

39

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE QUÍMICA

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD TÉCNICO-ECONÓMICA DE
UNA LÍNEA DE EXTRUSIÓN ALCALINA PARA HARINAS
Y/O MASAS PRECOCIDAS DE MAÍZ PARA TORTILLAS

Tesis
que para obtener el título de

INGENIERA QUIMICA

presenta

MA. DEL CARMEN DÍAZ NÚÑEZ

282336

México,

D.F.



EXAMENES PROFESIONALES
FACULTAD DE QUÍMICA

~~2000~~

2000



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

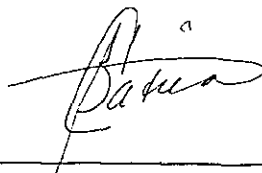
Jurado asignado según el tema:

Presidente	Prof.	Ma. del Carmen Durán Domínguez
Vocal	Prof.	Rodolfo Torres Barrera
Secretario	Prof.	Víctor Manuel Luna Pabello
1er sup	Prof.	Hilda Elizabeth Calderón Villagómez
2do sup	Prof.	Landy Irene Ramírez Burgos

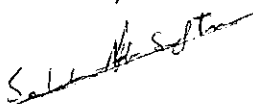
Sitio donde se desarrolló el tema:

UNAM, Facultad de Química, Programa de Ingeniería Química Ambiental y de Química Ambiental, Grupo de investigación de Tecnologías más limpias (Laboratorios de Ingeniería Química, B-201 y E-301 a 303), diversas bibliotecas

Asesora:
Ma. del Carmen Durán
Domínguez de Bazúa



Asesor técnico:
Salvador Alejandro Sánchez Tovar



Sustentante:
Ma. del Carmen Díaz Núñez



DEDICATORIAS

A Dios

Por el don de la vida.

A mi Madre

Por el infinito amor que siempre me ha demostrado y por su ejemplo de superación.

A mi Padre

Porque a pesar de ser poco expresivo siempre he sentido su cariño.

A Tino

Por su amor, confianza y paciencia.

A mis hijos

Porque son la razón de mi vida.

A Salvador Sánchez

Porque siempre creyó en mí y porque ha sido mi amigo, al cual quiero y admiro.

A todos mis hermanos

Porque siempre han estado en el camino de la superación.

A mi hermano Arturo

Porque ha sido el ejemplo de profesionista y aún más el mejor hermano que siempre me ha brindado su confianza y apoyo.

A mi hermano José

Porque su esfuerzo y ejemplo de superación fue decisivo para nuestra familia.

A mi hermana Eudoxia

Porque fue mi segunda madre y a quien yo quiero y respeto por su fortaleza ante la vida.

A todos mis sobrinos

Porque sé que algún día también escribirán una página como ésta, porque tienen la capacidad y el empeño de lograr todo lo que se propongan.

A Miguel Guillén

Por ser el hermano que yo he elegido y porque siempre he contado con él en los momentos difíciles.

A Salvador Araujo

Por su amistad sincera y apoyo.

A Saúl Jiménez

Por ser siempre un buen amigo y compañero.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco muy especialmente a la Dra. Carmen Durán de Bazúa, por la infinita comprensión que me ha demostrado y su valiosa ayuda en la elaboración y revisión de esta tesis.

Agradezco a Bufete Industrial el haberme brindado la oportunidad de crecer como profesionista y al Ing. Jorge Luis Aguilar, Gerente Técnico del Departamento de Proceso por el apoyo y facilidades que me ha brindado durante el desarrollo de esta tesis.

Agradezco al Ing. Francisco Rosas Director de Franco Ingeniería y Construcción el haberme brindado *mi primera oportunidad en la vida profesional y porque me apoyó en una etapa difícil y determinante de mi vida.*

Agradezco a la Facultad de Química el haberme formado académicamente.

Agradezco las facilidades que me brindaron los Laboratorios de Ingeniería Química, B-201 y E-301 a 303.

Agradezco al Ing. José Primelles Williamson, Presidente, de TICSA por su apoyo durante el desarrollo de esta tesis.

Agradezco al Ing. Especialista Enrique R. Marún H., sus valiosos comentarios y asesoría técnica que sobre el tema aportó y sobre todo por su admirable don de gentes e infinita paciencia.

Agradezco a mi amigo el Candidato a Doctor Salvador Alejandro Sánchez Tovar su ayuda tanto material como intelectual en la realización de esta tesis.

Agradezco a la Familia Cortés Luna por el apoyo que siempre me han brindado.

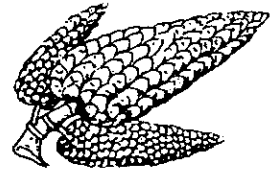


Escucha : el Tonacáyotl, maíz,
Nuestro sustento, es para nosotros
merecimiento completo. ¿ Quién fue el que
dijo, el que nombró al maíz, carne nuestra,
huesos nuestros? Porque es Nuestro
Sustento, nuestra vida, nuestro ser.

Es andar, moverse, alegrarse,
regocijarse. Porque en verdad tiene
vida Nuestro Sustento. Muy de veras
se dice que es el que manda, gobierna,
hace conquistas...

Tan sólo por Nuestro sustento,
Tonacáyotl, el maíz, subsiste la tierra, vive
El mundo, poblamos el mundo.
El maíz, Tonacáyotl, es lo en verdad
Valioso de nuestro ser.

Códice Florentino



RESUMEN

La tortilla fue sin duda la industrialización primitiva del maíz: un producto alimentario que tenía la versatilidad de acompañar a los demás alimentos y aún seca era comestible, no se descomponía y era también fácil de hidratar. Fue tan hábil, exitosa y apropiada la creación de la tortilla, que ha perdurado hasta nuestros días, y su producción se ha ido modernizando para adaptarse a los niveles de progreso de las sociedades modernas. La industria de la tortilla de maíz debe ajustarse a los nuevos cambios económicos y tecnológicos; el conservar la tradición no es criterio suficientemente válido como para impedir reestructurar los procesos de producción. A pesar de que en México en los últimos 40 años se ha desarrollado toda una tecnología alrededor del proceso de nixtamalización, sin embargo, no ha sido lo suficientemente eficiente para asegurar el abasto de tortilla con condiciones de calidad ya que el proceso utilizado engloba en sí desventajas de tipo energético y ecológico; por ello la extrusión alcalina de maíz se plantea como un proceso alternativo que busca superar estas desventajas y además enriquece el contenido nutricional de la tortilla al integrar la cascarrilla, lo que permite un mejor grado de digestibilidad y de conservación de las propiedades del grano de maíz. La extrusión alcalina se ha propuesto para sustituir el cocimiento tradicional del maíz para producir harina precocida para tortillas tanto a escala industrial como familiar. En el presente estudio se analiza la factibilidad técnica y económica de montar una línea de producción a través del proceso de extrusión para molinos de nixtamal por lo que las condiciones de proceso se tomaron de los datos experimentales previamente analizados de un extrusor piloto de 70 kg/h de capacidad. Se procesaron variedades de maíz comerciales y se obtuvieron harinas precocidas para tortillas. El estudio de factibilidad indica que la tecnología es altamente competitiva con respecto a la contraparte tradicional y atractiva económicamente siempre y cuando no se pida un préstamo bancario porque, según datos de NAFINSA (FOPYME), para finales de diciembre de 1998, el máximo crédito otorgado para aquellos empresarios que cumplieran con todos los requisitos era el 70% del costo físico de la planta con un interés anual del 18%. Esto no es benéfico para la pequeña y mediana industria que es a la que está dirigido este proyecto.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIAS	3
AGRADECIMIENTOS	4
RESUMEN	6
GLOSARIO DE TÉRMINOS	9
LISTA DE TABLAS	12
LISTA DE FIGURAS	14
CAPÍTULO I. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO	
1.1 EL MAÍZ	15
1.2 BIOLOGÍA Y QUÍMICA DEL MAÍZ	18
1.3 PROBLEMÁTICA Y PROPUESTA DE SOLUCIÓN	23
1.4 TRABAJOS ANTECEDENTES A ESTA PROPUESTA	25
1.5 OBJETIVO DE ESTE TRABAJO	26
CAPÍTULO II. FUNDAMENTACIÓN Y ANTECEDENTES	
2.1 PRESERVACIÓN DE CEREALES	27
2.2 EXTRUSIÓN Y NIXTAMALIZACIÓN	
2.2.1 LA EXTRUSIÓN	29
2.2.2 TIPO DE EXTRUSORES	31
2.2.3 LA NIXTAMALIZACIÓN	36
2.2.4 LA EXTRUSIÓN ALCALINA	36
2.3 VARIABLES DE LOS PROCESOS DE EXTRUSIÓN TERMOALCALINA Y NIXTAMALIZACIÓN	38
2.4 VENTAJAS DEL USO DE LA HARINA CON RESPECTO A LA MASA	42

CAPÍTULO III. ESTUDIO DE MERCADO

3.1 ENTORNO MACROECONÓMICO	45
3.2 EL PROCESO DE INDUSTRIALIZACIÓN DEL NIXTAMAL	47
3.3 LA INDUSTRIA DEL MAÍZ Y LA TORTILLA	58
3.4 LA INDUSTRIA DE LAS HARINAS PRECOCIDAS	60
3.5 EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE HARINAS PRECOCIDAS	62
3.6 PROYECCIÓN DE LA INDUSTRIA DE LA HARINA Y LA TORTILLA	63
3.7 CAPACIDAD DE LOS MOLINOS Y SUS VENTAJAS OPERATIVAS	66
3.8 LA TORTILLA	68
3.9 ACERCA DEL SUBSIDIO A LA TORTILLA	69
3.10 DATOS ESTADÍSTICOS DEL MAÍZ	71

CAPÍTULO IV. INGENIERÍA DEL PROCESO

4.1 BASES DE DISEÑO	77
4.2 BALANCE DE MATERIA EN UN EXTRUSOR DE BAJO COSTO	87
4.3 BALANCE DE MATERIA DEL PROCESO DE EXTRUSIÓN TERMOALCALINA	88

CAPÍTULO V. ANÁLISIS ECONÓMICO

5.1 INVERSIÓN EN CAPITAL FIJO	89
5.2 CAPITAL DE TRABAJO	94
5.3 COSTO TOTAL DEL PRODUCTO	96
5.4 COSTO DE MANUFACTURA	96
5.5 GASTOS GENERALES	101
5.6 ESTUDIO FINANCIERO	104

CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES

6.1 CONCLUSIONES	106
------------------	-----

APÉNDICE A MEMORIA DE CÁLCULO DEL ESTUDIO FINANCIERO	109
---	-----

APÉNDICE B CONCEPTOS ECONÓMICOS	124
------------------------------------	-----

BIBLIOGRAFÍA	128
--------------	-----

GLOSARIO DE TÉRMINOS

Ácido fólico: Ácido perteneciente al complejo vitamínico B ampliamente distribuido en la naturaleza, tiene que ver con la función del sistema nervioso. Es un factor esencial para el crecimiento de muchos animales y microorganismos.

