidrógeno con altos porcentajes de polvo de hierro en el revestimiento. Puede usarse con corriente alterna o directa. Sirve para soldadura de filete en aceros de alto carbono y aceros de aleación. Su trabajo se caracteriza por su arco silencioso y suave, muy poca salpicadura, baja penetración y altas velocidades lineales. Se usará electrodo de 3 mm de diámetro, cuya velocidad de depósito es igual a  $0.012 \times \text{amps}$ .

**Lámina antidesgaste HWR400:** Acero especial duro al manganeso, de estructura austenítica antimagnética. Muy alta resistencia a la ruptura, también en altísimas exigencias de golpe.

*Aplicaciones:* En plancha para tolva para mineral, embudos para granileros, resbaladeras para concreto, molinos de mineral, confección de cajas fuertes. En piezas fundidas: elementos para trituradoras, muelas, anillos y conos quebrantadores, y otros.

*Mecanización:* Debido a la alta resistencia al desgaste se presentan ciertas dificultades al mecanizarlo con herramientas desprendientes de viruta. En

caso de necesidad de mecanizado fuera del torno, se efectúa preferentemente con esmeril de aglutinante cerámico.

*Taladrar:* Mediante brocas con aplicaciones de metal duro, o con brocas de punta o de corte en corazón de acero rápido montadas en taladro de pedestal con avance automático.

*Soldadura:* El acero duro al manganeso se debe soldar por arco eléctrico y se evitará la soldadura autógena pues origina una capa de óxido en el metal. Se recomienda usar electrodos austeníticos del tipo Cr-Ni-Mg (AWS. E-307-16).

Composición química: Carbono 0.35, cobre 0.17, cromo 0.18, fósforo 2.09, manganeso 1.45 y azufre 0.3. Este material será utilizado para confeccionar todas las tolvas de la planta.

#### **5.2.4 Materiales No Metálicos**

**Nylon:** El nylon es una fibra de polímeros sintéticos con propiedades mecánicas hecha por síntesis química, la cual posee un escurrimiento plástico secundario lo que significa que la fibra se deforma con el peso en proporción decreciente con el tiempo y que no se recupera en forma total al eliminar la carga. Posee extraordinarias propiedades mecánicas por lo que tiene un uso extenso en telas y tejidos industriales.

El nylon 6 es un material que presenta las siguientes propiedades elásticas de las fibras individuales: tenacidad a la ruptura 4.6-9.2; extensión a la ruptura del 16 al 40%, recuperación elástica al esfuerzo correspondiente de 100 al 8%, módulo de elasticidad 25-15 gpd. Este material de nylon 6 es del que estarán hechos los sacos donde se empaquetará la harina.

**Pinturas:** Las pinturas a usarse en el acabado de la construcción de los elevadores y tolvas serán para la base y acabado. Para la base se aplicará un anticorrosivo con una película de 2.5 mils y un acabado de pintura de aceite excello latex 2.5 mils.

### **5.3 DESCRIPCIÓN DE ELEMENTOS DE MÁQUINAS**

En general, una máquina se compone de una combinación de varios elementos mecánicos y eléctricos diferentes, adecuadamente dispuestos para trabajar conjuntamente como un todo. Durante el planeamiento del diseño de máquinas deben tomarse decisiones fundamentales en cuanto a la carga y el tipo de elementos cinemáticos a utilizar y el correcto empleo de las propiedades de los materiales constructivos.

A continuación se describe cada elemento de máquina a utilizar en el diseño de la maquinaria de la planta procesadora de harina de arroz, su aplicación y la debida selección para las necesidades de este proyecto.

#### **5.3.1 Ejes de Transmisión**

Son elementos que transmiten potencia. De sección transversal redonda o cuadrada, relativamente largos, a los cuales se fijan engranes, poleas, ruedas dentadas sujetadas por cuñas, chavetas para conectarlo con su fuente de potencia.

Los ejes son los elementos que se utilizarán para fijar en ellos los elevadores para que al transmitirseles potencia, puedan ellas girar y transportar el material a procesar.

Las variables de trabajo como la carga a soportar, la velocidad y temperaturas servirán para la selección del material de fabricación del eje, así como sus dimensiones necesarias para admitir estas variables.

Todos los ejes de los elevadores estarán hechos de acero AISI 1020, porque esta clase de acero acepta tratamientos térmicos superficiales y ello le permite una adecuada dureza en la superficie y mantiene la tenacidad en el centro.

Con las propiedades mecánicas de este acero y los parámetros de trabajo conocidos, se calcula el diámetro necesario de los ejes.

### **5.3.2 Chavetas**

Estos son elementos de conexión para transmitir par de torsión del eje al cubo. Estas se usan para sujetar las ruedas dentadas a los ejes de transmisión y los ejes de los motores en las máquinas. Se usarán chavetas cuadradas de acero AISI 1020 por bajo carbono terminado en frío, selección debido a las potencias bajas transmitidas por los motores. Las dimensiones de largo y ancho de las chavetas las determinan el diámetro del eje.

### **5.3.3 Cojinetes**

Son elementos en los que la carga principal se transmite a través de elementos que están en contacto de rodadura y no de deslizamiento. Los cojinetes se fabrican para soportar cargas radiales y axiales, de empuje puro o una combinación de ambas. Se ubican a los extremos de los ejes para darles soporte

y sujeción al esqueleto de la máquina.

Hay una serie de tipos de cojinetes de acuerdo al uso que se les vaya a dar. Los cojinetes de ranura profunda y una sola hilera de bolas soportan carga radial y cierta carga de empuje. Los cojinetes de carga angular tienen mayor capacidad al empuje. Los cojinetes de doble hilera de bolas pueden obtenerse en diversos tipos y tamaños para soportar mayores cargas radiales y de empuje.

En los elevadores transportadores, se seleccionarán cojinetes de bolas de una sola hilera, por la carga a que estarán sometidos y las revoluciones bajas a que trabajarán. Se seleccionaron sellados para evitar el contacto fragmentos de polvo con las partes internas de los cojinetes.

### **5.3.4 Cadenas de Transmisión**

Son elementos utilizados para transmitir potencia, y es uno de los más eficientes entre dos o más árboles o ejes giratorios que no pueden acoplarse directamente. una transmisión de cadena consta de una serie de eslabones unidos entre si y dos o más ruedas dentadas. Las ruedas dentadas están sujetas con chaveas a los ejes entre los que se transmite la potencia. Las ventajas de una transmisión de cadena en comparación con una banda o de engranaje, son las siguientes:

- ✍ Prácticamente no están restringidas las distancias entre los centros de los ejes.
- ✍ Las cadenas se instalan con facilidad
- ✍ Las cadenas no se resbalan o escurren
- ✍ Las transmisiones de cadena funcionan en condiciones adversas del medio ambiente.

Por las características antes mencionadas, se selecciona este tipo de transmisión de potencia entre ejes de motor. El tipo de cadena a usar lo determinarán los siguientes parámetros: i) Potencia a transmitir; ii) Velocidad a transmitir; y iii) Carga de trabajo.

## 5.4 ELEVADORES DE CANGILONES

### 5.4.1 Forma de Cangilones y Materiales a Transportar

La forma de los cangilones depende grandemente de los materiales a transportar, así como de la velocidad del elevador (Figura N° 28). La Figura N° 29, extraída de la norma DIN 15.230, muestra los tipos corrientes empleados.

El material empleado en la fabricación de los mismos suele ser hierro maleable, por la facilidad en obtener ángulos redondeados, bordes de ataque fuertes para resistir a la abrasión y corrosión, pero también se fabrican de acero suave embutidos, y cuando la cantidad es reducida, de chapas de acero suave soldadas.

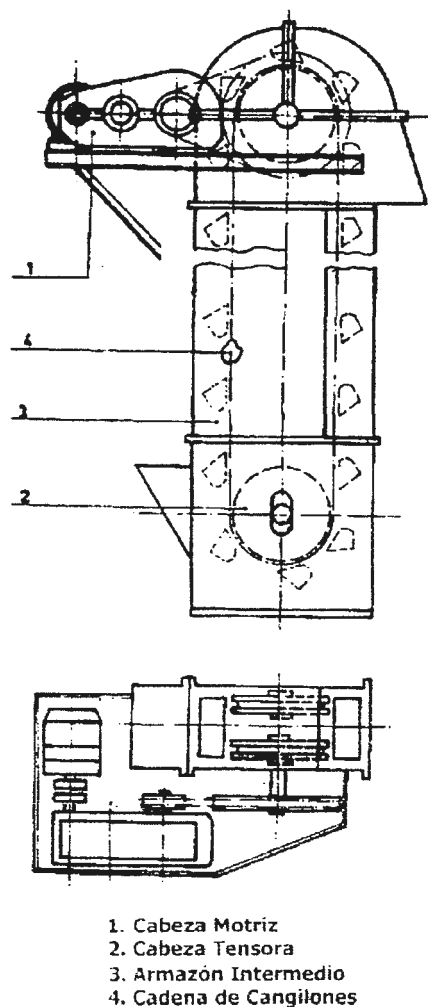


Figura N° 28: Elevador de Cangilones Vertical de Cadena (R8)

Con respecto al espaciamiento de los cangilones, éstos se colocarán más próximos conforme aumenta la velocidad,

puesto que el material sale despedido más radialmente. otro factor importante es el coeficiente de llenado del cangilón, que se define como la relación del volumen real de llenado al volumen teórico del mismo.

DIN	15231	15241	15232	15242	15233	15243	15234	15244	15235	15245	22201 . 22202 22211 . 22212	22203 22213	
Ejecución	Chapa	Fundición	Chapa	Fundición	Chapa	Fundición	Chapa	Fundición	Chapa	Fundición			
Forma	Altura reducida		Altura reducida redondeada		Semiprofundos		Profundo		Profundo		Cangilones continuos		
Figura													
Apropiados para	Materiales sueltos Harina Sémola		Materiales en trozos pequeños; cereales		Materiales pegajosos: azúcar en caña, finos de carbón, húmedos		Materiales pesados, pulverulentos o en trozos grandes; arena, cemento, carbón		Materiales ligeros y flúidos o rodantes: cenizas o patatas		Carbón de hulla		

Figura N° 29: Elevadores de Cangilones

(R8)

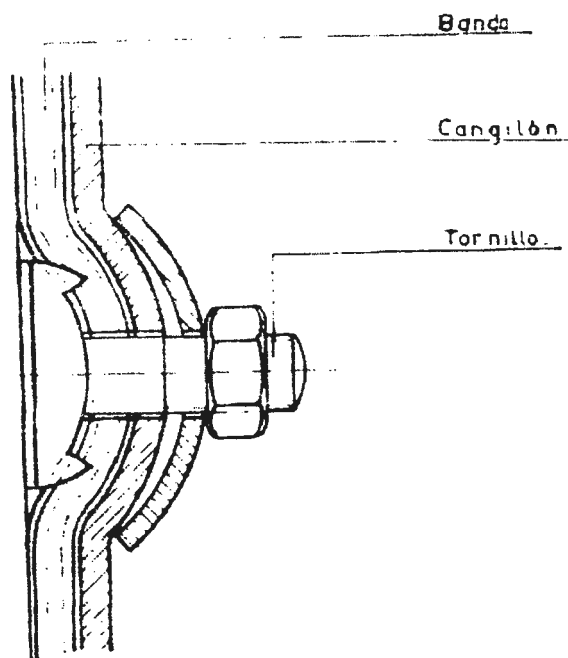
El material empleado en la fabricación de los mismos suele ser hierro maleable, por la facilidad en obtener ángulos redondeados, bordes de ataque fuertes para resistir a la abrasión y corrosión, pero también se fabrican de acero suave embutidos, y cuando la cantidad es reducida, de chapas de acero suave soldadas.

Con respecto al espaciamiento de los cangilones, éstos se colocarán más próximos conforme aumenta la velocidad, puesto que el material sale despedido más radialmente. Otro factor importante es el coeficiente de llenado del cangilón, que se define como la relación del volumen real de llenado al volumen teórico del mismo.

Un aspecto práctico importante es la sujeción del cangilón. Cuando la fijación es sobre banda, existen varios tipos de sujeción, pero una de las más eficaces es la que se indica en la Figura N° 30.

Para materiales ligeros se emplea una sola fila de tornillos y en los pesados, dos filas, colocadas al tresbolillo (Figura N° 31).