Aflatoxinas: Metabolitos secundarios del grupo de las bisfurano - isocumerinas, se sintetizan por la acción de varios hongos especialmente *Aspergillus flavus*, de donde deriva el nombre, tiene propiedades tóxicas y carcinogénicas debido a que inhiben la síntesis de ácidos nucleicos y proteínas, son resistentes al calor y la nixtamalización.

Amiláceo: Término bioquímico referido a la fracción almidonosa de las semillas de las gramíneas (cereales, leguminosas y oleaginosas).

Amilopectina: Homopolisacárido ramificado componente del almidón, formado por una cadena lineal de moléculas de α -D glucosa, semejante a la amilosa a la cual se le unen ramas o cadenas laterales a través de enlaces alfa.

Amilosa: Homopolisacárido lineal componente del almidón, formado por la unión de moléculas D-glucosa con enlaces beta 1-4.

Arroz pulido: Arroz libre de cascarilla por acción mecánica.

Birrefringencia: Desdoblamiento de un rayo luminoso cuando incide sobre un medio anisótropo.

Chimalpopoca: (1327-1427) Tercer emperador azteca, nació en Tenochtitlan hijo de Huitzililhuilitl y nieto de Acamapichtle y Tezozómoc.

Endospermo: Cuerpo central de las semillas de las gramíneas que contiene a las reservas de almidón.

Esporas: Elementos o cuerpos reproductores, típicamente unicelulares, capaces de desarrollar, directa o indirectamente un individuo sin previa unión a otra célula. Son en general microscópicas, pueden ser endógenas o exógenas.

FOPYME: Programa de apoyo financiero y fomento a la micro, pequeña y mediana empresa.

Gelatinización: Proceso irreversible de formación de una pasta o un gel por efecto del calentamiento en agua de los gránulos de almidón.

Hexosa: Monosacárido con 6 átomos de carbono, como la glucosa.

Juncos: Plantas acuáticas.

Melazas: Residuo líquido algo viscoso de color oscuro y sabor muy dulce, que se obtiene durante la fabricación de la sacarosa.

Micotoxinas: Toxinas producidas por los hongos, especialmente del género *Aspergillus*, que crece en distintos alimentos y que pueden afectar los nervios, el hígado, el riñón o producir abortos, cáncer y otros males.

Mohos: Nombre común que se les da a varios hongos pertenecientes a los géneros *Rhizopus*, *Mucor*, *Penicillium*, *Aspergillus*, muy abundantes en la naturaleza y que viven sobre el pan, pastas y dulces, frutas y restos vegetales, siempre que estén húmedos y a temperatura apropiada.

Náhuatl: Lengua de los nativos americanos Nahuas, perteneciente a la familia lingüística Uto-Azteca.

Nejayote: Aguas residuales alcalinas y con alta carga orgánica, producto de la cocción del maíz.

Niacina: [ácido nicotínico, ácido 3-piridincarboxílico] $C_6-H_5O_2N$, pm 123.11, vitamina hidrosoluble del complejo B. Se encuentra en hígado, leche y cereales, su deficiencia causa la pelagra.

Nixtamal: Del náhuatl *nextli* o cenizas de cal y *tamalli*, masa de maíz, que quiere decir masa de maíz cocido con cal.

Nixtamalización: (Del náhuatl, *nextli*, cenizas de cal y *tamalli*, masa de maíz) proceso de preparación del maíz para consumo humano.

Papel de estraza: Papel muy rústico, áspero y sin blanqueadores

Percal: Tela fina de algodón generalmente estampada y aprestada con cierto brillo.

Pericarpio: Cubierta celulósica externa de las gramíneas.

Pinole: Harina de maíz tostado, a veces endulzado y mezclado con cacao, canela o anís.

Piridoxina: Vitamina B6 [factor antiacrodínico, factor antidermatitis].

Popol Vuh: Es el libro sagrado de los Mayas Quichés que describe su mitología y parte de su historia.

Pozol: Bebida azucarada cocida y semifermentada de maíz dulce, común en el suroeste de México.

Prehispánico: Término histórico referido al tiempo anterior a la conquista española de América.

Quetzalcóatl: En Náhuatl "Serpiente emplumada", Kukulcán entre los Mayas; dios americano de la paz y la sabiduría, expulsado de Tula por Tezcatlipoca, dios de la guerra.

Riboflavina: Vitamina B₂ [lactoflavina, ovoflavina], se encuentra en la leche y sus derivados, huevos, espinacas, leguminosas, algunas carnes, etc.

Saponificación: Hidrólisis alcalina de un éster, como el de una grasa o un aceite, para producir un alcohol y las sales alcalinas de sus correspondientes ácidos grasos.

Sémola: Trigo generalmente duro, molido con una granulometría un poco mayor que la de la harina.

Sucedáneos: Derivados de un producto primario.

Tamoanchán: Lugar mítico mencionado por Fray Bernadino de Sahagún a quien sus informadores expresaron que era uno de los lugares de más antigüedad y está relacionado con Teotihuacan.

Tembloroso: Gelatina de maíz de la región de Jalisco.

Texturización: Efecto dado a un alimento como resultado de la aplicación de un esfuerzo que puede ser evaluado mediante una respuesta integrada de los estímulos del tacto (oral y no oral), la vista y el oído.

Tiamina: Vitamina B₁ [aneurina, factor antiberiberi], se encuentra en abundancia, en levaduras en el pericarpio y en el germen de cereales, así como en la mayoría de los tejidos animal y vegetal.

Trigo Bulgur: Especie de trigo, aristada, con la espiga cuadrada y recta, con espiguillas cortas y los granos ovales, robustos y opacos. Produce una harina blanca de calidad superior

Triptofano: [ácido -amino-3-indolpropiónico, indolalanina], limitante en el maíz.

Vitamina A: (Retinol) sustancia que se produce en el organismo a partir del caroteno, su carencia produce la ceguera nocturna y la detención del crecimiento de los huesos y el esqueleto. Se halla en la mantequilla, leche, yema de huevo, zanahorias y aceite de hígado de bacalao.

Yute: Planta fibrosa de las regiones áridas de México, que crece hasta 1500m sobre el nivel del mar de la cual se obtiene una fibra textil que se utiliza para fabricar cuerdas, sacos y tejidos burdos.

LISTA DE TABLAS

- Tabla 1.1 Nombre de las razas de maíz en México y la altitud en metros en donde se han localizado (Reyes-Castañeda, 1990).
- Tabla 1.2 Composición química promedio del grano de maíz dentado maduro, en %, base seca (Pomeranz, 1987).
- Tabla 2-1 Contenido de humedad de diferentes granos aconsejable para almacenamiento hasta 27°C aproximadamente (Jamieson y Jobber, 1983).
- Tabla 2-2 Tipos de sacos usados para granos de cereales y sus productos (Jamieson y Jobber, 1983).
- Tabla 2-3 Densidad volumétrica de algunos cereales y productos de cereales (Jamieson y Jobber, 1983).
- Tabla 2-4 Ventajas y desventajas considerando la evaluación sensorial (Estrada-Andrade y col, 1986)
- Tabla 2-5 Evaluación de los procesos. Extrusión y nixtamalización (Durán, 1997).
- Tabla 2-6 Estabilidad de nutrimentos en la harina de maíz a temperatura ambiente. mg/lb o UI/lb (Enodi y col, 1977; en Estrada-Andrade, 1986).
- Tabla 2-7 Coeficientes de transformación (MICONSA, 1988)
- Tabla 2-8 Ahorro en la producción de la tortilla utilizando harina de maíz (Grupo Gruma, 1998).
- Tabla 3-1 Índice Nacional de Precios al Consumidor, Indicadores económicos (Banco de México, 1998).
- Tabla 3-2 Ponderaciones del Índice Nacional de Precios al Consumidor, Indicadores económicos (Banco de México, 1998).
- Tabla 3-3 Plantas de harina de maíz Miconsa (Transcripción de la industria de la harina de maíz en México, año).
- Tabla 3-4 Plantas de harina de maíz Maseca (Transcripción de la industria de la harina de maíz en México, año).
- Tabla 3-5 Negocios relacionados con la tortilla caliente (Grupo Gruma, 1998).
- Tabla 3-6 Producción de maíz (Anuario Estadístico de la Producción Agrícola de los Estados Unidos Mexicanos, 1998).
- Tabla 3-7 Importación de granos de maíz (Estadísticas del Comercio Exterior de México, 1990, 1991, 1992, 1993, 1994, 1995, 1996, 1997, 1998).
- Tabla 3-8 Exportación de granos de maíz (Estadísticas del Comercio Exterior de México, 1990, 1991, 1992, 1993, 1994, 1995, 1996, 1997, 1998).
- Tabla 3-9 Consumo aparente de los principales productos agropecuarios (Anuario Estadístico de la Producción Agrícola de los Estados Unidos Mexicanos, 1998).
- Tabla 3-10 Consumo per cápita de maíz (exclusivamente tortillas). (Anuario Estadístico de la Producción Agrícola de los Estados Unidos Mexicanos, 1998).
- Tabla 3-11 Consumo per cápita de harina de maíz (exclusivamente tortillas). (Anuario Estadístico de la Producción Agrícola de los Estados Unidos Mexicanos, 1998).
- Tabla 3-12 Oferta de la harina de maíz (Anuario Estadístico del Sector Manufacturero, 1998).
- Tabla 3-13 Compras, ventas de maíz a través de entidad federativa (Conasupo, 1998).
- Tabla 4-1 Desglose de días laborales al año.

Tabla 4-2	Especificaciones de las alimentaciones.
Tabla 4-3	Especificaciones del producto.
Tabla 4-4	Condiciones de las alimentaciones.
Tabla 4-5	Condiciones de los productos.
Tabla 4-6	Agentes químicos.
Tabla 4-7	Bodega de almacenamiento.
Tabla 4-8	Balance de materia.
Tabla 5-1	Costo del equipo principal.
Tabla 5-2	Costo de mano de obra directa.
Tabla 5-3	Costo de servicios.
Tabla 5-4	Resumen de servicios auxiliares.
Tabla 5-5	Depreciación sobre activos fijos.
Tabla 5-6	Amortización sobre activos diferidos.
Tabla 5-7	Gastos administrativos.
Tabla 5-8	Pago por financiamiento.
Tabla 5-9	Resumen de costos obtenidos del estudio económico (Dic. 1998) utilizando préstamo FOPYME.
Tabla 5-10	Costos anuales de producción (Dic. 1998) FOPYME.
Tabla 5-11	Punto de equilibrio y producción mínima económica (FOPYME).
Tabla 5-12	Estado de resultados PROFORMA (Dic. 1998) FOPYME.
Tabla 5-13	Estado de resultados PROFORMA (Dic. 1998) FOPYME.
Tabla 5-14	Flujos netos de efectivo (Dic. 1998).
Tabla 5-15	Resumen de costos obtenidos del estudio económico (Dic. 1998) sin préstamo FOPYME.
Tabla 5-16	Costos anuales de producción (Dic. 1998).
Tabla 5-17	Punto de equilibrio y producción mínima económica (FOPYME).
Tabla 5-18	Estado de resultados PROFORMA (Dic. 1998).
Tabla 5-19	Estado de resultados PROFORMA (Dic. 1998).
Tabla 5-20	Flujos netos de efectivo (Dic. 1998).

LISTA DE FIGURAS

- Fig. 1-1 Maíces Cacahuacintle, Cónico, Palomero Toluqueño y Teocinte de parcelas del Valle de Toluca (Arqueología Mexicana, 1997).
- Fig. 1-2 Usos de la planta del maíz (Arqueología Mexicana, 1997)
- Fig. 1-3 Esquema de la estructura interna de un grano de maíz (Sánchez-Tovar, 1993).
- Fig. 2-1 Tornillo o gusano de un extrusor (Bernhardt, 1974, en Guerra y Durán de Bazúa, 1980).
- Fig. 2-2 Tornillos de extrusores más comunes (Bernhardt, 1974, en Guerra y Durán de Bazúa, 1980).
- Fig. 2-3 Extrusor de bajo costo, diseñado y construido en México (Durán de Bazúa, 1988)
- Fig. 2-4 Vistas frontal y lateral del extrusor Ciatech (Durán, 1977).
- Fig. 2-5 Elementos de un extrusor (Bernhardt, 1974, en Guerra y Durán de Bazúa, 1980).
- Fig. 2-6 Molino y masa de maíz producto de la molienda en el molino San Diego. Barrio de Xaltocan, Xochimilco, Distrito Federal (Arqueología Mexicana, 1997).
- Fig. 2-7 Extrusión alcalina de maíz para producir harinas precocidas o masas listas para producir tortillas (Durán de Bazúa, 1988).
- Fig. 2-8 Diagrama esquemático que compara los procesos de extrusión y nixtamalización para el maíz (Guerra y Durán de Bazúa, 1980).
- Fig. 3-1 Mujer moliendo maíz, Códice florentino (Arqueología Mexicana, 1997).
- Fig. 3-2 Tortilleras (Litografía de Claudio Linati, Arqueología Mexicana, 1997).
- Fig. 3-3 Elaboración manual de tortillas, (Arqueología Mexicana, 1997)
- Fig. 3-4 Máquinas para elaboración de tortillas (Arqueología Mexicana, 1997)
- Fig. 3-5 Operarios de una máquina automatizada para la elaboración de tortillas, Barrio de Xaltocan, Xochimilco, Distrito Federal (Arqueología Mexicana, 1997).
- Fig. 3-6 La producción industrial de masa de maíz y tortillas amenaza a los sistemas tradicionales de fabricación (Arqueología Mexicana, 1997).
- Fig. 5-1 Recuperación de la inversión con préstamo FOPYME.
- Fig. 5-1 Recuperación de la inversión sin préstamo FOPYME.

CAPÍTULO I

JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

1.1 EL MAÍZ

El maíz fue el alimento fundamental para los hombres del México antiguo, columna vertebral de la economía de las sociedades prehispánicas, que llegaron a imaginarlo como el eje sobre el que se ordenaba el mundo. El maíz, la materia misma con la que los dioses crearon al hombre, era considerada un regalo divino y los dioses que lo crearon y procuraban su existencia fueron objeto de un culto expresado en multitud de representaciones.

Tanto los grupos náhuatl como los mayas tenían mitos que relacionaban al maíz con la aparición del hombre en toda su perfección. La tradición náhuatl afirma que los hombres fueron creados varias veces con maíz y alimentados con especies inferiores de este grano. Aunque se lograba cada vez mayor nivel de humanidad, todas estas creaciones habían fracasado en su culminación. Fue entonces cuando Quetzalcóatl, la Serpiente Emplumada, se dirigió al reino de la muerte, recogió los restos de las anteriores creaciones fracasadas, los mezcló y molió con sangre de los dioses. Amasó entonces un nuevo ser humano. En esta su quinta creación, el hombre alcanzó su mayor evolución. Quetzalcóatl se abocó a obtener el alimento que le diera a este hombre perfecto la mayor fortaleza. Había visto a una hormiga roja que acarrea excelentes granos de maíz, ésta se negó a informarle de donde los había obtenido. Entonces Quetzalcóatl se transformó en hormiga negra que, siguiendo a la roja, descubrió que el maíz se encontraba dentro del cerro conocido como "cerro de los mantenimientos". Este maíz lo llevó Quetzalcóatl a Tamoanchan, Los dioses lo mascararon y lo dieron al nuevo ser, que así robustecido, logró permanecer como el ser viviente más perfecto sobre la tierra (García-Acosta, 1991).

Esta hermosa leyenda del origen del maíz y del hombre se encuentra en el *Códice Chimalpopoca*. La leyenda maya del origen del hombre también lo ligó con el maíz. Cuenta el *Popol-Vuh* o *Pop-Wuj* que los primeros hombres fueron creados por los dioses varias veces, primero usando como materia prima el barro, después empleando madera y juncos. Ambos intentos resultaron fallidos. El primero de ellos, el hombre de barro, se mojaba, se reblandecía y se convertía de nuevo en tierra. Cuando lo hicieron de madera, el hombre carecía de ingenio y sabiduría. Los dioses destruyeron a estos hombres por medio de diluvios y terremotos. En un tercer intento utilizaron el maíz, con el cual amasaron al nuevo hombre, que resultó un ser perfecto, que pensaba y hablaba. Y así los dioses vieron coronados sus esfuerzos (García-Acosta, 1991).

Estas leyendas muestran cuán importante era el maíz para los antiguos habitantes de Mesoamérica y por qué se le consideraba un alimento divino y sagrado (García-Acosta, 1991).

Cuando los españoles llegaron a América, los pobladores ya tenían siglos cultivando el maíz y poseían toda una cultura del maíz. Luego que esta planta del nuevo mundo se conoció en Europa, se comenzaron a hacer ensayos para su cultivo en otras regiones del mundo (Reyes-Castañeda, 1990).

Los conquistadores españoles quedaron maravillados con esta planta, no sólo por lo diferente que era de los demás cereales y por su importancia para los habitantes del nuevo mundo, sino también porque se obtenían grandes cantidades de él en cualquier terreno o clima. En efecto, el maíz se daba en tierra fría o caliente, seca o húmeda, en los montes o en las llanuras, con riego o con agua procedente de las lluvias. Era una planta que se podía adaptar a las condiciones ecológicas más diversas. Y, además, alcanzaba altísimos rendimientos. Además de todo lo anterior, el maíz resultaba una planta excepcional pues produce frutos en poco tiempo, se almacena con facilidad y se conserva por largos períodos (Reyes-Castañeda, 1990).

El maíz se introdujo en Europa, no en sustitución del trigo, sino de los otros ingredientes con que los pobres fabricaban su pan: bellotas, cebada, centeno, avena, castañas, guisantes y aún cortezas de pino y abetos. El buen pan de trigo era para sectores privilegiados, urbanos o agrícolas (Reyes-Castañeda, 1990).

Existen evidencias que indican que México fue el centro primario de origen, domesticación y dispersión del maíz, que esto ocurrió hace más de seis mil años; posteriormente, las migraciones humanas lo llevaron a Sudamérica, en donde se dio el centro secundario, hace más de cinco mil años. De México se dispersó hacia el Norte del continente y, después del siglo XVI, hacia Europa y Asia (Reyes-Castañeda, 1990).

Por su diversidad de variedades y usos, la planta, el grano o el cultivo ha sido denominado con diversos nombres: “Los botánicos la llaman gramínea o cereal; en náhuatl se conocía como *tlayolli*, *centli* o *cinte* o *cintle*; en maya, *ixi*; en huasteco, *iziz*; en otomí, *detha*; en quechua; *pirissincu*; en guaraní, *aloati*, en China, arroz de jade, trigo de jade y sorgo de jade (Yu mai)” (Reyes-Castañeda, 1990).