**Bandas y Cadenas:** Los cangilones se sujetan regularmente espaciados sobre una banda de algodón y goma, o sobre una o dos cadenas,



dependiendo la elección de uno u otro sistema de los materiales a

Figura N° 30: Fijación sobre banda mediante tornillo (R8)

transportar y de la velocidad. El empleo de las bandas exige, en general, una selección más cuidadosa que en el caso de empleo en cintas transportadoras; su empleo más generalizado es para elevación de cereales, aunque también se pueden utilizar para otros materiales. Los principales factores a tener en cuenta al elegir una banda para elevador son:

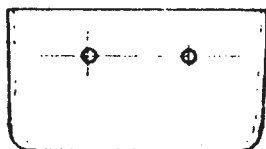
- Debilitamiento de la banda por los taladros de fijación de los cangilones.
- Menor tiempo del ciclo de recorrido, que en una cinta transportadora.
- Erosión de la cara exterior de la banda, al incidir el material sobre ella en la zona de carga.
- Acción cortante de la arista de la parte posterior del cangilón sobre la banda, al pasar por el tambor motriz.

Las bandas corrientemente empleadas son las de 28, 32, 36 y 42 onzas/duck, pero con igual resistencia en trama que en urdimbre, y las tensiones

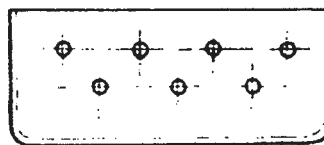
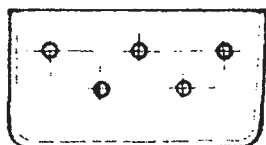
de trabajo no deben exceder los siguientes valores:

Cuadro N° 7: Calibre de Bandas y sus Tensiones	
Onzas/Duck	Tensiones de Trabajo (Kg/cm x tela)
28	4.5
32	5.3
36	5.7
42	7.1

(R8)



**FIJACIÓN MEDIA UNA SOLA FILA DE TORNILLOS**



**FIJACIÓN MEDIANTE DOS FILAS DE TORNILLOS  
(AL TRESBOLILLO)**

Figura N° 31: Fijación de Cangilones sobre la Banda

(R8)

Otras consideraciones a tener en cuenta son: elección del número de telas en función del material; el siguiente cuadro puede ayudar a ello.

Cuadro N° 8: Telas según de Bandas según Material			
Ancho de Banda	Materiales ligeros: cereales	Materiales medios: carbón	Materiales pesados: mineral
Hasta 300 mm	4	4-5	5
300-500	5	5-6	6
500-800	5	6	7
Más de 800	6	7	8

(R8)

**Determinación del diámetro del tambor:** Conocido el número de telas, se debe determinar el diámetro del tambor superior, para lo cual sirven en general las recomendaciones de los fabricantes de bandas, pero también puede emplearse el siguiente cuadro.

Cuadro N° 9: Diámetro del Tambor según el Número de Telas	
Diámetro mínimo	Número de telas
500	4
600	5
750	6
900	7
1100	8

(R8)

Una regla práctica a emplear es: diámetro del tambor (mm) = 150 por número de telas, la cual da valores algo mayores que los del cuadro anterior. El espesor de los recubrimientos de goma depende del tipo de unión a emplear para el cangilón, debiendo tenerse en cuenta que la cara en contacto con los tambores, es la que más se desgasta.

La anchura de la banda se hace, generalmente, 50 mm mayor que la anchura de los cangilones cuando éstos se colocan en una sola fila que es lo habitual, pero en grandes elevadores se colocan dos filas, desfasadas una respecto a la otra para dar más continuidad al llenado.

Los elevadores de cangilones tienen una longitud restringida para el tensado; ello obliga a más frecuentes empalmes que en una cinta transportadora. Por consiguiente, no es recomendable el empleo de juntas vulcanizadas, que son engorrosas de realizar y caras. Tampoco son recomendables los empalmes por grapas corrientes. Los siguientes sistemas se han acreditado por su sencillez y

eficacia.

- a. Esta junta es muy resistente, pero se limita su empleo a 5 telas por adquirir demasiada rigidez (Figura N° 32).

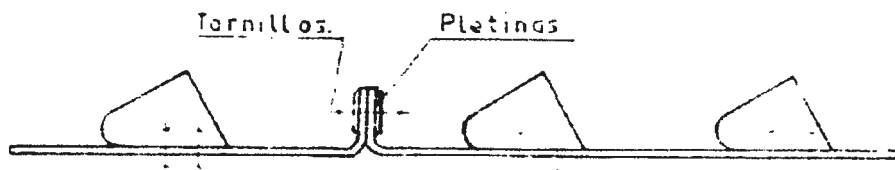


Figura N° 32: Unión con pletinas

(R8)

- b. Esta otra junta se emplea mucho en elevadores para cereales y en elevadores de tipo continuo. No es recomendable cuando el espesor de la banda es grande por existir un escalón excesivo (Figura N° 33).

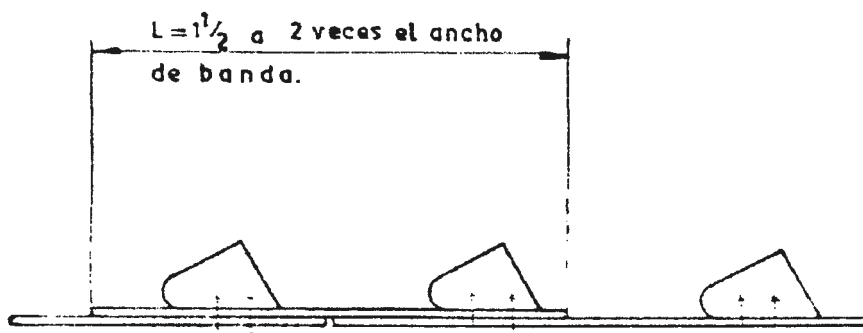


Figura N° 33: Unión por Bandas

(R8)

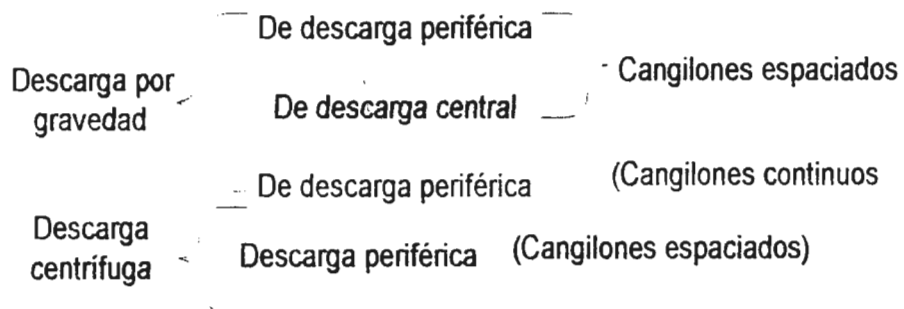
- c. El siguiente tipo es (Figura N° 34), en general, muy eficaz, siendo su único defecto la tendencia del material a penetrar por la junta tope; además hay que procurar que los cangilones queden todos en línea, para evitar el dragado irregular de los que sobresaldrían en la zona de junta, si tuvieran todos la misma altura.



Figura N° 34: Unión por Bandas

(R8)

**Descarga:** El siguiente cuadro sinóptico indica la clasificación de los elevadores con relación a la forma de descarga.



La Figura N° 35 muestra estos cuatro tipos de elevadores de cangilones.

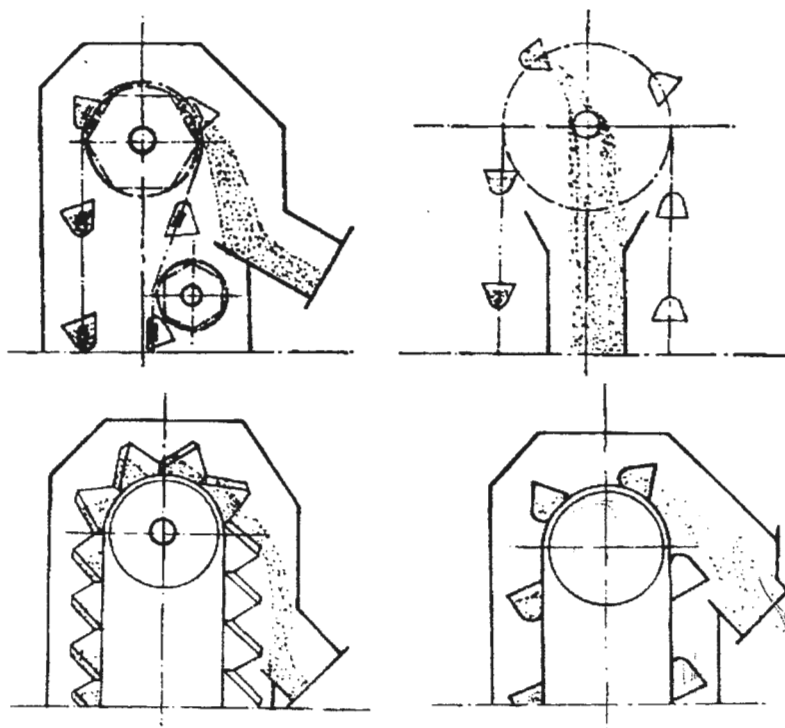


Figura N° 35: Elevadores de Cangilones - descarga por gravedad periférica, central, continua y centrífuga. (R8)

Seguidamente se describe la descarga del material. Para ello, se considera la Figura N° 36, en la cual se han dibujado diversos cangilones; en el número 1 sólo actúa el peso del material  $P$  contenido en el mismo. En los números 2, 3 y 4,

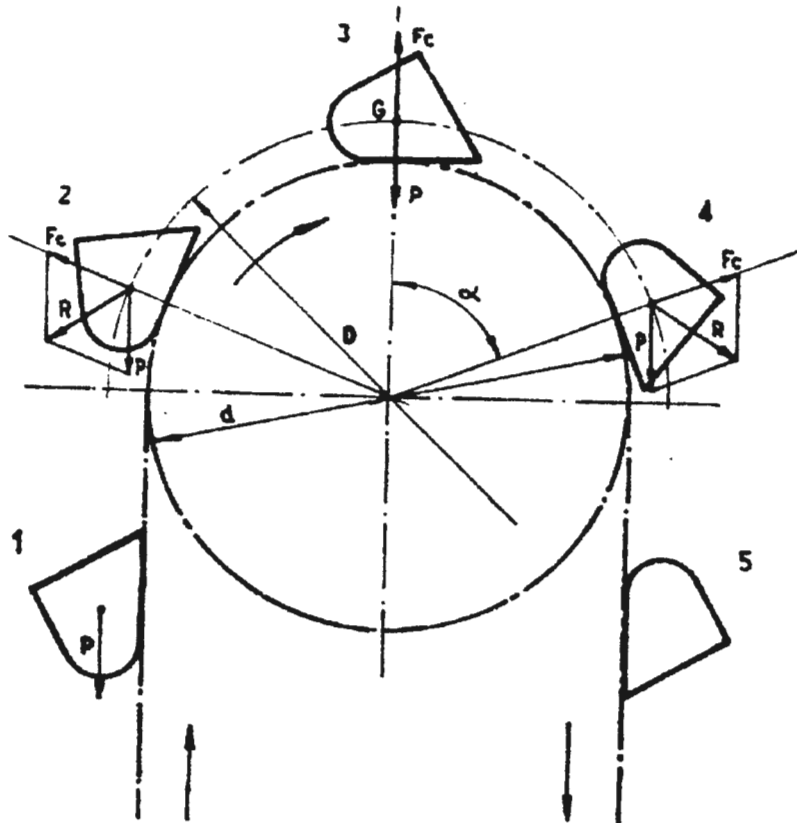


Figura N° 36: Descarga del Material

(R8)

actúa además la fuerza centrífuga  $F_c$  dirigida en sentido radial, la cual, al componerse con  $P$ , dará una resultante  $R$  que será función del ángulo que define la posición del cangilón. En el cangilón 2, vemos que  $R$  está dirigida hacia el fondo del mismo. Para el estudio de la descarga interesa considerar sólo los cangilones 3 y 4. En el número 3, situado sobre la vertical, la resultante coincidirá con dicha vertical; el caso límite, en el cual los materiales sueltos tales como cereales, harina y otros, comiencen a fluir, se verifica cuando  $P = F_c$ , o sea:

de donde: [1]

$$P = \frac{mv_t^2}{D} = \frac{P}{g} \cdot \frac{2v_t^2}{D}$$

Puesto que [2]

$$v_t^2 = \frac{gD}{2}$$

sustituyendo en la ecuación anterior, resulta: [3]

$$\frac{\pi^2 D^2 n^2}{60^2} = \frac{gD}{2},$$

y finalmente [4]

$$v_t = \frac{\pi D n}{60},$$

$$[5] \quad n = \frac{42,5}{\sqrt{D}}$$

Esta es la relación que liga el número de r.p.m. con el diámetro D, expresado en metros, y que marca el límite aproximado entre la descarga centrífuga y la descarga por gravedad. Sustituyendo la ecuación anterior en la expresión que da  $v_t$  resulta

$$[6] \quad v_t = \frac{\pi D}{60} \cdot \frac{42,5}{\sqrt{D}} = 2.22 \sqrt{D} \text{ (m/seg)}$$