El nombre científico del maíz es *Zea mays* L y la palabra “maíz” proviene de una lengua del Caribe. Los españoles tomaron el vocablo de un dialecto de la isla de Haití cuyos aborígenes le llamaban “mahiz” (Reyes-Castañeda, 1990). Actualmente no se han encontrado variedades de maíz silvestre debido a la gran domesticación que ha tenido a través del tiempo. Consciente o aleatoriamente, los agricultores seleccionaron las variedades del grano de maíz según como lo utilizaban. (Reyes-Castañeda, 1990). De acuerdo con la estructura de sus granos, el maíz se divide en subespecies como son (Jugenheimer, 1981):

- *Zea mays Indurata*:

Maíz cristalino, de endospermo duro y granos de almidón compacto (conocido en EEUU como *flint*, ya que este país se ha convertido en el primer productor de este grano).

- *Zea mays amylacea*:

Maíz amiláceo, de endospermo blando con granos de almidón no compactos.

- *Zea mays everta*:

Maíz reventador o palomero de granos pequeños, de endospermo muy duro y revienta al tostarse.

- *Zea mays tunicata*:

Maíz tunicado, de granos que pueden tener diferentes tipos de endospermo. El maíz tunicado se identifica por la presencia de glumelas bien desarrolladas que cubren el grano.

- *Zea mays cerea*:

Maíz céreo, de endospermo céreo en el que su almidón está compuesto casi únicamente de amilopectina en vez de una mezcla con amilosa.

- *Zea mays Japonica*:

Planta hortícola de hojas rayadas y tiene aplicaciones de tipo ornamental

- *Zea mays gracillina*:

Es una planta hortícola enana.

En México las miles de variedades dispersas se han agrupado en treinta razas y 6 subrazas; veinticinco bien definidas y cinco en estudio. En la tabla 1-1 se citan las treinta razas. Todas las variedades de maíz mexicano tiene un ancestro común, una planta de nombre "teocintle" que abunda en las regiones de Guerrero, Oaxaca, Valle de Toluca y en otras partes del Altiplano Mexicano y que también forma la parte de los géneros y la especie (*Zea mays*) (Fig. 1-1) y su evolución la han seguido arqueólogos y etnobotánicos a través de olotes momificados encontrados en las diferentes zonas etnoculturales del México Antiguo. Hacia el esplendor de Teotihuacán se piensa que existían diferentes alianzas que conservaban "variedades de maíz" propias de cada región, tales como: La Otopamenana de la región centro de México y sur de Michoacán, las Tlapaneca, Amuzgo y Zapoteca que se desarrollaron en el territorio de los Estados de Guerrero y Oaxaca, la Popoloca en Veracruz y la Huave-Chiapaneca en Chiapas y Guatemala. En la actualidad, los maíces más cultivados para producción de tortillas son las variedades: Tuxpeño, Toluqueño y Blanco Criollo, aunque en los Almacenes Nacionales de Depósito o en CONASUPO son recibidos a granel y solo se clasifican como maíz blanco o amarillo para tortillas o maíz para nixtamal de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana, que restringe a un máximo de 3% de variedades de granos harinosos o de alto contenido de amilopectina mezclándose las diferentes variedades y vendiéndose a granel (Benz, 1997).



Fig. 1-1 Maíces cacahuacintle, cónico, palomero toluqueño y teocinte de parcelas del valle de Toluca (Arqueología Mexicana, 1997).

La historia del maíz mexicano sigue siendo un misterio. Su evolución depende de los procesos naturales y culturales de selección, difusión y extinción. Las razas de maíz, cuyas variedades son ampliamente comerciales, rendidoras de grano y forraje, y que han intervenido de manera notable en los programas de desarrollo son: a) Vandefío, b) Tuxpeño, c) Tabloncillo, d) Chalqueño y e) Celaya (Reyes-Castañeda, 1990).

1.2 BIOLOGÍA Y QUÍMICA DEL MAÍZ

La planta del maíz es una buena captadora y asimiladora de la energía que hace que el planeta Tierra tenga vida, los rayos solares. Como todas las gramíneas (la caña de azúcar, por ejemplo, llega a tener rendimientos agronómicos de 150 toneladas por hectárea de biomasa), por sus características de adaptación, se cultiva desde el Ecuador hasta diferentes latitudes norte y sur, desde el nivel del mar hasta más de 3200 m de altitud, en suelos y climas variables. Respecto de los componentes químicos que debe tener como nutrimentos el suelo donde se cultive, se tienen estudios específicos sobre macro y micronutrimentos, que no son parte de este trabajo. De la Rosa menciona que los suelos ricos en materia orgánica son los más apropiados para el cultivo del maíz (De la Rosa en Reyes Castañeda, 1986). Todas sus partes son aprovechables lo que le da excelentes características de autoconsumo y por ello es que las culturas autóctonas del continente en el que fue domesticado lo veneraron como una deidad (Fig.1-2).

Tabla 1-1. Nombre de las razas de maíz en México y la altitud en metros en donde se han localizado (Reyes-Castañeda, 1990)

Razas de maíz	Altitud localizada en metros
A. Indígenas antiguas	
1 Palomero toluqueño	2200-2800
2 Arrocillo amarillo	1600-2000
3 Chapalote	100-600
4 Nal-tel	100
B. Exóticas precolombinas	
5 Cacahuacintle	2200-2800
6 Harinoso de ocho	100
7 Olotón	2000-2400
8 Maíz dulce	1000-1500
C. Mestizas prehistóricas	
9 Cónico	2200-2800
10 Reventador	0-1500
11 Tabloncillo	0-1500
14 Comiteco	1100-1500
15 Jala	1000
16 Zapalote chico	100
17 Zapalote grande	100-600
18 Pepitilla	1000-1700
19 Olotillo	300-700
20 Tuxpeño	0-500
21 Vandefío	0-500
D. Modernas incipientes	
22 Chalqueño	1800-2300
23 Celaya	1200-1800
24 Cónico norteño	1600-2100
25 Bolita	900-1500
E. Serranas occidentales	
26 Tablilla de 8	nr
27 Bofo	nr
28 Gordo	nr
29 Azul	nr
30 Apachito	nr

nr= no reportada

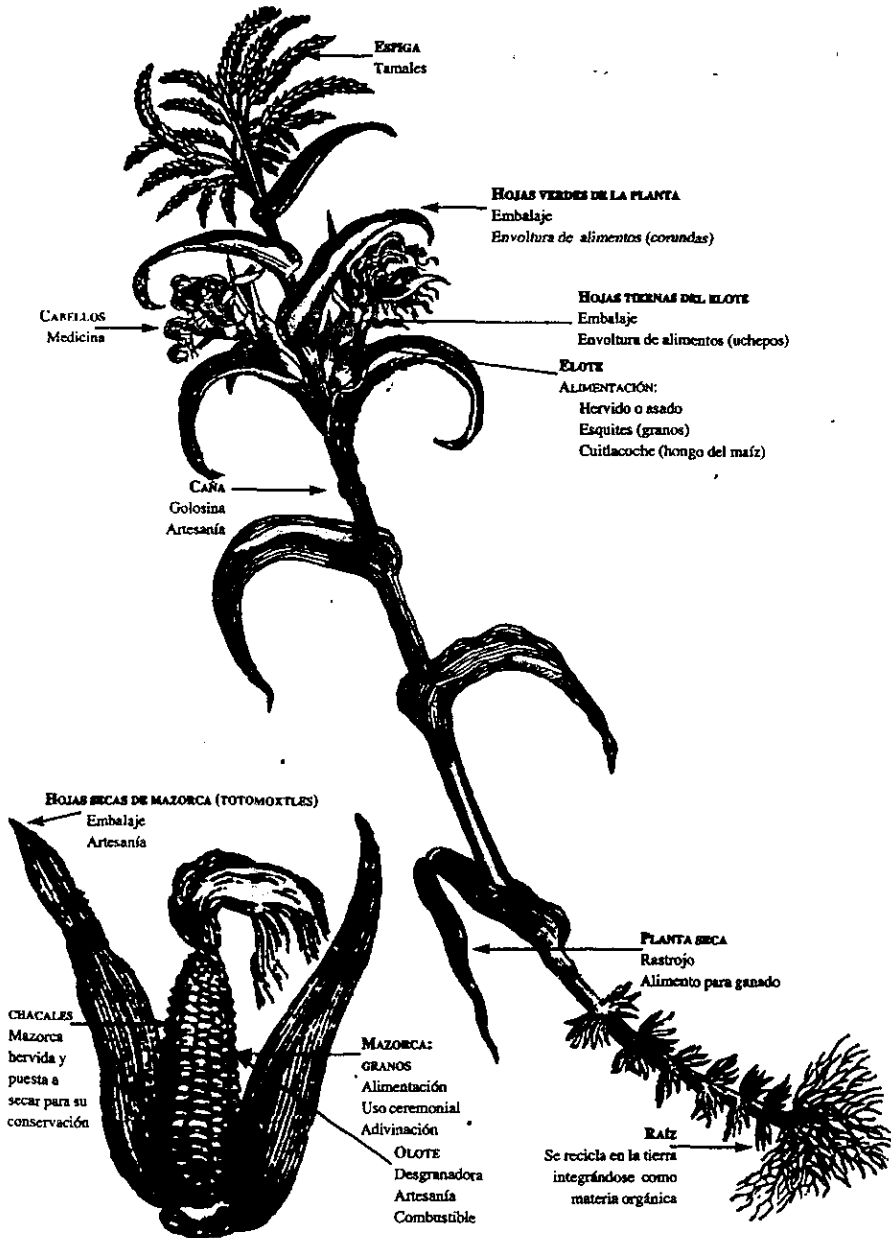


Fig. 1-2. Usos de la planta del maíz (Arqueología Mexicana, 1997)

Estructuralmente, el grano está formado por cuatro partes principales (Fig. 1-3):

1. Pericarpio o cascarilla, que tiene el mayor contenido de fibra cruda del grano.
2. Germen, en esta parte se halla la mayor cantidad de lípidos y nutrimentos que favorecen el desarrollo de la plántula durante la germinación.
3. Capa superficial en donde se encuentra la aleurona que se compone de 28% de grasa y proteína.
4. Endospermo que contiene el 87% del almidón y su textura varía dependiendo del tipo de su estructura química (proporciones de amilopectina y amilosa), con lo que puede ser harinoso suave (cuando más del 50% en peso del almidón es de amilosa) o de endospermo vítreo (cuando la amilopectina está predominando). Estas proporciones obviamente varían considerablemente, dependiendo de la variedad del maíz (Pérez y Rodríguez, 1988).

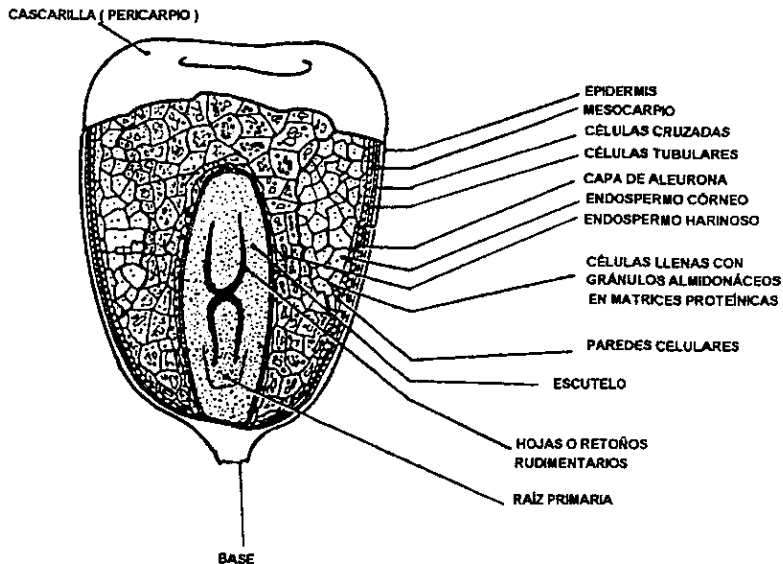


Fig. 1.3 Esquema de la estructura interna de un grano de maíz (Sánchez-Tovar, 1993)

Para conocer, desde el punto de vista químico, la composición promedio de una variedad cualquiera de maíz, en la Tabla 1-2 se presenta información para un maíz dentado. Obviamente, como ya se mencionó, hay intervalos en estas composiciones que dependen de la variedad, grado de madurez, etc.

Tabla 1-2 Composición química promedio del grano de maíz dentado maduro, en % base seca (Pomeranz, 1987)

Fracción	Grano entero	Germen	Endospermo	Cabeza	Pericarpio
% Grano	100.0	11.5	82.3	0.8	5.40
Almidón	72.4	8.3	85.42	5.3	0.98
Grasa	4.7	35.0	0.8	3.8	0.98
Proteína	9.6	18.5	8.6	9.7	3.5
Cenizas	1.4	10.3	0.31	1.7	0.67
Azúcares	1.94	11.0	0.61	1.5	0.34
Humedad	9.96	16.9	4.26	78.0	93.53

Dada la importancia para la preparación de la tortilla de la fracción de almidón, se hará énfasis en las diferencias entre los dos principales polisacáridos, aparentemente muy similares, que la componen, la amilosa y la amilopectina. La amilosa es el producto de la condensación de las hexosas (D-glucopiranosas) y forma cadenas largas y lineales que pueden tener de 200 a 2500 unidades, con peso molecular de hasta un millón de daltones (Baduí, 1981).

El almidón se encuentra en forma de gránulos que, de manera lenta, a través de la pared proteínica que envuelve a los gránulos absorben diferentes cantidades de agua (y cal, en el caso de la nixtamalización), según la especie y las fracciones de las proporciones constitutivas. Cuando las suspensiones acuosas de almidón se calientan a más de 50-55°C, los puentes de hidrógeno de las zonas amorfas se rompen y continúan la absorción de una mayor cantidad de agua, en un fenómeno conocido como gelatinización y parte de las moléculas de amilosa de bajo peso molecular se solubilizan y se difunden fuera del gránulo, mientras las cadenas de mayor tamaño permanecen en él impidiendo más solubilización de las de bajo peso molecular. La temperatura a la que se pierde la birrefringencia debido a una ruptura del arreglo radial de los polímeros y se produce el máximo hinchamiento de los gránulos se llama temperatura de gelatinización. Por tanto, la temperatura de gelatinización se expresa como un intervalo en el que ya no todos los gránulos se hinchan al mismo tiempo, debido a que unos son más resistentes que otros (Sánchez Tovar y col., 1993).

“ La capacidad de absorción de agua puede ser expresada por el peso del gránulo hinchado dividido entre el peso seco del almidón y es una propiedad de los almidones comerciales que debe conocerse, sobre todo en el intervalo de temperaturas empleado en la industria alimentaria. Se puede observar que el almidón de maíz se hincha muy poco comparado con el de papa, tapioca y sorgo céreo y, además, que los almidones modificados tienen poderes de hinchamiento muy diferentes a los de las llamadas formas nativas ” (Baduí, 1981).

“ ...la temperatura de gelatinización y a esta temperatura existe un alto grado de absorción de agua que hace que las dispersiones de este polímero en grandes viscosidades. A medida que continúa este proceso, los gránulos se rompen y aparecen moléculas libres hidratadas de amilosa y amilopectina y la viscosidad de la pasta se reduce hasta alcanzar un cierto valor en lo que se estabiliza ” (Baduí, 1981).

1.3 PROBLEMÁTICA Y PROPUESTAS DE SOLUCIÓN

En México se consumen gran variedad de productos con base en el maíz: Tamales, atole, pozole, gorditas, tlacoyos, dulces como gelatinas y temblorosos, bebidas fermentadas alcohólicas como el tesguino y no alcohólicas como el pozol entre otros. Sin embargo, la forma más generalizada de consumo es la tortilla, la cual se prepara por el proceso de nixtamalización tradicional (México, Enciclopedia de, 1978).

En México, el maíz se cultiva tanto en zonas de riego como de temporal, siendo las últimas las que mayoritariamente usa la población campesina para autoconsumo. A pesar de ser México un país con tradición agrícola en el cultivo de maíz, la producción nacional no alcanza a cubrir la demanda real por lo que desde hace más de dos décadas se ha tenido que importar maíz amarillo de segunda o hasta tercera calidad; no apto para consumo humano. La nixtamalización de éste causa grandes pérdidas de materia prima principalmente en las aguas residuales por ser muy frágil ya que viene roto y/o fracturado. Además, puede venir con sustancias dañinas para la salud (como es el caso de los granos contaminados con hongos microscópicos, como *A. flavus* o *A. parasiticus*, cuyos productos metabólicos son las conocidas toxinas, aflatoxina B1, B2, G1, G2, que producen cáncer hepático) (Peña y Durán, 1991).

Dentro de la industria de la masa y la tortilla, las variedades más usadas en México, como ya se dijo, son las de maíces blancos de endospermo duro como el Toluqueño, el Chalqueño y en mayor parte el criollo tipo Tuxpeño, por lo que son las razas más cultivadas en el altiplano mexicano. (Arqueología Mexicana, 1997).

En el norte de México, la nixtamalización y el consumo de tortillas fue desconocido hasta antes de la conquista ya que los indígenas de estas regiones tan solo lo tostaban, lo molían y condimentaban elaborando los “pinoles” razón por la cual la tortilla de maíz no forma parte esencial de la cultura gastronómica de la región norte de México (Benz, 1997).

México ha sido en los últimos 50 años uno de los países con mayor crecimiento demográfico, donde la alimentación de la mayoría de su población es con base en las tortillas. Por su alto contenido de carbohidratos en el endospermo y por sus grasas y proteínas en el germen éstas constituyen una fuente energética e inclusive proteínica en la dieta de los sectores más desfavorecidos y, por desgracia, mayoritarios de los mexicanos (Durán, 1987; Sánchez Tovar, 1993).

Las familias de más bajos recursos consumen, per cápita, el doble de maíz que las de ingresos medios y altos. También consumen 50% más frijol que es, además de la tortilla, su fuente principal de proteínas (Bonfil, 1984, en Durán, 1987), sin embargo su consumo diario en kilocalorías es menor al mínimo establecido por el Programa de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). Este segmento de la población se distribuye principalmente en el centro y sur de México, tanto la que recibe sus ingresos del campo, como la que lo hace por labores no agrícolas (Durán, 1987).

Además de la problemática que ofrece la falta de fuentes adecuadas de alimentos para la población mexicana existen, asociados a la producción de tortilla de maíz, otros problemas:

- ◆ La pérdida del 30% de las cosechas de maíz debida principalmente a la falta de sistemas de almacenamiento adecuados que hacen posible el ataque de insectos, roedores y hongos (Durán, 1987).
- ◆ La nixtamalización se realiza en el campo consumiendo importantes cantidades de madera (sin la regeneración de los bosques) o en las áreas semiurbanas o urbanas en molinos de nixtamal con poco control sanitario o técnico durante la producción y también con consumos energéticos y de agua considerables (Durán, 1987).
- ◆ La masa, elaborada a nivel casero o en los molinos, tiene una vida de anaquel muy corta (3 a 7 horas, dependiendo del clima), ya que entra en descomposición por microorganismos que usan los carbohidratos y proteínas disponibles y generan ácidos orgánicos que acidifican la masa y le confieren un sabor desagradable (Durán, 1987).
- ◆ En el caso de las zonas semiurbanas y urbanas la elevada producción de aguas residuales (conocidas como “nejayote”) con una alta carga orgánica crea problemas ambientales severos (Durán, 1987).
- ◆ En el caso de las zonas urbanas, se han desarrollado sistemas para producir harinas precocidas de maíz para tortillas siguiendo procesos que consumen cantidades considerables de agua y energía, además de introducir en las harinas elevadas concentraciones de cal que exceden lo asimilable por el aparato digestivo humano y que, potencialmente, crean problemas de formación de “cálculos” biliares o renales, además de producir cantidades elevadas de aguas residuales contaminantes (Durán, 1987).
- ◆ La importación de cantidades importantes de maíz amarillo no apto para consumo humano, debido a las “oscilaciones” en la producción de maíz nacional, desde fines de la década de los setenta y que se ha ido incrementando paulatinamente. Este tipo de maíz, por sus métodos de secado, no puede ser procesado eficientemente empleando la nixtamalización tradicional porque se tienen pérdidas considerables de materia prima en las aguas residuales ya que es muy frágil y viene roto y /o dañado, creando aún mayores problemas ambientales por la generación de aguas residuales con mayores contenidos de materiales contaminantes. Además, en ocasiones, como ya se mencionó viene contaminado con hongos que producen toxinas que, no solamente resultan nocivas para

la salud ya que no son totalmente eliminadas por el proceso de nixtamalización, sino que además, los residuos de toxinas se van a las aguas de proceso y llegan directamente al ambiente (Peña y Durán, 1991).