Por ejemplo, para  $D = 0.5$  m., que es un valor corriente, resulta:

$$v_t = 2.22 \sqrt{0.5} = 1.55 \text{ m/seg } \langle \rangle 94 \text{ m/min}$$

Cuando se reduce la velocidad por debajo de la que resulta de emplear la expresión [6], la descarga se produce en algún punto situado en el primer cuadrante, tal como es la posición 4 del cangilón, definida por el ángulo  $\alpha$ . Para que el material comience a desprenderse, tiene que verificarse que la fuerza centrífuga igual a la componente radial del peso del material, o sea:

$$[7] \quad P \cos a = \frac{P}{g} \cdot \frac{2v_t^2}{D}$$

de donde

$$\cos a = \frac{2v_t^2}{gD^2} = \frac{2\pi^2 D^2 n^2}{gD^2 \cdot 60^2} = 0,00056 D n^2$$

Para materiales tales como minerales, carbón y otros más pesados y de tamaño grande, que no fluyen libremente, se adoptan no obstante, velocidades más bajas que reduzcan todavía más el efecto de la fuerza centrífuga. Para éstos, la fuerza centrífuga es del orden del 80 % de la correspondiente a materiales que fluyen libremente. De la consideración de la fórmula [2], se desprende que es errónea la creencia común de fijar velocidades determinadas para cada tipo de material, puesto que las mismas dependen del diámetro del tambor de cabeza. No obstante, deben tenerse en cuenta aspectos prácticos tales como el tamaño y naturaleza del material, a efectos de la erosión que puede producirse en los bordes de los cangilones; en general, cuanto más abrasivos, duros y aristas más agudas tengan los materiales, más reducidas deben ser las velocidades. El mayor tamaño de los trozos también limita la velocidad; 75 mm. aproximadamente, es el mayor tamaño que debe transportarse en elevadores de cangilones.

Otro criterio modernamente empleado para determinar el límite entre la descarga centrífuga y la de gravedad, es el de la distancia polar. Se demuestra que para una velocidad y con una carga constante en el cangilón, la resultante R de ambas, cambia de posición y valor según se desplaza el mismo, pero la prolongación de todas, corta al eje Y-Y de la Figura N° 37, siempre en el mismo punto P, llamado polo; d, se llama la distancia polar. Cuando  $d_p < r_i$ , o sea, el polo está dentro de la circunferencia de la rueda o tambor, la descarga es centrífuga.

Si  $d_p > r_c$ , o sea, el polo está fuera de la circunferencia definida por la arista más saliente del cangilón, la descarga es por gravedad. Cuando el polo está situado entre ambas circunferencias, la descarga es parcialmente por gravedad y parcialmente centrífuga.

La posición del punto P, se deduce de la comparación de los triángulos semejantes ABC y AOP de la Figura N° 37.

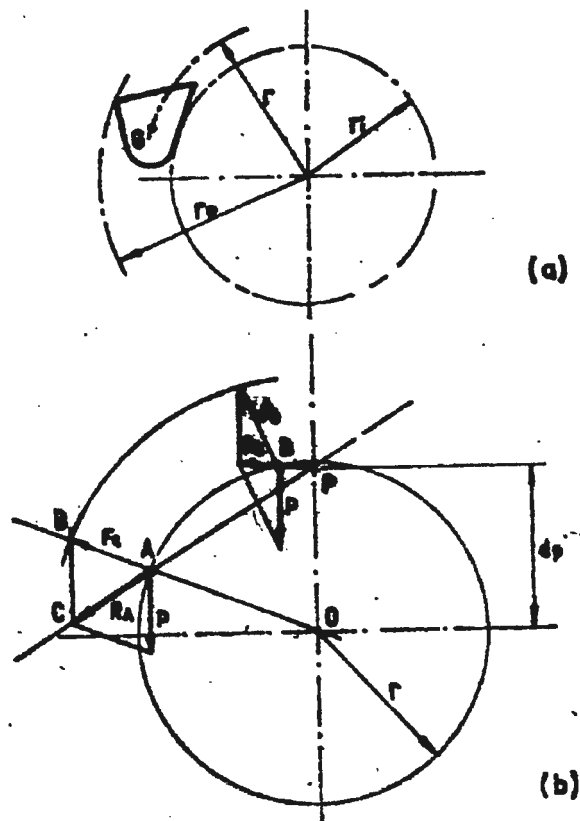


Figura N° 37: Determinación de la distancia polar "d<sub>p</sub>"  
(R8)

$$\frac{d_p}{r} = \frac{P}{F_c} = \frac{\frac{mg}{v^2}}{r} = \frac{gr}{v^2}$$

de donde 
$$d_v = \frac{gr^2}{v^2} = \text{constante}$$

Puesto que  $v = \frac{2\pi n r}{60}$ , sustituyendo resulta:

$$[8] \quad d_p = \frac{895}{n^2}$$

El Cuadro N° 10 da una orientación general sobre las velocidades a elegir, según el diámetro del tambor y los materiales a elevar.

### Capacidad, Esfuerzos y Potencia

La capacidad en Tm/hora, viene dada por la expresión

$$[9] \quad Q = 3.6 \frac{c}{p} v \phi \gamma$$

en la que

$c$  = Capacidad de cada cangilón en litros

$p$  = Paso de los cangilones (en metros)

$v$  = Velocidad (en m/seg.)

$\phi$  = Coeficiente de llenado

$\gamma$  = Peso específico (en Tm/m<sup>3</sup>)

Los esfuerzos en cada ramal de la banda o cadena son distintos; el peso del ramal cargado equilibra al del vacío más la acción del esfuerzo tangencial en la rueda de cabeza o motriz. A efectos del cálculo de la banda o cadena, se considera el ramal más cargado y el valor teórico del esfuerzo viene dado por:

$$F = H (p_m + p_c)$$

**Cuadro N° 10: Velocidades a Elegir según el Diámetro del Tambor y los Materiales a Elevar**

CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL	MATERIAL	TIPO DE ELEVADOR	TIPO DE CANGILÓN	COEFICIENTE DE LLENADO	VELOCIDAD (M/SEG)	
					BANDA	CADENA
PULVERULENTO	POLVO DE CARBÓN	BAJA VELOCIDAD. DESCARGA POR GRAVEDAD	P	0.85	--	0.6 ÷ 0.8
	CEMENTO, YESO, FOSFATOS, FERTILIZANTES	ALTA VELOCIDAD DESCARGA CENTRÍFUGA	P	0.75	1.25 ÷ 1.8	
GRANULAR Y CON PEQUEÑOS TROZOS (INFERIORES A 60 MM), MEDIANAMENTE ABRASIVOS	SERRÍN, ARCILLA SECA EN TROZOS, CARBÓN	ALTA VELOCIDAD DESCARGA CENTRÍFUGA	P	0.7 ÷ 0.8	1.25 ÷ 2	1.25 ÷ 1.6
IDEM MUY ABRASIVOS	GRAVA, MINERAL	BAJA VELOCIDAD. DESCARGA DIRECTA POR GRAVEDAD	V	0.75 ÷ 0.85	0.8 ÷ 1	0.8 ÷ 1
	ARENA, CENIZA, TIERRA ROCAS	ALTA VELOCIDAD DESCARGA CENTRÍFUGA	P	0.7 ÷ 0.8	1.6 ÷ 1.8	--
TAMAÑOS MEDIOS Y GRANDES (MAYOR DE 60 MM), MEDIANAMENTE ABRASIVOS	CARBÓN	BAJA VELOCIDAD. DESCARGA DIRECTA POR GRAVEDAD	V	0.6 ÷ 0.8	-	0.6 ÷ 0.8
		ALTA VELOCIDAD DESCARGA CENTRÍFUGA	P	0.5 ÷ 0.7	-	1.25 ÷ 1.4
IDEM MUY ABRASIVOS	ROCAS TRITURADAS, MINERAL	BAJA VELOCIDAD DESCARGA CENTRÍFUGA DIRECTA	V	0.6 ÷ 0.8	-	0.5 ÷ 0.8
EN TROZOS, FRÁGIL FRIABLE	COK	IDEM	V	0.6	0.6 ÷ 0.8	0.6 ÷ 0.8
POLVORIENTO, EN GRANOS, HÚMEDO	TIERRA, ARENA HÚMEDA, YESO POLVORIENTO, HÚMEDO	ALTA VELOCIDAD DESCARGA CENTRÍFUGA	A	0.4 ÷ 0.6	1.25 ÷ 1.8	1.25 ÷ 1.6
	MUCHOS PRODUCTOS QUÍMICOS	BAJA VELOCIDAD DESCARGA POR GRAVEDAD	A	0.4 ÷ 0.6	-	0.6 ÷ 0.8
TIPOS DE CANGILONES: P: PROFUNDO A: ABIERTO V: TIPO EN V						

(R8)

en la que  $H$  = Altura del elevador (en metros)  
 $p_M$  = Peso del material (en Kg/m. del elevador =  $c/p \phi \gamma Q/3.6 v$ )  
 $p_c$  = Peso de los cangilones y cadena (en Kg/m. del elevador)

A consecuencia de las resistencias al movimiento y adaptación de los cangilones sobre la rueda de cabeza, el valor de  $p_c$  debe multiplicarse por  $C_1$ , coeficiente que tiene en cuenta las resistencias al movimiento y adaptación de los cangilones sobre las ruedas de cabeza y pie, así como la resistencia al llenado o dragado de los cangilones. Además  $p_c$  se multiplica por un coeficiente práctico  $C_2$ .

Considerando un factor de seguridad de un 20%, resulta finalmente:

$$F = 1.2 H (Q/3.67 v + C_1 C_2 Q) = 1.2 HQ ( 1/3.6 v + C_1 C_2) \quad [10]$$

Este valor de  $F$  nos servirá para el cálculo de la cadena.

La potencia necesaria en CV se obtendrá multiplicando por  $v/75$  el valor del esfuerzo tangencial  $T_T$ ; éste es igual al peso del material a elevar ( $H p_M$ ), más  $F$  multiplicado por un coeficiente de fricción  $\mu_1$ . Resulta, por consiguiente:

$$\begin{aligned} P_1 &= v/75 [1.2 H p_M + \mu_1 \cdot 1.2 HQ (1/3.6 v + C_1 C_2)] = \\ &= v/75 [1.2 HQ 1/3.6v + 1.2 HQ 1/ 3.6v \mu_1 (1 + 3.6 C_1 C_2 v)] = \\ &\quad + 1.2 HQ/270 [1 + \mu_1 (1 + 3.6 C_1 C_2 v)] \end{aligned}$$

Los valores de  $C_1$ ,  $C_2$  y  $\mu_1$  vienen dados en el Cuadro Nº 11.

Los valores dados en la expresión [11], son de más utilidad en un anteproyecto en el que a priori se desconocen los pasos de cadena y cangilones, pero cuando se conocen éstos, es preferible emplear la siguiente expresión:  $P_2 = QH/270 (1 + 2\mu_1 p_c H)$ , la cual da valores más exactos ( $p_c$  debe expresarse en

Tm/m).

Cuadro N° 11: Valores de $C_1$ , $C_2$ y $\mu_1$						
Capacidad (Tm/h)	Tipo de Elevador					
	De banda		De una cadena		De dos cadenas	
	Tipo de Cangilones					
	P y A	V	P y A	V	P y A	V
	Coeficiente $C_2$					
Hasta 10	0.6	-	1.1	-	-	-
10 a 25	0.5	-	0.8	1.1	1.1	-
25 a 50	0.45	0.60	0.6	0.85	1	-
50 a 100	0.40	0.55	0.5	0.70	0.8	1.1
Más de 100	0.35	0.50	-	-	0.6	0.9
Coefic. $C_1$	2.5	2	1.5	1.25	1.5	1.25
Coefic. $\mu_1$	0.1	0.1	0.12	0.12	0.15	0.15
(Todos los valores son orientativos)						(R8)

**Carga y Descarga.** Estos son aspectos prácticos que requieren experiencia y un cuidadoso diseño. En los elevadores con cangilones espaciados y cuando el material es pulverulento o granular, los cangilones efectúan dragado en el pie del elevador, puesto que el material alimentado se vierte parcialmente fuera de los cangilones. Si el material está en trozos de medianas o grandes dimensiones y además es friable o abrasivo, este sistema no puede emplearse, y la alimentación ha de hacerse directamente en el cangilón, lo que obliga a emplear elevadores continuos.

Generalmente, la disposición constructiva de la boca de carga y de la tolva adjunta, es la que se indica en la Figura N° 37, o sea, sin regulación alguna, pero esto no es recomendable por existir el riesgo de sobrecargar el elevador y hacer difícil el dragado.

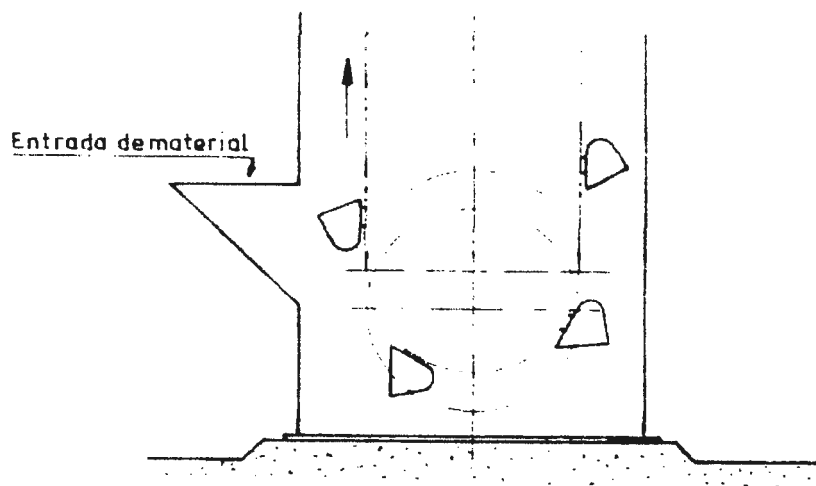


Figura N° 38: Disposición Constructiva de la Boca de Carga y de la Tolva Adjunta (R8)

Para materiales finos se suelen emplear dosificadores rotativos, pero es más efectivo el empleo del sencillo alimentador oscilante. La descarga no presenta dificultades, siendo una de las formas constructivas la indicada en la Figura N° 39. Los ángulos de las bocas o tolvinas de descarga, son aproximadamente los que se indican en el Cuadro N° 12.

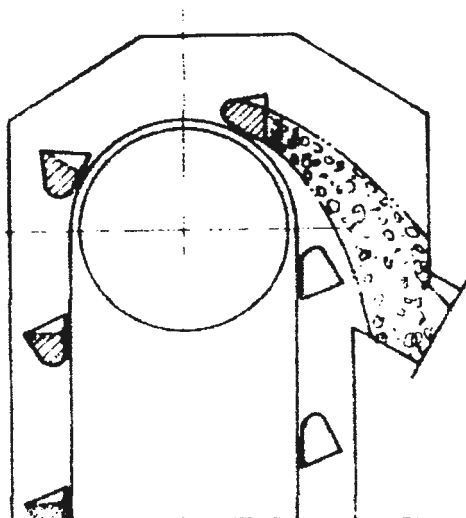


Figura N° 39: Descarga (R8)

Cuadro N° 12: Ángulos de las Bocas o Tolvinos de Descarga	
Material	Ángulo
Cereales	15° ÷ 20°
Cereales	30°
Harina, yeso	20° ÷ 25°
Cemento, finos, etc.	30°
Carbón seco	30°
Carbón apelmazado	45° ÷ 50°

(R8)

No obstante, la incertidumbre radica en que el valor de  $\mu_1$  es difícil de conocer, por lo cual en la práctica, los valores de potencia se incrementan a juicio y experiencia del proyectista.

## 5.6 DESCRIPCIÓN DE LA MAQUINARIA A FABRICAR

Toda la maquinaria a construir involucra materiales que pueden conseguirse fácilmente en El Salvador.

### 5.6.1 Tolva para Harina

En esta tolva se deposita la harina como producto terminado al 100%, el cual se recibe directamente de la mesa tamizadora (cernidor).

#### Dimensiones:

Volumen	3.03 mt <sup>3</sup>
Área a ocupar	4 mt <sup>2</sup>
Altura	4.0 mt

#### Materiales:

Almacén: Tubo de acero estructural de 38 mm

Revestimiento: Lámina antidesgaste de acero al manganeso de 10

mm

Soportes: Perfil estructural de acero acanalado de acero de 127 mm

Placas base: 4 placas de acero de 300 mm X 300 mm X 10 mm

Anclajes: Pernos de acero grado 5 de  $\phi = 15$  mm y  $L = 300$  mm. 4 en cada placa base

Escalera tipo marinerero: Tubo galvanizado de  $\phi 25$  mm para pasamanos y tubo industrial cuadrado de 13 mm para los peldaños.

**Proceso de Fabricación.** Se harán los trazos correspondientes y se cortaran las laminas antidesgaste de acero al manganeso de 10 mm de espesor en un total de 4 piezas rectangulares de 2,000 mm x 750 mm y 4 piezas trapezoidales de 2,000 mm x 300 mm de pliegos de láminas de 1,830 x 6,000 mm y 10 mm de espesor. Las piezas se cortarán con cortadora de esmeril de grano de 24 a 34 para un mejor acabado, luego se unirán las piezas con soldadura eléctrica de arco de arco, para después pulir los bordes con esmeril.

Se hará la armazón metálica de la tolva con tubo estructural para soldarle la lamina antidesgaste de acero al Mg. de 10 mm. Todo el tubo ira soldado entre sí y se cortara con cortadora de esmeril recomendable AISI 1018.

Teniendo la estructura de la tolva se le soldarán a los cuatro extremos, los perfiles estructurales de acero acanalado de 127 mm y de 4,000 mm de largo en cada esquina, estas se reforzarán con tubo estructural en forma de X de extremo a extremo de los soportes.

Se le soldarán en las partes inferiores de los soportes de perfil estructural de acero acanalado, una placa de 300 mm x 300 mm de lamina de acero de 10 mm de espesor con 4 agujeros para pernos de 15 mm de diámetro.

Se harán 4 agujeros en el piso de concreto con un taladro para los cuatro soportes de la tolva que llevarán 4 pernos de acero de 15 mm y 300 mm de largo los cuales quedarán anclados en el suelo donde se aseguraran con tuerca y arandela dejando 50 mm del perno visto para poder enroscar la tuerca de seguridad.

La escalera tipo marinero será soldada a uno de los extremos de la tolva con soldadura eléctrica de arco y los tubos serán cortados a la medida por medio de una tarraja y soldados con soldadura eléctrica de arco de arco los peldaños de tubo cuadrado de 13 mm a los pasamanos de  $\varphi = 25$  mm.

#### **Mecanismo y materiales de las compuertas de salida de la tolva.**

Las boquillas de las tolvas presentarán un estrangulamiento de 20 mm, situado a 100 mm de] borde inferior para poder colocar mejor los sacos donde se empacará la harina.

El mecanismo que cierra y abre la boquilla de salida de las tolvas es el siguiente: La compuerta esta hecha de lamina antidesgaste (del mismo material que el cuerpo de la tolva) de 6 mm de espesor y tiene forma circular de  $\varphi = 200$  mm de diámetro. Por el medio tiene soldado un eje de 13mm de diámetro que va acoplado a unas chumaceras de parche que se encuentran colocadas a los extremos de la garganta de la tolva para hacer girar la compuerta. El mecanismo que hace que se abra y se cierre la puerta girando sobre su eje será controlado electrónicamente para lo que se necesitará un transformador solenoide de 20 Amperios y 24 voltios.

Los elementos para que funcione el transformador solenoide son- 1 controlador de tiempo de 0 a 60 segundos; 1 relé de 24 voltios, 735 miliamperios y 8 pines, 1 contactor de 24 voltios y 3 polos; un interruptor de encendido y

apagado; y una fuente de 1 10 voltios x 24 voltios.

**Empacado y almacenamiento.** A la salida de la tolva de almacenamiento se encontrarán operarios que empacaran la harina en sacos de Nylon los que colocarán en las boquillas de los embudos de la tolva de almacenamiento para llenarlos. Otros operarios los pesan y sellan cosiéndolos con hilo de nylon en la cosedora. Los sacos una vez llenos se transportarán por medio de un montacargas en las bodegas que estarán situadas dentro de las mismas instalaciones, allí permanecerán hasta almacenados listos para comercializarse.

# CAPÍTULO VI

## ANÁLISIS ECONÓMICO

## CAPÍTULO VI

### ANÁLISIS ECONÓMICO

El análisis económico se ha realizado solamente para el equipo que comprende el proceso de fabricación de harina, debido a que el estudio de este proyecto comprende la implementación de este proceso de fabricación de harina a los beneficios de arroz. Por lo que no se consideran algunas inversiones como terreno, obra civil, equipo de oficina, salarios administrativos, etc.

#### 6.1 SALARIOS

##### 6.1.1 Línea de Fabricación de Harina

Cargo	Nº de Personas	Sueldo	Total
Maquinista	1	2,100	2,100.00
Control de Calidad	1	1,800	1.800.00
Embolsado, pesado y Almace. P.F.	3	1,800	5,400.00
Encargados de Ventas	1	2,500	2,500.00
	Total		Ø11,800.00

##### 6.1.2 Salario Total

Ø11,800.00 mensuales  
Ø141,600 anuales

##### 6.1.3 ISSS y AFP

ISSS y AFP = 7.5% \* Salario Total Anual  
ISSS y AFP = 7.5% \* 141,600 = Ø10,620.00 anuales

### 6.1.4 Aguinaldo

Aguinaldo = 10 días de trabajo =  $10 * \text{Salario Total Mensual} \div 30$   
 Aguinaldo =  $10 * \text{C}\$11,800.00 \div 30 = \text{C}\$3,933.33$  anual

### 6.1.5 Vacaciones

Vacaciones = 10 de trabajo + 30% \*  $\text{C}\$3,933.33 + (30\% * 3,933.33) =$   
 $\text{C}\$5,113.32$  anuales

### 6.1.6 Planilla

Planilla = Salario Total Anual + ISSS y AFP + Aguinaldo + Vacaciones  
 =  $\text{C}\$141,600.00 + \text{C}\$10,620.00 + \text{C}\$3,933.33 + \text{C}\$5,113.32$   
 $\text{C}\$161,266.65$  anuales

## 6.2 MAQUINARIA

Equipos	Nº de Equip.	Precio	Total
Molino de martillo	1	$\text{C}\$18,000.00$	$\text{C}\$18,000.00$
Molino de rodillos	1	$37,473.00$	$37,473.00$
Mesa tamizadora (cernidor)	1	$41,547.00$	$41,547.00$
Elevador de cangilones	2	$20,000.00$	$40,000.00$
Armazón estructural de la maq.	1	$30,000.00$	$30,000.00$
		TOTAL	$\text{C}\$167,020.00$

## 6.3 SERVICIOS

Teléfono	$\text{C}\$800.00$	mensuales
Energía Eléctrica	$\text{C}\$5,000.00$	mensuales
Combustible	$\text{C}\$1,500.00$	mensuales
Total	$\text{C}\$7,300.00$	mensuales

## 6.4 MATERIA PRIMA

Se comprarán 588 toneladas anuales de arroz quebrado (miga) a un costo de  $\text{C}\$2.53$  kg, o sea a  $\text{C}\$2,530.00$  la tonelada. El costo anual en materia prima será de  $\text{C}\$1,487,640.00$

## 6.5 VENTAS

Se producirán anualmente 564.48 toneladas de harina que será vendida a un precio de ¢4.18 el kilogramo o sea ¢4,180.00 la tonelada, obteniendo un ingreso anual de ¢2,359,526.40

Total de Ventas = ¢2,359.526.40

## 6.6 TRANSPORTE

1 Camión de 4 Ton.                      ¢65,000.00      (usado)

## 6.7 INVERSIÓN TANGIBLE

La inversión tangible está conformada por los siguientes elementos:

Maquinaria	¢167,020.00
Transporte	¢ 65,000.00
TOTAL	<u>¢232,020.00</u>

## 6.8 DEPRECIACIÓN

$$D = \frac{C - R}{P}$$

C = Inversión Tangible  
R = Valor 10% Inversión Tangible  
P = Vida útil

$$D = \frac{232,020.00 - (10\%) (232,020.00)}{20}$$

$$D = \text{¢}10,440.90 \text{ anual}$$

## 6.9 INVERSIÓN INTANGIBLE

Son los costos de producción y esta inversión intangible está conformada por los siguientes elementos:

Precios Anuales	
Planilla	₡ 161,266.65
Materia Prima	1,487,640.00
Servicios	7,300.00
Depreciación	10,440.90
Mantenimiento	20,000.00
Alquiler de infraestructura	180,000.00
Imprevistos 5% Inversión Tangible [5% * (₡11,601.00)] =	11,601.00
Total	Anual ₡ 1,878,248.50