Con esta problemática como marco de referencia, se inició un proyecto de investigación desde la década de los setenta para generar tecnologías apropiadas para el procesamiento del maíz, tanto en el campo como en las zonas urbanas buscando reducir las pérdidas postcosecha y minimizar los efectos de negativos de la falta de almacenamiento adecuado, (Durán, 1977). Este proyecto, que aún continúa, ha desembocado en el desarrollo de patentes y paquetes tecnológicos, (Durán, 1978), tanto para generar una tecnología limpia para producir harinas precocidas con vidas de anaquel más largas como masas listas para preparar tortillas, además de ofrecer paquetes tecnológicos para aprovechar las aguas residuales de la tecnología tradicional (Durán, 1987). Este trabajo forma parte de dicho proyecto.

La extrusión termoalcalina del maíz es una tecnología limpia que sustituye el cocimiento tradicional del maíz en la elaboración de masas y harinas para tortillas. Esta tecnología se caracteriza por rescatar el valor nutrimental del maíz al no ser eliminada la cascarrilla o pericarpio que tiene el contenido de fibra cruda más alto del grano. Además, el proceso de cocción se lleva a cabo en un tiempo de operación mucho menor y con el agua estequiométricamente necesaria, por lo que se reduce el consumo de energía en forma importante; desde el punto de vista ambiental, se elimina la generación de aguas residuales ya que el agua utilizada es solo la necesaria, ya sea para cocer la harina o para formar la masa. Por último, solamente se adiciona la cantidad estequiométricamente necesaria de Ca(OH)_2 (conocida como cal apagada), evitando problemas de exceso de este reactivo en el alimento final.

Los productos cocidos por extrusión tienen excelentes características químicas, ya que el grano puede procesarse *in situ* (en el propio campo donde es cosechado) evitando también problemas de enzimas oxidativas de los ácidos grasos por lo que su vida de anaquel es superior a la de productos elaborados por otros métodos. Esta última parte ha sido ampliamente demostrada ya que la extrusión promueve la formación de complejos lípido-carbohidratos que no son afectados por las condiciones ambientales (Mercier y col., 1979).

1.4 TRABAJOS ANTECEDENTES A ESTA PROPUESTA

El presente trabajo es la continuación de una serie de trabajos de investigación, el último de los cuales fue una tesis de maestría y una tesis doctoral en proceso sobre el uso de modelos de superficie de respuesta para correlacionar características sensoriales y de textura de masas y tortillas elaboradas con harinas de maíz extrudidas alcalinamente (Sánchez-Tovar, 1993, 1998). En dicho estudio se encontraron las condiciones óptimas de humedad inicial de la materia prima y de la temperatura de extrusión, quedando demostrado que el proceso tradicional de nixtamalización puede ser sustituido por el proceso de extrusión térmico alcalina.

Los trabajos antecedentes al presente se desarrollaron en la Universidad Nacional Autónoma de México, en la Facultad de Química, en los laboratorios de Ingeniería

Química, en los laboratorios del PIQAYQA (Programa de Ingeniería Química Ambiental y Química Ambiental) y en los del Instituto de Investigaciones en Materiales. El proyecto de la pasada investigación fue financiado con fondos de la Facultad de Química de la UNAM. En sus laboratorios se realizaron las pruebas de extrusión, en un extrusor de bajo costo, diseñado y construido en México por uno de los centros creados por el Conacyt hace varios sexenios (Durán, 1987). Fue adquirido con fondos del propio Conacyt a través del proyecto clave PCCBBNA-020395 y se le adicionó un alimentador automático, adquirido con fondos de la OEA. Se emplearon para las mediciones reológicas un texturómetro y un viscoamilógrafo Brabender adquiridos con fondos de la OEA (bienio 1986-87, proyecto "Industrialización del maíz para consumo humano"; bienio 1988-89, proyecto "Industrialización del maíz y sorgo para consumo humano"). El entrenamiento para el montaje de las metodologías analíticas se llevó a cabo en los Laboratorios de Calidad, en Chapingo, Méx., con el apoyo académico del Dr. Alfredo Salazar Zazueta, Jefe del Laboratorio de Trigo y de la M. en C. Griselda Vásquez, Jefa del Laboratorio de Maíz del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias de la SARH (INIFAP-SARH), así como el uso de sus equipos (texturómetro "Universal Instron" y un viscoamilógrafo Brabender adaptado para el estudio de masas de maíz). También se contó con el apoyo técnico del Ing. A. Castillo, del Departamento de Industrias Agrícolas de la Universidad Autónoma de Chapingo.

Esta tecnología ha sido ya probada y comparada con la tradicional, siendo la extrusión, desde el punto de vista técnico, de generación de contaminantes y de calidad nutritiva, la más viable (Alarcón, 1985; Guerra, 1978; Hernández-Ayala y col., 1996; Pérez y Rodríguez, 1988; Saldaña, 1987; Vásquez-Reyes, 1990; Vásquez-Reyes y col., 1990). Lo que continúa es analizar la factibilidad técnica y económica de la instalación de una línea de producción de masas y harinas precocidas por extrusión para ofrecerla a los molineros y tortilleros, que es la escala que se analizó. También puede usarse en nuevas fábricas de harina de maíz nixtamalizado para tortillas de escala mucho mayor.

Éste será el objetivo de este trabajo, que se concreta como sigue.

1.5 OBJETIVOS DE ESTE TRABAJO

El objetivo del presente trabajo es el análisis de la factibilidad técnica y la rentabilidad económica del proyecto de instalar una miniplanta de producción de harina precocida y/o masa utilizando el proceso de extrusión termoalcalina; que represente la sustitución del sistema actual de molinos.

Para alcanzarlo, se investigará el entorno macroeconómico del proceso de harinización y hacia donde apunta su desarrollo, así como la oferta y la demanda de este producto en el mercado y cómo se están dando cambios en los hábitos de consumo en la población mexicana para poder inferir el futuro de miniplantas de producción de harina nixtamalizado vía extrusión. También se realizará el estudio financiero a pesos constantes, para definir el porcentaje de rentabilidad de la miniplanta propuesta, para poder implementar esta tecnología a nivel comercial y ofrecerla a los posibles inversionistas como un paquete tecnológico.

CAPÍTULO II

FUNDAMENTACIÓN

2.1 PRESERVACIÓN DE CEREALES

Los productos de cereales, como las harinas de trigo y de maíz, que están ya finamente divididos como producto final de los procesos convencionales, generalmente pueden infestarse, especialmente por escarabajos y polillas de la harina. Un factor importante que promueve estas infestaciones es el contenido de la humedad y, por ello, para las harinas de maíz, la Norma Oficial Mexicana NOM-F-46-S-1980 establece un contenido de humedad máximo del 11%, en base seca.

Los granos de cereales y sus productos contienen una microflora muy diversa, que incluye esporas de mohos que sólo entran en actividad cuando la humedad relativa de equilibrio o actividad acuosa del producto sube a valores elevados. Las especificaciones microbiológicas para la harina de maíz indican que el producto no debe contener microorganismos patógenos ni más de 1000 colonias/g de hongos.

Con un contenido del 13% de humedad pueden desarrollarse, tanto en los granos de cereales como en sus productos, diversas especies de hongos resistentes a la sequía, mientras que con contenidos de humedad más altos puede hacer su aparición toda una sucesión de hongos a medida que las condiciones de temperatura, condiciones de humedad y abastecimiento de materias nutritivas favorezcan, en este orden, tal crecimiento (Tabla 2-1). Por ello, es de vital importancia controlar, tanto la humedad como la temperatura en las bodegas de almacenamiento del grano y en las del producto terminado.

El crecimiento de mohos y la presencia de sus productos en cereales almacenados puede dar por resultado que se rechace a estos últimos como alimento, debido a los desagradables olores y sabores en ellos producidos o como resultado de la producción de micotoxinas.

Los granos enteros y viables de cereales respiran durante su almacenamiento y su índice de respiración aumenta al aumentar el contenido de humedad. La cantidad de bióxido de carbono y de calor que se produce como resultado de esta respiración no basta para que dé origen a problema alguno durante el almacenamiento. Las temperaturas más altas exigen un contenido máximo de humedad más bajo.

Otro punto importante para la conservación de los granos y sus productos es el material de empaque. La tabla 2-2 muestra algunos materiales usados para empacar granos y sus productos.