## 6.10 GANANCIA

Ganancia = Ventas Anuales - Costos de Producción Anual

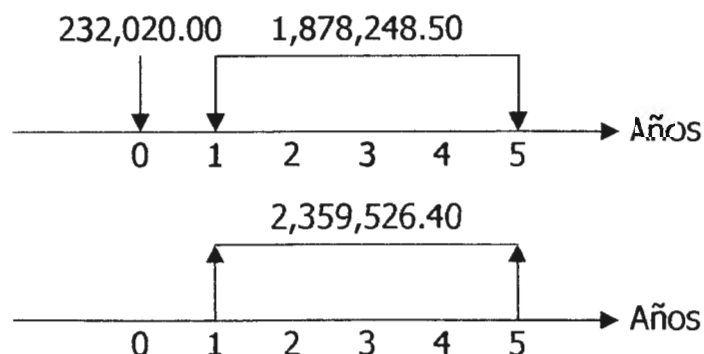
$$\text{Ganancia} = \text{₡}2,359,526.40 - \text{₡}1,878,248.50 = \text{₡}481,277.90 \text{ anuales}$$

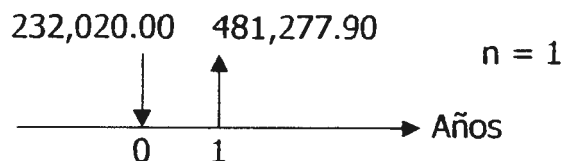
## 6.11 CÁLCULO DE LA TASA INTERNA DE RETORNO (TIR)

CA = IA

CA: Costos anuales

IA: Ingresos anuales





(TIR)

$$232,020.00 - 481,277.90 [1/(1+i)^n]$$

$$232,020.00/481,277.90 = 1/(1+i)$$

$$(1+i) = 481,277.90/232,020.00$$

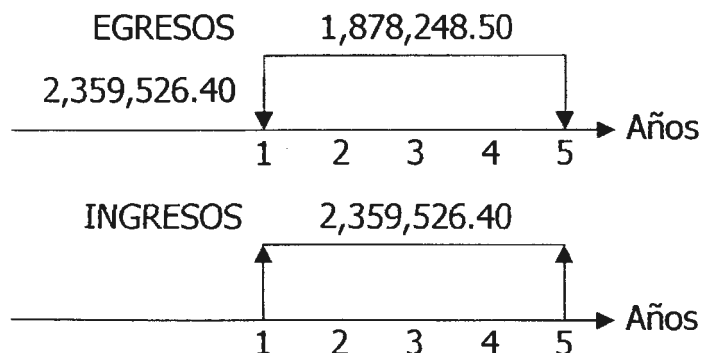
$$i = 2,0743 - 1$$

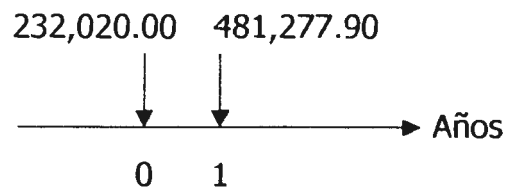
$$i - 1.07 = 107\%$$

## 6.12 CÁLCULO DEL VALOR ACTUAL NETO (VAN)

Se trabajará con un interés del 18% que es el que los bancos trabajan actualmente. La razón a considerar el VAN consiste en trasladar todos los ingresos del período a evaluar al presente por medio de factores económicos.

El resultado es la resta de los ingresos menos los egresos, si es positivo, es conveniente invertir ya que se obtienen utilidades, pero si resulta negativo no es recomendable realizar la inversión.





$$\begin{aligned} \text{VAN} &= -232,020.00 + 481,277.90 \left[ \begin{array}{c} \text{USPWF} \\ 18,1 \end{array} \right] \\ &\text{como } n = 1 \\ &= -232,020.00 + \left( 481,277.90 \left[ \begin{array}{c} \text{P/F} \\ 18,1 \end{array} \right] \right) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &= -232,020.00 + [481,277.90 \times 1/(1 + 0.18)] \\ &= -232,020.00 + (481,277.90)(0.8474) \\ \text{VAN} &= 175,842.71 \end{aligned}$$

El resultado del Valor Actual Neto que se obtiene de operación es positivo, por lo que según los criterios considerados por este método, la inversión debe aceptarse porque generará beneficios económicos.

### 6.17 TIEMPO EN QUE SE PAGARÁ LA PLANTA

$$\begin{aligned} T &= \text{Inversión} \div \text{Ganancias} \\ T &= 232,020.00 \div 481,277.90 \\ T &= 0.482 \text{ años aproximado } 0.5 \text{ años} \end{aligned}$$

Se concluye que la inversión inicial se recupera en medio año después de iniciada la actividad económica.

## 6.18 CONCLUSIONES FINANCIERAS

- ✍ El VAN resulta positivo, lo que indica un valor de ganancia económica y su número indica el valor de la actividad económica en 1 año, pues es ese el período de tiempo que se analizó para tener una idea del valor económico del proyecto en ese tiempo y suponer luego un aumento en el crecimiento después de este año.
- ✍ Con la obtención de la tasa interna de retorno se puede predecir que el proyecto es rentable pues supera cualquier tasa de interés dada por la banca privada y se tiene un buen margen porcentual para generar más capital con la inversión inicial.

## 6.17 RECOMENDACIONES FINANCIERAS

Para esta actividad económica, se hacen las siguientes recomendaciones:

- ✍ Buscar mercados en toda Centroamérica para la venta de nuestro producto, haciendo publicidad y promoción en países vecinos.
- ✍ Aumentar la producción, incrementando maquinaria u horas de trabajo continuas, lo más factible de los dos, y vender más producto, estudiando antes los mercados en el área Centroamericana.
- ✍ Poseer un estricto control de calidad del producto terminado: harina.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Conclusiones

Entre las calidades de arroz utilizado para hacer harina el arroz miga (arroz quebrado) es el más utilizado, esto es debido a que su precio reduce enormemente los costos de producción.

- ✓ Se puede observar que en su gran mayoría a los encuestados no les interesa la procedencia del arroz para la elaboración de harina, simplemente lo que esperan del producto final (harina) es que sea blanca y suave.
- ✓ El tiempo que se requiere para procesar 1 qq de harina de arroz en los molinos de nixtamal es de 1:10 minutos. La mala calidad de los discos que se tienen que estar reemplazando constantemente y el tiempo requerido de producción hacen de los molinos de nixtamal ineficientes.
- ✓ El porcentaje de pérdida de materia prima en el proceso de elaboración de la harina es del 3.5%; no es un porcentaje elevado de pérdida pero, se puede disminuir considerablemente con el nuevo equipo de producción propuesto, el cual será un proceso automatizado.

### Recomendaciones

- ✓ Se recomienda un estudio de mercado para así realizar gestiones para exportar el producto.
- ✓ Actualizar precios y costos de maquinaria a comprar en el extranjero así como de los materiales a ocupar en las máquinas a fabricar. Corroborar que el precio de las máquinas a fabricar no exceda el de máquinas que se puedan comprar.

## **GLOSARIO**

Arroz de granos enteros: Granos no partidos.

Arroz marrón: Arroz del cual solamente se ha sacado la cáscara.

Arroz cáscara: Arroz sin descascarillar.

Capa de aleurona: Término de botánica que designa una capa celular protectora que envuelve el endospermo y lo separa de la granza del grano de arroz.

Cernedor: Máquina que separa productos por tamaño de sus partículas a través de un medio de cernido.

Cilindro liso: Término utilizado para referirse a cilindros de molienda que no tienen estriaciones organizadas y definidas sobre su superficie y que se utilizan generalmente para elaborar harina.

Elevador: Máquina transportadora, utilizada para levantar verticalmente el grano y otros productos.

Granza: Cáscara de arroz.

Miga: Arroz partido en mitades y en partículas más pequeñas.

Miguilla: Partículas sumamente pequeñas de arroz partido.

TIR: Tasa Interna de Retorno

Tolva: Estructura que sirve para el almacenamiento a granel del arroz de chapas de acero.

VAN: Valor Agregado Neto.

**BIBLIOGRAFÍA**

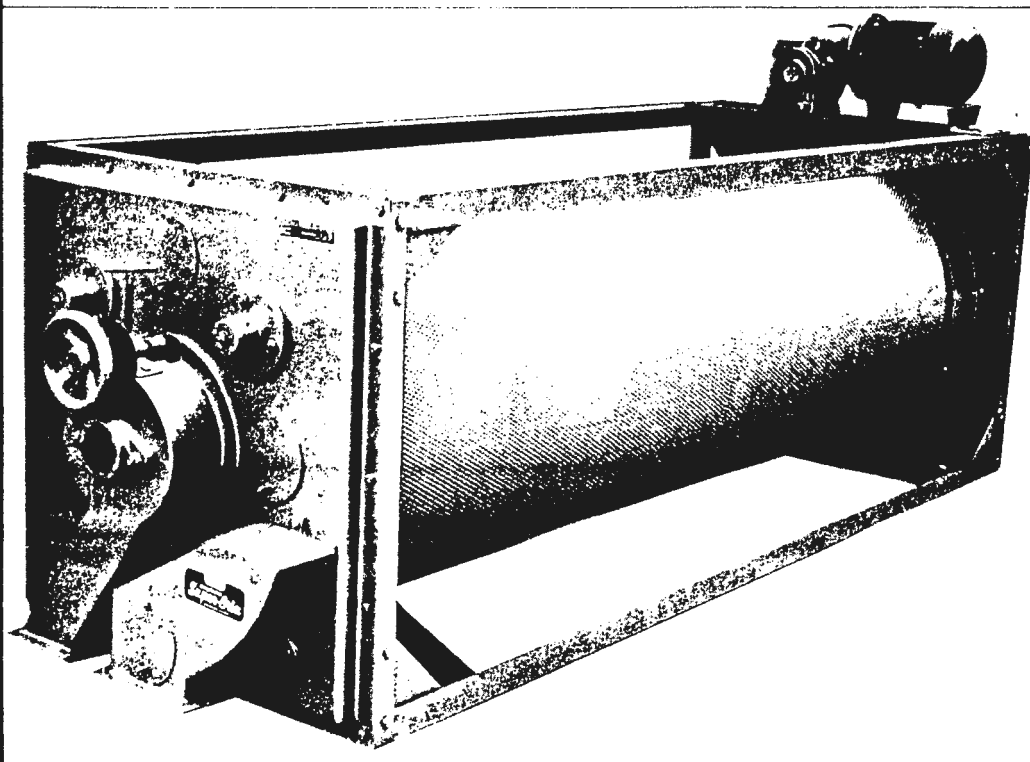
- R1 Juliano, Bienvenido O. "El Arroz en la Nutrición Humana". Organización de las Naciones Unidas, Roma 1994.
- R2 Ramírez, Jorge. Lic. (Agrónomo) "Producción y Comercialización de Arroz en El Salvador". San Salvador, El Salvador. Julio de 1996.
- R3 Vaughan, Charles E. "Maquinaria Agrícola". Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria - CENTA. El Salvador
- R4 Ministerio de Agricultura y Ganadería de El Salvador. "Producción y Comercialización de Arroz en El Salvador.
- R5 Marks. "Manual del Ingeniero Mecánico". 8ª edición (2ª edición en español). México 1985.
- R6 Folleto-Catálogo. Nogueira S.A. Máquinas Agrícolas. Brazil
- R7 Folleto-Catálogo. Raibanti Golfetto, Brazil
- R8 Targhetta Arriola L./A. López Roa. "Transporte y Almacenamiento de Materias Primas en la Industria Básica". Editorial Blume, Tomo 2. Barcelona, España.
- R9 Folleto de Ventilación.
- R10 Folleto de Salete High Tech Exporting Co.

**ANEXOS**

## EFICIENCIA DE CERNIDO DE VARIOS TIPOS DE MALLAS

TIPO DE TELA	TAMAÑO ( $\mu$ )	ÁREA ABIERTA (%)	COSTO* \$/MALLA
115 NITEX	110	42	8.24
110 PecaP	110	42	8.73
12XX Silk	107	28	31.44
165 SS	107	47	23.83
12XX LW NITEX	112	40	20.98
* COSTOS DE REFERENCIA 1999			

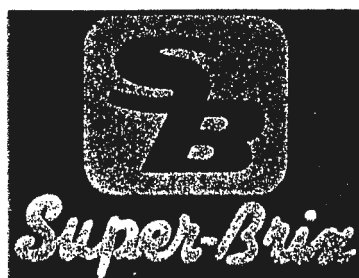
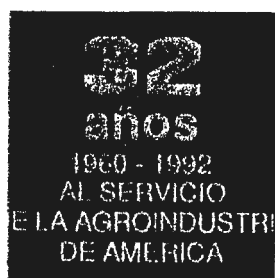
# Clasificadores alveolados para granos y semillas



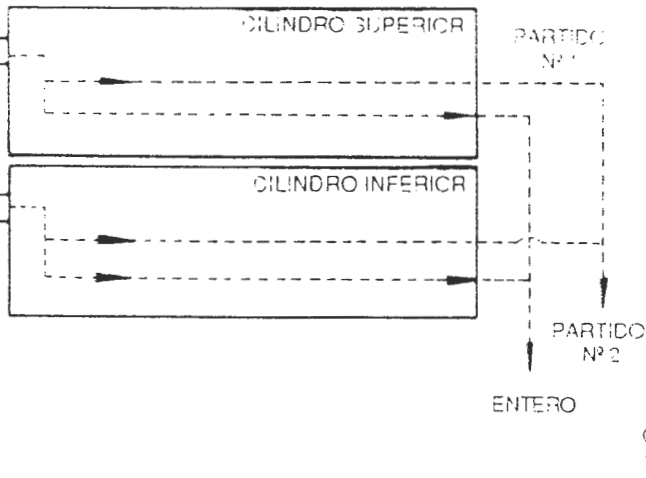
TC - 20 N

## CARACTERISTICAS:

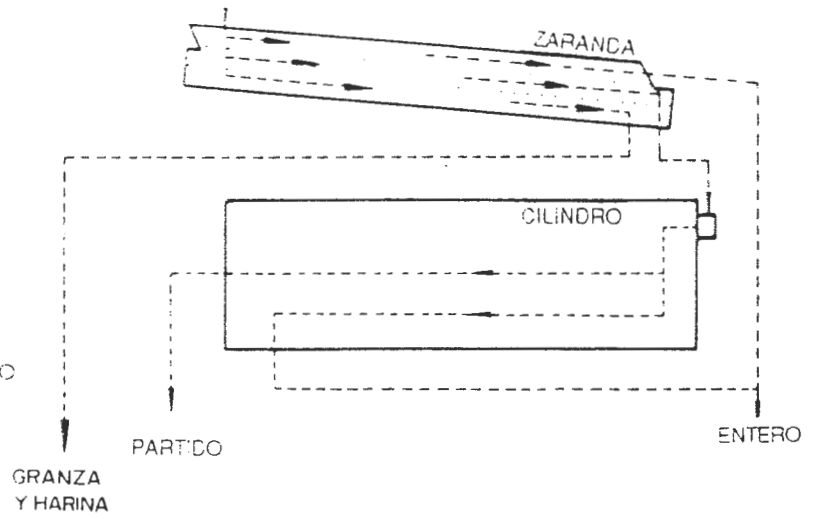
- Cilindros alveolados de acero resistentes al desgaste.
- Montaje sobre rodillos de uretano y pistas de hierro fundido torneados.
- Impulsión por fricción entre los rodillos y la pista, produciendo un giro suave, silencioso y sin trepidaciones para aumentar la eficiencia en la separación.
- Alvéolos en forma de bolsillos evitando que al girar el cilindro, se caigan los granos separados.
- Helicoide impulsor de avance independiente de la canal, para permitir el trabajo completamente horizontal.
- Escala numerada para regular la correcta inclinación de la canal recogedora.
- Ventana abierta al frente para mejor control visual, regulación, limpieza y mantenimiento.



MONTAJE  
DOS CILINDROS EN SERIE



MONTAJE  
ZARANDA Y CILINDRO



Para una mejor separación y funcionamiento, se recomienda la utilización de ZARANDAS "ROTOVAL-N" de dos pisos para hacer una clasificación pre y desharinar completamente el grano.

Maquinaria Super-Brix S.A. diseña, fabrica e instala maquinaria agroindustrial de molinería y secamiento de granos. Consúltenos o diríjase a uno de nuestros representantes locales.



	MONTAJE EN SERIE			MONTAJE EN PARALELO		
	TC	2 TCS	3 TCS	2 TCP	4 TCSP	6 TCSP
PARACIONES	2	3	4	2	3	4
CAPACIDAD Kls./H.	2.000	2.000	2.000	4.000	4.000	4.000
ANCHOZURA H.P.	1.8	1.8 x 2	1.8 - 3.6	3.6	3.6 x 2	3.6 x 3
P.M.	33	33	33	33	33	33
ALTO	0.78	1.56	2.34	0.78	1.56	2.34
ANCHO	0.78	0.78	0.78	1.56	1.56	1.56
ARGO	2.40	2.40	2.40	2.40	2.40	2.40
DIAMETRO	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63
PESO Kgs.	339	678	1017	678	1356	2034
VOLUMEN M <sup>3</sup>	1.5	3.0	4.4	2.3	5.0	8.8

MAQUINARIAS SUPER BRUX S.A.

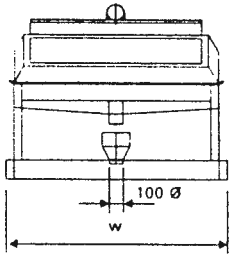
Autopista Aeropuerto Km 9 - Apartado Aéreo 148  
 Tel: 423811 - 422070 - Télex 31150 Brix Fax (58) 422074  
 Barranquilla - Colombia

# ZARANDAS

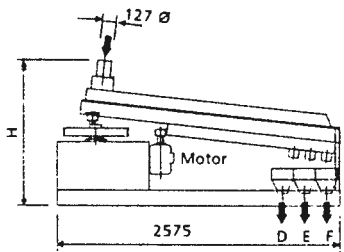
## ZR Y RTX

### SIFTERS

#### ZARANDA ROTOVAIVEN ROTARY SIFTER

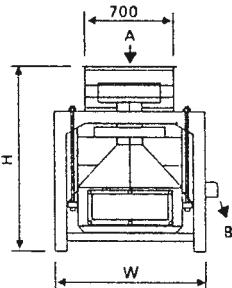


Vista frontal - Front view

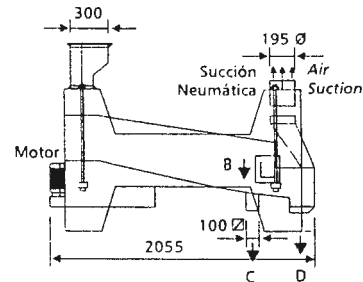


Vista lateral - Side view

#### ZARANDA ROTOBRIX ROTOBRIX SIFTER



Vista frontal - Front view



Vista lateral - Side view

- Entrada producto A. Product inlet
- Impurezas grandes B. Large impurities
- Tierra C. Sand
- Producto limpio D. Clean product

Super Brix ofrece dos modelos de zarandas ROTOBRIX para limpieza y clasificación de granos: La zaranda "Rotovaivén" modelo ZR y la zaranda rotativa modelo RTX. La zaranda "Rotovaivén" se basa en la combinación de dos movimientos: Rotativo en la zona de alimentación y de vaiven en la zona de descarga. El material alimentado a la zaranda, rápidamente se dispersa a todo lo ancho de la superficie de cribado en razón a la combinación de estos movimientos. La clasificación por tamaños de grano se realiza mediante mallas de acero inoxidable de diferente abertura (mesh). Se fabrican con uno, dos o tres pisos de mallas fácilmente removibles, de acuerdo al proceso de clasificación que se desea realizar. La zaranda rotativa modelo RTX se utiliza no solamente para clasificación, sino también para limpieza de diferentes granos, garantizando un excelente trabajo con alto rendimiento, ocupando mínimo espacio. Por su versatilidad, esta máquina es adaptable a toda clase de grano. Estos equipos son de gran utilidad en molinos arroceros, en procesos alimenticios del maíz y en la clasificación de granulados y quebrados.

Super-Brix offers two ROTOBRIX sifters models for cleaning and grading grains. "Rotary swinging" sifter model ZR and rotary sifter model RTX. The "Rotary-swinging" sifter is based on two movement combination. Rotation movement on intake zone and swinging movement on discharge zone. The feeding material to the sifter, is quickly dispersed along the machine as a result of these two movements. Grains length grading is done through stainless steel mesh of different hole sizes. The machines are manufactured with one, two or three easily replacement screen decks according to the grading process required. The rotary sifter model RTX is used not only to grade, but to clean different grains allowing excellent work and high performance with less space. Because of its versatility it is adaptable to all grain types. This equipment is very useful on rice mills, corn food process, and on granular and broken grading.

MODELO MODEL	CAPACIDAD CAPACITY		DIMENSIONES DIMENSIONS		POTENCIA POWER	PESO NETO NET WEIGHT	VOLUMEN VOLUME
	Kg/h.		mm.				
	ARROZ BLANCO	ARROZ INTEGRAL	W	H			
ZR-30	2500	4000	1120	1400	1.8	480	4.2
ZR-40	4000	6000	1620	1400	2.4	750	6.0
RTX-10	2500	5000	1200	1460	1.0	600	3.8
RTX-20	4000	8000	1400	1460	1.0	700	4.4

DISEÑO, FABRICACION Y MONTAJE DE MAQUINARIAS PARA LA AGROINDUSTRIA

SUPERBRIX S.A.: VIA AEROPUERTO KM. 9 • TEL. 57 5 343 5500 • FAX: 57-5-343 5816 BARRANQUILLA COLOMBIA

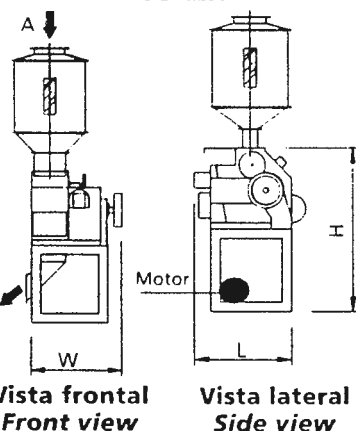
E:mail: [superbrix@rednet.net.co](mailto:superbrix@rednet.net.co)

# DESCASCARADOR

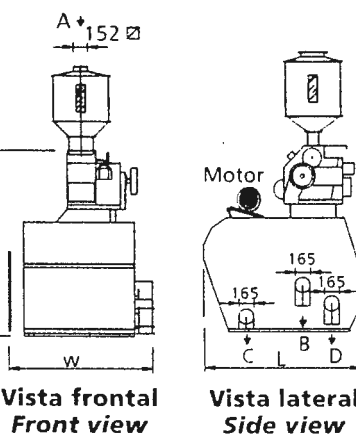
SN-DF

## HUSKER AND ASPIRATOR

### DESCASCARADOR HUSKER



### DESCASCARADOR CON SEPARADOR DE CÁSCARA HUSKER WITH HUSK ASPIRATOR



A. Entrada producto  
B. Vanos  
C. Cáscara  
D. Salida producto

A. Product inlet  
B. Immature grains  
C. Husk  
D. Product outlet

Super Brix ofrece descascaradores automáticos modelo DF-10AS, equipo que ha demostrado ampliamente un extraordinario desempeño en el descascarado de toda variedad de arroz. De moderno diseño, sólida construcción y novedoso sistema de sujeción de los rodillos, el descascarador garantiza un trabajo silencioso, libre de vibraciones y permite obtener una alta capacidad de descascarado con el mínimo porcentaje de granos quebrados. El sistema neumático de control automático de los rodillos permite aumentar significativamente su vida útil, evitando el roce mientras no exista flujo de arroz a través de ellos. Por su facilidad de graduación el descascarador DF-10AS es una máquina muy versátil para descascarar todas las variedades de arroz. Super-Brix ofrece la combinación de descascarador y separadora de cáscara circuito cerrado en una sola unidad, obteniendo de esta manera alta eficiencia en el descascarado con gran ahorro en espacio y facilidad en el control de proceso.

Super Brix offers the automatic paddy huskers model DF-10AS. This equipment has widely demonstrated an extraordinary performance on husking all rice varieties. Modern design, strong duty construction and new rubber rolls fastening system, allow quiet work without vibrations obtaining a high husking capacity with minimum percentage of broken grains. The rubber roll automatic control pneumatic system allows increased durability, because it avoids rubber roll contact while there is no rice flow through the system. Because of its graduation facility the husker DF-10AS is the most versatile equipment on husking all rice varieties. Super-Brix offers the combination of husker and husk aspirator with closed air circuit in one unit, obtaining high husking capacity, space saving efficiency and easier process control.