Tabla 2-1. Contenido de humedad de diferentes granos aconsejable para almacenamiento hasta 27°C aproximadamente (Jamieson y Jobber, 1983)

<i>Cereal</i>	<i>Contenido de humedad (base húmeda %)</i>
Trigo	13.5
Trigo bulgur	13.5
Harina de trigo	12.0
Maíz amarillo	13.0
Blanco	13.5
Harina de maíz	11.5
Arroz pulido	12.0
Sorgo	16.0

Nota: El valor exacto del contenido de humedad difiere, hasta cierto punto, entre las distintas variedades de todos los cereales. La discrepancia es particularmente marcada entre sorgos para grano. Los valores dados son los promedios de cada cereal determinado y, cuando existan dudas acerca de la variedad particular, deberá utilizarse como factor decisivo la humedad relativa de equilibrio del grano que para un almacenamiento seguro, no habrá de rebasar el 70%

Tabla 2-2. Tipos de sacos usados para granos de cereales y sus productos (Jamieson y Jobber, 1983)

Cereal	Material del saco	<i>Peso del contenido del saco (kg)</i>	
		La mayoría	otros
Granos sin procesar			
Trigo	Yute	50	45,67,72-87 100
Trigo bulgur	Yute	50	-
	Percal	50	-
Maíz	Yute	50	45,89,100
Arroz (pulido)	Yute	93,100	-
Sorgo	Yute	50	-
Productos procesados			
Harina de trigo	Algodón	50	23
	Yute	50	23,45,64,68
	Yute con forro		
	de nylon	50	-
Harina de maíz	Algodón	50	45
	papel de estraza		
	Yute	50	23

El peso del grano contenido en un volumen dado (densidad volumétrica o en masa) es una propiedad importante en relación con el almacenamiento. Las densidades volumétricas están sujetas a variación según el modo en que el grano se asienta dentro del envase (como un saco) o dentro de un recipiente grande (como un almacén o silo) (Tabla 2-3).

Los granos de cereales a granel contienen del 35% al 50% de espacio de aire entre los granos, mientras que la proporción de aire en la harina de trigo o la de maíz llega a veces a

ser tan alta como del 65%. Como consecuencia de ello, los granos de cereales y sus productos no son buenos conductores térmicos y el calor generado por la actividad de insectos o microorganismos en cualquier masa de grano no se disipa fácilmente.

Tabla 2-3. Densidad volumétrica de algunos cereales y productos de cereales (Jamieson y Jobber, 1983)

<i>Producto</i>	<i>Densidad volumétrica</i>			
	<i>g/mL</i>	<i>Libras / bushel</i>		<i>kg/m³</i>
		<i>EEUU</i>	<i>libras/pie³</i>	
Trigo	0.68-0.83	53-64	42-52	680-830
Harina de trigo	0.49-0.56	38-43	31-35	490-560
Maíz	0.64-0.75	50-58	40-47	640-750
Arroz pulido	0.80-0.90	62-70	50-56	800-900
Sorgo	0.65-0.78	51-61	41-49	650-780

2.2 EXTRUSIÓN Y NIXTAMALIZACIÓN

2.2.1 LA EXTRUSIÓN

El proceso de extrusión (palabra que proviene del latín “extrudere”, empujar hacia fuera a través de una boquilla y que tiene formas gramaticales sustantiva, verbal y adjetiva: extrusor, extrudir y extrudido, respectivamente), fue originalmente usada para el procesamiento de metales, desde el siglo pasado e incluso para el procesamiento de alimentos, especialmente de las pastas de trigo en equipos artesanales. En este siglo, una vez avanzada la tecnología de los polímeros sintéticos, conocidos como plásticos y derivados de los productos secundarios del petróleo, la petroquímica secundaria, se usa para la fundición y formación de diferentes polímeros. Un ejemplo clásico es el cloruro de polivinilo o PVC (por sus siglas en inglés), con el que se elaboran productos “termoformados”, recubrimientos de cables metálicos y aislamientos, películas, etc. Durante el proceso de extrusión puede o no ocurrir reacción química. Esto es, puede ser solamente un proceso físico, como el de mezclado con colorantes o aditivos para modificar las propiedades físicas (flexibilidad, dureza, taticidad, etc.) de los productos terminados. Otro proceso físico es la de fusión donde se cambie su forma, sin modificar la estructura química, modificando su densidad, viscosidad, etc. El que compete a este trabajo es el que tiene cambios químicos en la estructura del material que es extrudido. Esto es, el maíz sufre cambios físicos y químicos, como ocurre en el proceso tradicional de nixtamalización, cuando es extrudido termoalcalinamente (Bazúa y col., 1976; 1979).

En la década de los cincuenta, vino un auge de la texturización de proteínas de origen vegetal para substituir productos cárnicos, donde la extrusión de alimentos, aprovechando los esfuerzos cortantes generados por la fricción, que incrementan la temperatura y la presión al interior del equipo y el extrusor fue uno de los equipos preferidos. También se comenzó con la elaboración de mezclas de melazas de caña de azúcar y de forraje para el ganado vacuno y la elaboración de productos de consumo humano como los cereales

llamados "para desayuno", además de los sucedáneos de carne a partir de soya texturizada, confitería y otros productos con gran demanda en los países industrializados (Guerra y Durán, 1980).

Diversos autores han presentado investigaciones sobre el uso de la extrusión en la industria alimentaria (Hayakawa, 1969; Labuza, 1972). Es claro que, para un adecuado proceso de extrusión, aún cuando ésta se comporte solamente como un proceso físico, el contenido de humedad de los alimentos procesados, el tamaño de partícula y otros factores que inciden directamente en la transferencia de masa, calor y momento, son de la mayor trascendencia.

Cuando, además de tener cambios físicos, deben considerarse cambios químicos, la evaluación del proceso de extrusión se complica. Se han desarrollado diversos modelos matemáticos para la extrusión que pretenden acercarse a las condiciones reales tratando de correlacionar los diferentes tipos de energía involucrados durante el proceso con el grado de degradación o de transformación del material en lo que ha dado en llamarse el análisis térmico-mecánico-dinámico para identificar las relaciones termodinámicas que ocurren al interior del extrusor y correlacionarlas con las propiedades de las masas extrudidas (Sánchez-Tovar, 1998; 1993; Sánchez-Tovar y col., 1993).

Un extrusor puede ser analizado en diferentes secciones (Fig. 2-1). La primera es conocida como sección de alimentación donde se encuentran las tolvas alimentadoras y se da el primer mezclado. Una segunda sección en la intermedia en la que la masa hidratada se comprime y se precalienta. La tercera sección, de cocimiento donde se alcanza la máxima presión ya que se fuerza al material a través de un orificio. Esta sección es crítica para las propiedades finales de los materiales extrudidos.

Para el caso de la extrusión termoalcalina, el agua y la cal se adicionan a las harinas crudas en la sección de alimentación en forma de "lechada" (suspensión de la cal en agua) o por separado (la cal en forma sólida se mezcla con el material granular o sémola de maíz y el agua, posteriormente, en la zona de alimentación del extrusor). El material mezclado en la primera sección del extrusor pasa a las dos siguientes donde se llevan a cabo las reacciones de gelatinización parcial de los almidones, lo que dará la textura deseable, ya sea a las masas si se adicionó la cantidad de agua necesaria para formarlas o a las harinas precocidas que, una vez rehidratadas (si se puso únicamente el agua necesaria para la gelatinización de los granulos de almidón), darán también masas listas para ser tortillas. Esto se logra gracias a la presión generada y al calor derivado de la fricción de los materiales contra el tornillo del extrusor y el tubo que lo contiene, así como al calor aplicado por medio de resistencias eléctricas o camisas de vapor si se requiere. Los niveles deseados de humedad de partículas en el material granular a alimentar y a las variables del extrusor, dadas por la rotación del tornillo, el diseño de los álabes, el espacio entre el tornillo y el tubo que lo contiene y la apertura del orificio (el diseño mecánico del extrusor, propiamente dicho y el tiempo de residencia del material en el interior), darán un producto determinado, con un grado de gelatinización del almidón específico y, en consecuencia, una textura y consistencia de los productos extrudidos o de los elaborados con las harinas extrudidas o rehidratadas.

Los extrusores son reactores continuos de flujo pistón, en los que el tiempo de residencia depende de la geometría del tornillo la flecha (Fig. 2-2), del grado de mezclado que ésta

produzca y del tiempo que el material permanezca. Al igual que en otros reactores continuos, el extrusor proporciona energía calorífica y cambios en la viscosidad y la deformación por el esfuerzo cortante aplicado.

En un reactor de tipo pistón (una serie infinita de reactores perfectamente mezclados conectados en serie), el tiempo de residencia puede variar para cada componente reaccionante aunque se alimenten al mismo tiempo, ya que se puede producir un gradiente de concentración de tipo exponencial que sigue una reacción del tipo:

$$C = C_0 \text{ Exp}[-t/tr]$$

C = Concentración al tiempo t

C₀ = Concentración en la alimentación

t_r = Tiempo de residencia

$$\text{y } t_r = V_r / V$$

V_r = volumen del reactor

V = flujo volumétrico

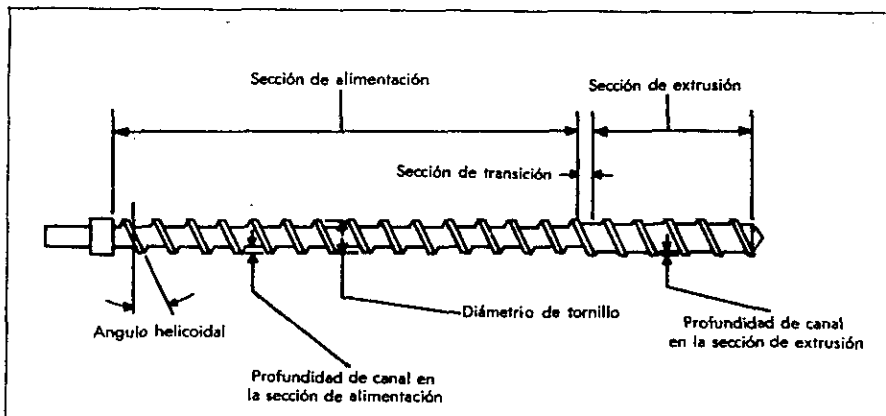


Fig. 2-1 Tornillo o gusano de un extrusor (Bernhardt, 1974, tomado de Guerra y Durán de Bazúa, 1980)

2.2.2 TIPOS DE EXTRUSORES

Los extrusores usados en alimentos se clasifican de acuerdo con la presión y el nivel de esfuerzo cortante generados así como la energía calorífica transmitida o producida durante el proceso (Elwood y col., 1989):