MODELO / MODEL	DF-10AS	SN-20-10A
CAPACIDAD / CAPACITY	3000	3000
RPM EJE PRINCIPAL / RPM MAIN SHAFT	950	950
POTENCIA / POWER	9	12
DIMENSIONES / DIMENSIONS (mm.) L x W x H	840 x 970 x 1750	1700 x 1560 x 1990
PESO NETO / NET WEIGHT	485	995
VOLUMEN / VOLUME	2.1	5.5

PROEXPORT  
COLOMBIA

DISEÑO, FABRICACION Y MONTAJE DE MAQUINARIAS PARA LA AGROINDUSTRIA

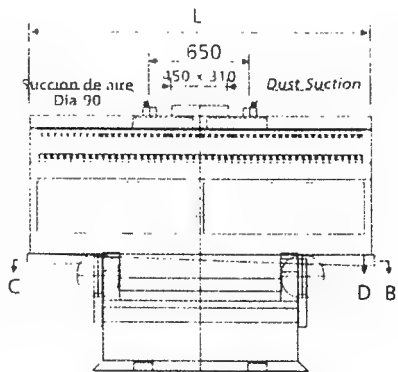
SUPERBRIX S.A.: VIA AEROPUERTO KM. 9 • TEL.: 57 5 343 5500 • FAX: 57 5 343 5815 BARRANQUILLA - COLOMBIA

E:mail: [superbrix@rednet.net.co](mailto:superbrix@rednet.net.co)

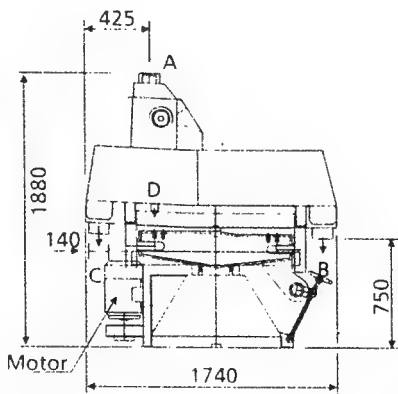
# MESA SEPARADORA

SB

## SEPARATOR TABLE



Vista frontal  
Front view



Vista lateral  
Side view

La mesa separadora SB está diseñada para separar productos con diferente densidad, incluso de igual tamaño y forma. Este equipo está siendo utilizado en molinos de azúcar, procesos de granos y semillas, molinos de trigo, malterías y muchas otras industrias (química, reciclados, aceites). Super-Brix ofrece separadoras de hasta 80 cámaras de trabajo con cinco pisos, lo cual brinda una mayor capacidad de proceso que las demás marcas, utilizando un menor espacio. La construcción precisa y sólida de los componentes del equipo, garantiza un desempeño excepcional por muchos años. El sistema de alimentación de la SB, además de permitir la eliminación de impurezas de menor y mayor tamaño que el producto, reduce el mantenimiento y la limpieza interna del equipo y permite mayor capacidad de flujo del producto en proceso. La versatilidad de la graduación de los parámetros de control hacen de la SB, la mejor alternativa del mercado.

SB separator table is designed to separate products with different density, even with the same shape and size. This machine is being used in rice mills, grain and seed processing, flour mills, malteries, and many other industries (chemical, recyclers, oils). Super Brix offers table separators with up to 80 working chambers in five desks achieving higher capacity and using less space than other brands. This machine's precise and Heavy Duty construction components, allow an exceptional performance for many years. SB feeding system, besides allowing elimination of impurities from the product, minimizes equipment cleaning and maintenance, eliminates impurities from the product, giving the process higher flow capacity. Control parameter versatility adjustment has turned SB separator table, into the best option on the market.

MODELO	CAPACIDAD	LONGITUD	POTENCIA	PESO NETO	VOLUMEN
MODEL	CAPACITY	LENGTH	POWER	NET WEIGHT	VOLUME
	Kg/h	mm	H.P.	Kg	m <sup>3</sup>
	GRAIN / SEED / WHEAT / LARDER / RICE / BEANS / CORN / OTHER	mm	H.P.	Kg	m <sup>3</sup>

SB-40	3000 / 2400	4000	4.8	1100	6.4
SB-50	3750 / 3000	5000	4.8	1380	7.9
SB-60	4500 / 3600	6000	6.6	1650	9.4
SB-80	6000 / 4800	8000	9.0	2200	12.4

- A Entrada producto A. Product inlet
- B Producto pesado B. Heavy product
- C Producto liviano C. Light product
- D Impurezas D. Impurities

*Super-Brix*



PROEXPORT  
COLOMBIA

DISEÑO, FABRICACION Y MONTAJE DE MAQUINARIAS PARA LA AGROINDUSTRIA

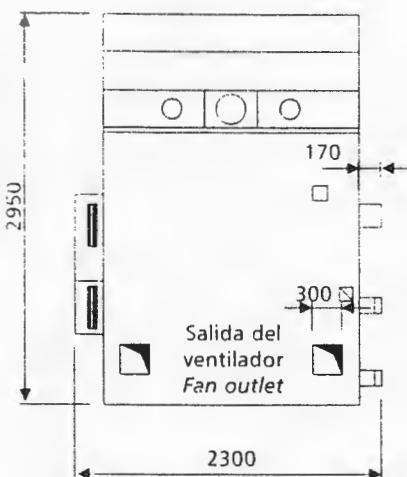
SUPERBRIX S.A.: VIA AEROPUERTO KM 9 • TEL: 57 5-343 5500 • FAX: 57-5-343 5816 BARRANQUILLA COLOMBIA

E:mail: [superbrix@rednet.net.co](mailto:superbrix@rednet.net.co)

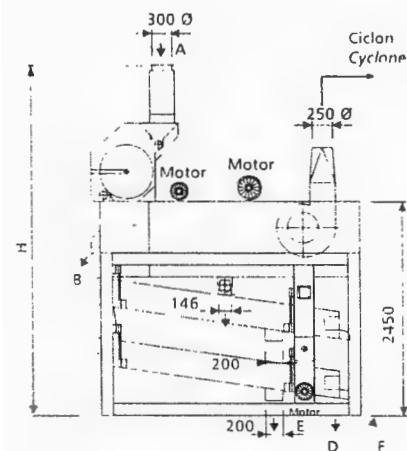
# LIMPIADORA DE GRANOS

## ZG - LG Y PG

### GRAINS CLEANER



**Vista frontal  
Front view**



**Vista lateral  
Side view**

La prelimpiadora de granos PG-3000, está diseñada para satisfacer las necesidades de limpieza de los procesadores de arroz, maíz, trigo, soya, y otros granos. La prelimpiadora incorpora tres módulos que se complementan para una total limpieza de los productos a procesar: el módulo superior con un cilindro "Scalper" para extraer las impurezas de mayor tamaño provenientes del campo; el módulo de aspiración con circuito abierto de aire que separa las impurezas livianas y polvos; y el módulo de doble zaranda, que permite separar tanto la tierra e impurezas pequeñas, así como las más grandes que el grano. Combinando estos tres módulos, se realiza una limpieza eficiente de todo tipo de granos húmedos y secos. Las máquinas se ofrecen en tres modelos: ZG-3000 módulo de zarandas; LG-3000 con módulo de aspiración y PG-3000 que incluye los tres módulos.

Grain pre-cleaner PG-3000 is designed to supply cleaning needs of rice, corn, wheat, soy beans and other grain processors. The pre-cleaner includes three modules that complement themselves for total processed cleaning products: the top module with Scalper cylinder cleans up gross impurities from field; open air circuit aspiration module collects dust and light impurities; the two sifters' module that allows separation of sand, small impurities, as well as impurities bigger than grain. Combining these modules is possible to perform an efficient cleaning of all types of humid and dry grains. Machines are offered in three models: ZG-3000 sifters module, LG-3000 sifters and aspiration module and PG-3000 that includes all three modules.

MODELO MODEL	CAPACIDAD DE LIMPIEZA (FINA/GROESA) CLEANING CAPACITY (FINE/GROSS) Vn			ALTURA HEIGHT mm. H	POTENCIA POWER H.P	PESO NETO NET WEIGHT Kg	VOLUMEN VOLUME m³
	MAIZ CORN	TRIGO WHEAT					
ZG-3000	15/25	20/30	30/50	2.00	2.4/0.9	1600	13.5
LG-3000	15/25	20/30	30/50	2.50	6.6/2.4/0.9	2106	17.25
PG-3000	20/30	25/35	35/55	3.98	6.6/2.4/1.8	2500	27.46

- A Entrada producto / A Product inlet
- B Impurezas mayores / B Straw
- C Vanos / C Immature grains
- D Impurezas menores / D Medium impurities
- E Tierra / E Sand
- F Producto limpio / F Cleaned product

*Super-Brix*



**DISEÑO, FABRICACION Y MONTAJE DE MAQUINARIAS PARA LA AGROINDUSTRIA**

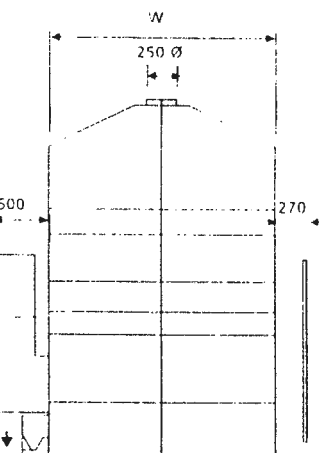
SUPERBRIX S.A.: VIA AEROPUERTO KM 9 • TEL 57 5 343 5500 • FAX. 57-5-343 5816 BARRANQUILLA COLOMBIA

E:mail: [superbrix@rednet.net.co](mailto:superbrix@rednet.net.co)

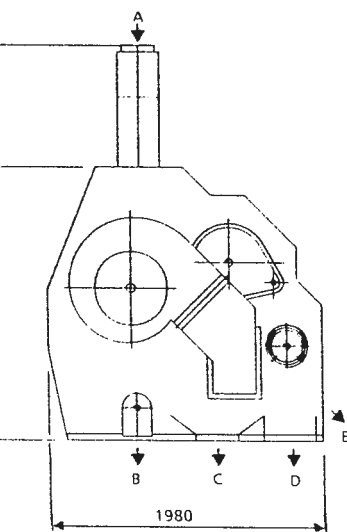
# PRELIMPIADORA DE GRANOS

PCC

## GRAIN PRE-CLEANER



Vista frontal  
Front view



Vista lateral  
Side view

La buena prelimpieza de los granos representa un factor decisivo en la obtención de los mejores rendimientos en las plantas agroindustriales, y en el logro de las condiciones óptimas para un almacenamiento seguro de los granos. La prelimpiadora de granos Super-Brix es un equipo ampliamente conocido y utilizado para precondicionar los granos húmedos y eliminar efectivamente un alto porcentaje de impurezas mayores provenientes del campo. La calidad de prelimpieza del producto y la extracción de impurezas libre de granos buenos, está plenamente garantizada, debido a los dos cilindros "Scalper" que dan un primero y segundo paso de limpieza y recuperación de grano. Simultáneamente se realiza una eficiente aspiración de polvos y vanos dentro de una cámara de aire de circuito cerrado. El diseño de la máquina es robusto, con facilidad de graduación y operación. Estas máquinas se usan en combinación con las limpiadoras Super-Brix tipo GR y LG para obtener una total limpieza de granos secos y húmedos.

Good grain pre cleaning is an important factor to obtain better performance in the agroindustrial plants and to obtain the achievement of the optimal conditions for safe grain storage. The Super-Brix pre cleaner is a well-known and highly used equipment for humid grain conditioning, and effectively eliminates a high percentage of gross impurities from the field. Pre-cleaning quality product and extraction of impurities excluding quality grains, are guaranteed because of the two scalping cylinders that perform the first and second cleaning steps which recover grains. Simultaneously an efficient bran's and dust and wind grain aspiration is performed inside a closed air circuit chamber. The heavy duty design of the machine allows graduation and operation. PCC pre-cleaners are used in combination with Super Brix cleaners GR and LG to obtain total cleaning of dry and humid grains.

MODELO MODEL	CAPACIDAD DE LIMPIEZA (FINA/GRUESA) CLEANING CAPACITY (FINE/GROSS) t/h.			ANCHO WIDE mm. W	POTENCIA POWER H.P.	PESO NETO NET WEIGHT Kg	VOLUMEN VOLUME m <sup>3</sup>
	ARROZ RICE	MAIZ CORN	TRIGO WHEAT				
PCC-35	10/20	15/30	40/50	1530	3.6	1225	14.45
PCC-50	15/30	20/40	50/60	1930	5.0	1750	16.95
PCC-70	20/40	30/50	60/80	2230	6.7	2450	18.64

- Entrada producto A Product inlet
- Tierra e impurezas livianas B Lights impurities
- Grano Prelimpiado C Preclaining grain
- Grano Prelimpiado D Preclaining grain
- Impurezas grandes E Large impurities

*Super-Brix*



DISEÑO, FABRICACION Y MONTAJE DE MAQUINARIAS PARA LA AGROINDUSTRIA

SUPERBRIX S.A. VIA AEROPUERTO KM 9 • TEL. 57 5 343 5500 • FAX: 57 5 343 5816 BARRANQUILLA COLOMBIA

E-mail: [superbrix@rednet.net.co](mailto:superbrix@rednet.net.co)

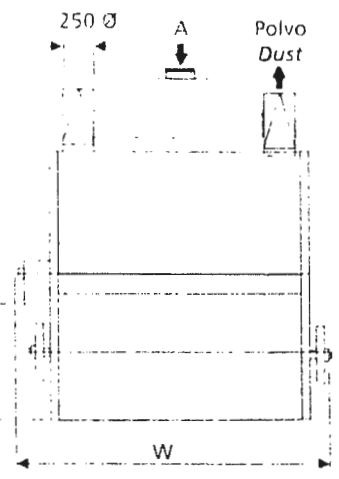
# LIMPIADORA DE GRANOS

**GR**

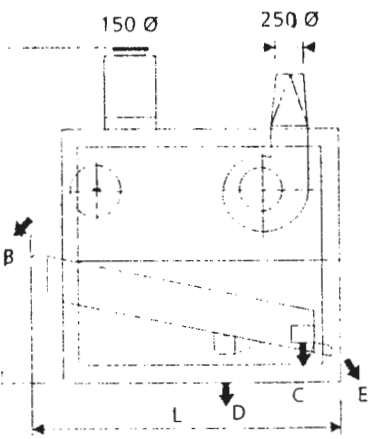
## GRAINS CLEANER

Como resultado de un continuo proceso de innovación, Super Brix ha diseñado las nuevas limpiadoras modelo GR, especialmente orientadas al acondicionamiento de arroz paddy, maíz, sorgo, soya y trigo secos. La completa limpieza de los granos se realiza con la ayuda de tres sistemas de extracción de impurezas de la máquina: un cilindro "scalper" para separar las impurezas de mayor tamaño, una cámara de aspiración circuito abierto, para separar las impurezas livianas, y una zaranda para la separación de la tierra e impurezas de mayor y menor tamaño que el grano. Las limpiadoras GR son el equipo más adecuado para la limpieza del arroz antes de su molienda y de granos que van a procesos alimenticios. Su diseño robusto y la calidad de su construcción, permiten un trabajo libre de vibraciones por muchos años.

As a result of a continuous innovation process, Super Brix has developed the new cleaners model GR especially oriented for conditioning dry paddy rice, corn, sorghum, soy beans, and wheat. Complete grain cleaning is performed along with three cleaning systems on the machine: one scalper cylinder for cleaning gross impurities, open air circuit aspiration for collecting dust and light impurities, one sifter allows separation of sand impurities that are smaller or larger than the grain. GR cleaners are the most adequate equipment for grain cleaning before milling in the food industry. Heavy Duty design and construction quality allow to work with no vibrations over a long period of time.



**Vista frontal**  
**Front view**



**Vista lateral**  
**Side view**

- Entrada producto A Product inlet
- Impurezas mayores B Gross impurities
- Paja C Straw
- Impurezas menores D Small impurities and sand
- Producto limpio E Cleaner product

Modelo MODEL	Capacidad de Limpieza (T.M.A. (libras)) CLEANING CAPACITY (T.M.A. (kg))			DIMENSIONES DIMENSIONS mm.			POTENCIA POWER H.P.	PESO NETO NET WEIGHT KG	VOLUMEN VOLUME m <sup>3</sup>
	3/16"	5/8"	8/15"	L	V	H			
GR-4	3/16	5/8	8/15	2240	1740	2180	4.8	1050	4.38
GR-6	5/10	8/12	12/20	2460	2120	2360	6.6	1400	7.35
GR-8	8/15	12/20	2180	2460	2320	2630	9.0	1750	8.71



**DISEÑO, FABRICACION Y MONTAJE DE MAQUINARIAS PARA LA AGROINDUSTRIA**

SUPERBRIX S.A.: VIA AEROPUERTO KM 9 • TEL.: 57-5-343 5500 • FAX: 57-5-343 5816 BARRANQUILLA COLOMBIA

**E-mail: superbrix@rednet.net.co**

# DESPEDREGADORA

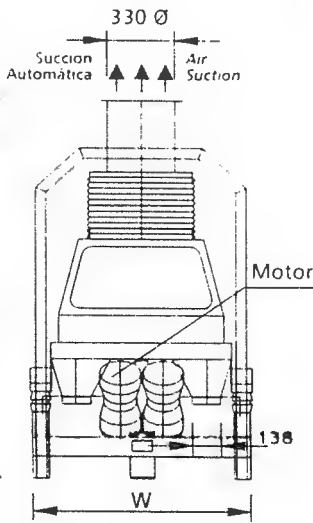
**SBS**

**DESTONER**

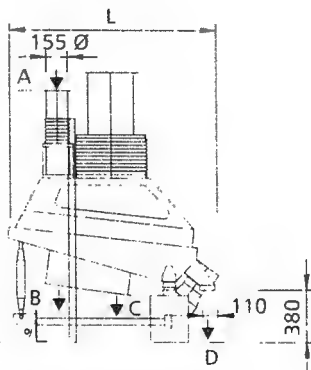
La despedregadora Super-Brix modelo SBS ha demostrado su extraordinario desempeño en la separación de piedras, fragmentos metálicos e impurezas de alta densidad que puedan contener los granos. El movimiento oscilatorio suministrado por los dos motor-vibradores, combinado con la acción ascendente del aire suministrado por un sistema de succión circuito abierto, aseguran una correcta división del producto por la acción de la gravedad, de esta manera, el producto pesado y las piedras permanecen en contacto con la malla, siendo descargadas por la parte superior del tamiz, mientras que el producto liviano flota sobre la malla y es descargado por la parte inferior del tamiz. Adicionalmente la corriente de aire realiza una separación de las impurezas livianas que son llevadas a un ciclón para su recolección. La despedregadora SBS es un equipo ampliamente utilizado en las plantas de procesamiento de granos, molinos de trigo, trilladoras de café y plantas de semillas.

*Super Brix Destoner SBS has demonstrated its extraordinary performance on stones, metallic fragments, and high density impurities separation from grains. The oscillating movement provided by two vibrating motor drives, combined with the upward air flow action, supplied by open air circuit suction system, ensures proper stratification of products by gravity action, consequently, heavy grains and stones remain on sieve and are delivered to the upper screen zone, while light fraction floats over the screen surface being delivered to a lower screen zone. Additionally, air flow suction separates light impurities through a collecting cyclone. The SBS destoner is a highly used equipment for grain flour mills, coffee processors and seeds plants.*

**Note:** The destoner is also known as Gravity Selector, Stoner or Aspiration Gravity Destoner.



**Vista frontal**  
**Front view**



**Vista lateral**  
**Side view**

- Entrada producto A. Product inlet
- Piedras B. Stones
- Tierra C. Sand
- Producto limpio D. Clean product

MODELO	CAPACIDAD		DIMENSIONES			POTENCIA	PESO NETO	VOLUMEN
MODEL	CAPACITY		DIMENSIONS			POWER	NET WEIGHT	VOLUME
	Kg/h	kg/min	mm			H.P	Kg	m <sup>3</sup>
	Product Inlet	Stones Inlet	L	W	H			
SBS-10	3000	5000	1500	1060	1900	2 x 0.33	350	3.1
SBS-20	5000	8000	1640	1600	2000	2 x 0.66	500	5.3

**Super-Brix**



**DISEÑO, FABRICACION Y MONTAJE DE MAQUINARIAS PARA LA AGROINDUSTRIA**

SUPERBRIX S.A. - VIA AEROPUERTO KM. 9 • TEL.: 57 5 343 5500 • FAX: 57 5-343 5816 BARRANQUILLA - COLOMBIA

E:mail: [superbrix@rednet.net.co](mailto:superbrix@rednet.net.co)





1 de MARZO de 1999

COTIZACION No. 33-99 HOJA # 2

DETALLE

UNA	ZARANDA CLASIFICADORA marca SALETE HIGHTECH, Modelo Rotolipse, Tipo RED-1016, de dos pisos. Primer piso con malla MESH #9 para grano entero, segundo piso con malla MESH #12 para partido y miga. Entrepisos con bolas sacudidoras para mantener limpias las cribas. Capacidad de hasta 85 quintales/hora. Motor Motor de 0.75 HP.	10.630.00 100.00
UN	RECOLECTOR de polvo Super-Ciclón SC-82	1.827.00
UN	RETENTOR de aire BRNS-2, rotor pulido, con tolva de entrada ER-2	1.119.00
	Motorreductor de 0.5 HP, 56 RPM	395.00
UNA	MESA SEPARADORA, marca SUPER-BRIX, Modelo SB-60 PLUS INOX, de 60 cámaras. Con pisos y triángulos y canales de descarga en acero inoxidable. Con carrera, inclinación y velocidad variables. Motor de 6.6 HP. Capacidad de hasta 75 quintales/hora.	20.300.00
UN	VENTILADOR expulsor de cascarilla APM-37.5	1.135.00
UN	RETENTOR DE AIRE BRNS-3, rotor standard, con juego de catarinas y cadena.	910.00
UN	MOTOR de 3 HP, 2 polos, brida C	165.00
	<b>TOTAL C.I.F. SAN SALVADOR, ACAJUTLA Y FRONTERA DE MEXICO CON GUATEMALA.....</b>	<b>US\$ 79.800.00</b>

ENTREGA: 60-90 DIAS.

FORMA DE PAGO: 30% CON LA ORDEN, 50% ANTES DEL EMBARQUE Y 20% CONTRA DOCUMENTOS DE EMBARQUE.

VALIDEZ DE ESTA OFERTA: HASTA MARZO 31, 1999.

FRANK-VELEZ L.

TEL. (506)293-4105 239-2045 239-2105 FAX (506)293-7976

1005 SAN JOSE COSTA RICA. AV. 4 CALLE 32-34 TEL. 33-6455 FAX (506) 29-7976





1 de MARZO de 1999

COTIZACION No. 34-99 HOJA #2

DETALLE

UN RECOLECTOR de polvo Super-Ciclón SC-82	1.827.00
UN RETENTOR DE AIRE BRNS-2, rotor pulido, con tolva de entrada ER-2	1.119 00
UN MOTORREDUCTOR de 05. HP, 56 RPM	395.00
DOS MESAS SEPARADORAS, marca SUPER-BRIX, Modelos SB-60 PLUS INOX, de 60 cámaras. Con pisos, triángulos y canales de descarga en acero inoxidable. Con carrera, inclinación y velo- cidad variables. Motor de 6.6 HP. Cada una con capacidad de hasta 75 quintales/hora.	
US\$20.109.00	40.218.00
UN VENTILADOR expulsor de cascarilla APM-37.5	1.135.00
UN MOTOR DE 3 HP, 2 polos, brida "C"	165.00
UN RETENTOR DE AIRE BRNS-3, rotor standard, con catarinas y cadena.	910.00
<b>TOTAL C.I.F. SN SALVADOR - ACAJUTLA Y FRONTERA DE MEXICO CON GUATEMALA.....</b>	<b>US\$ 131.400.00</b>

ENTREGA: 60-90 DIAS.

FORMA DE PAGO: 30% CON LA ORDEN, 50% ANTES DEL EMBARQUE  
Y 20% CONTRA DOCUMENTOS DE EMBARQUE.

VALIDEZ DE ESTA OFERTA: HASTA MARZO 31, 1999.

GARANTIA SOBRE LOS EQUIPOS: UN AÑO A PARTIR DE SU INSTA-  
LACION, BAJO CONDICIONES  
NORMALES DE OPERACION Y MAN-  
TENIMIENTO.

MUY ATENTAMENTE;

FRANK VELEZ L.

TEL. (506)293-4105 239-2045 239-2105 FAX (506)293-7976

TEL. (506) 293-1005 - SAN JOSE, COSTA RICA, AV. 4 CALLE 12-14 TEL. 33-6455 FAX (506) 293-7976



1 MARZO 1999

COTIZACION No. 35-99

DETALLE

UN PULIDOR DE AGUA, MARCA "CHEN SAN FUNG",  
MODELO MRP-40, CON MOTOR DE 50 HP, CON  
SU SWITCH DE ARRANQUE, BOMBA DE AGUA CON  
MOTOR DE 0.5 HP Y VENTILADOR CON MOTOR  
DE 5 HP. (NO INCLUYE EL CICLON COLECTOR,  
SE DARAN LAS ESPECIFICACIONES PARA QUE  
EL CLIENTE LO CONSTRUYA LOCALMENTE POR  
SU CUENTA).  
CAPACIDAD DE HASTA 60 QUINTALES/HORA DE  
ARROZ ORO, CON UN EXCELENTE ACABADO.-

VALOR C.I.F. ACAJUTLA, EL SALVADOR..... US\$ 25.600.00

ENTREGA EN ACAJUTLA: 75 DIAS.

FORMA DE PAGO: 30% CON LA ORDEN, 60% ANTES DEL EMBARQUE  
Y 10% CONTRA DOCUMENTOS DE EMBARQUE.

VALIDEZ DE ESTA OFERTA: HASTA MARZO 31, 1999.

GARANTIA: UN AÑO A PARTIR DE SU PUESTA EN MARCHA, BAJO  
CONDICIONES NORMALES DE OPERACION Y MANTENIMIENTO.

MUY ATENTAMENTE;

FRANK VELEZ L.