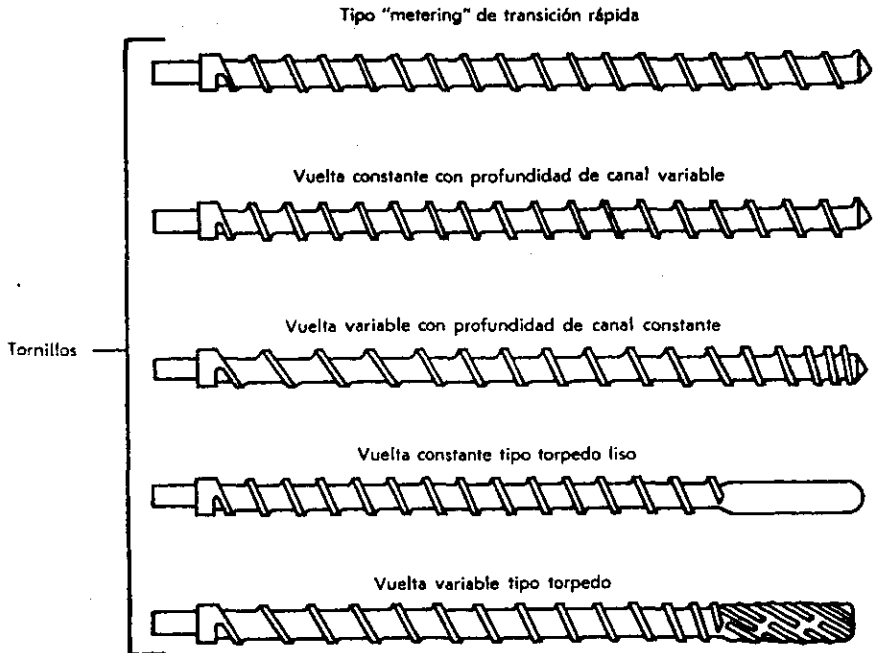


Fig. 2-2. Tornillos de extrusores más comunes (Bernhardt 1974, tomado de Guerra y Durán de Bazúa, 1980)

- Extrusores de bajo esfuerzo cortante y alta presión: Usan bajas velocidades de rotación del tornillo (flecha) para obtener bajos esfuerzos (menores a 100 s^{-1}) y pueden ser de uno o dos tornillos (flechas). Se usan para masas de cereales y deben considerarse las condiciones especiales para cada tipo de cereal ya que son productos no-newtonianos que, por lo general, obedecen a la ley de la potencia, siendo la viscosidad inversamente proporcional a la rapidez de corte. Ofrecen una amplia área de transferencia de calor y sólo el 30% de la energía calorífica transmitida proviene de la conversión mecánica. Para lograr la alta presión tiene una reducción del volumen del canal (espacio entre el tubo envolvente y los álabes de la flecha o tornillo), en una razón de 9:1 del inicio de la flecha hasta el orificio de salida (conocido como boquilla o dado, por su nombre en inglés "die"). Este tipo de extrusores fue adaptado de la industria de los plásticos para producir cereales de los llamados para desayuno y son distribuidos por la empresa Werner & Pfleiderer y por APV Baker (Elwood y col., 1989).
- Extrusores de bajo esfuerzo y baja presión: Con este tipo de equipos desarrollado por Mapiplant, una empresa italiana, se busca la mínima degradación del almidón usando una serie de estados de compresión y descompresión para redistribuir el flujo y favorecer la transferencia de calor en ausencia de altos esfuerzos cortantes y desarrollo de presión por lo que el flujo siempre permanece granular, lo que permite incorporar ingredientes y descargar con un orificio muy grande o "dado abierto" (Elwood y col., 1989).

- **Extrusores de alto esfuerzo y alta presión:** Son los más versátiles, ya que este tipo de extrusores puede trabajar con altas humedades e incrementar las densidades de flujo (0.40-0.80 g/cm³ a 1.2 a 1.6 g/cm³). Este tipo de aparatos tiene gran capacidad de mezclado permitiendo incorporar ingredientes sólidos o líquidos o vapor de agua hasta 100 Newtons/cm² (150 psig) (Elwood y col., 1989).
- **Extrusores adiabáticos:** Son equipos como los anteriores tipos de extrusores en los que además de generar energía por conversión mecánica, pueden incorporarse resistencias eléctricas, termopares y transductores de presión con controles automáticos de válvulas de alivio y pueden aislarse con el fin de reducir el consumo de energía (Elwood y col., 1989).

Existen además extrusores usados para la investigación que, por su tamaño y nivel de control pueden reproducir ciertas características que, aunque son difícilmente escalables, pueden dar pautas para los intervalos en que debe operarse en los extrusores reales. Entre ellos destacan:

Extrusor Brabender: Es de tipo politrópico, se compone de una flecha de álabes constantes. Genera calor por conversión mecánica pero, además, se puede suministrar calor al sistema por medio de resistencias eléctricas o vapor vivo de calderas. Cuenta con termopares y manómetros para control de temperatura y presión, especialmente en la tercera sección del extrusor. También ofrece control de velocidades del tornillo, además de orificios con boquillas fácilmente intercambiables (Guerra, 1978).

Extrusores de bajo costo: Son de tipo autógeno ya que solo produce calor por conversión mecánica debido a la presión y a la fricción. Este tipo de extrusor fue diseñado en los EEUU por Crowley (1975) y adaptado para las condiciones de México por los ingenieros, Acosta, Corte y Camacho del entonces Centro de Investigaciones y Asistencia Tecnológica del Estado de Chihuahua (CIATECH), en un sistema a escala de banco (50 kg/h) y piloto (1 Ton/h) (Durán, 1988) (Figs. 2-3 y 2-4).

Cada uno de ellos tiene variaciones en la forma del tornillo (espaciamiento y profundidad de los álabes) en el tipo de orificio a la salida, en la relación longitud:diámetro, en la fuente de calor (si es que son adiabáticos), entre otras características.

En la figura 2-5 se muestran las partes de que consta un extrusor simple (Guerra, 1978, tomado de Estrada-Andrade y col., 1986).

Tolva alimentadora: Es por donde pasa el material al canal del tornillo. El tamaño de la tolva varía dependiendo del tipo de material, y para tener un flujo constante de material al extrusor se hace necesario tener otro tornillo alimentador.

Reductor de velocidad: Regula la velocidad del tornillo.

Motor: Es el que acciona al tornillo.

Cople flexible: Para unir el reductor de velocidad y el tornillo, como medida de seguridad.

Cojinete de Soporte: Es el que sostiene el tornillo o gusano.

Termocoples: Sirven para medir la temperatura dentro del barril

Barril: Es el que proporciona las superficies para impartir los esfuerzos cortantes al material, también sirve como superficie de transferencias para enfriar o para calentar. El tamaño de los extrusores esta dado por el diámetro interno del barril. Los tamaños más comunes son: 1, 1¼, 2, 2¼, 3¼, 3½, 4½, 6 y 8 pulgadas (2.5, 3.1, 5.0, 5.6, 8.1, 8.7, 10.6, 15.0 y 20 cm), respectivamente.

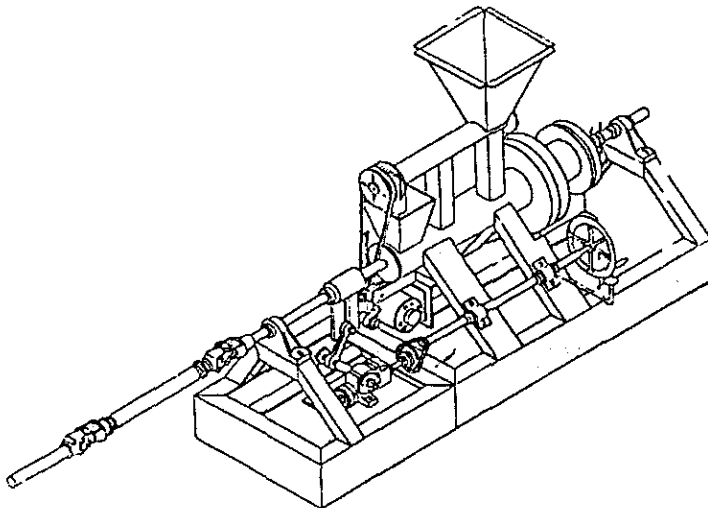


Fig. 2-3 Extrusor de bajo costo, diseñado y construido en México
(Durán de Bazúa, 1988)

El tornillo o gusano es el corazón del extrusor, su función es transportar la materia prima y conducirla a la boquilla o dado a un gasto constante (Fig. 2-3). El tornillo dependiendo de su característica funcional se divide en tres secciones:

- Zona de alimentación
- Zona de transición
- Zona de extrusión, conocido en inglés como "metering Section "

En casi todos los diseños de los tornillos, el área seccional del canal disminuye conforme se llega al dado o boquilla para compensar el cambio en densidad global y diferencias en la eficiencia de transporte del material crudo y cocido.

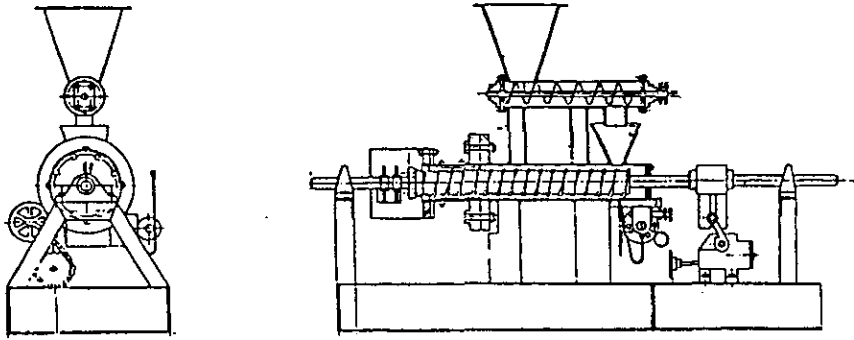


Fig. 2-4 Vistas frontal y lateral del extrusor Ciatech (Durán, 1977, en Durán C. 1988)

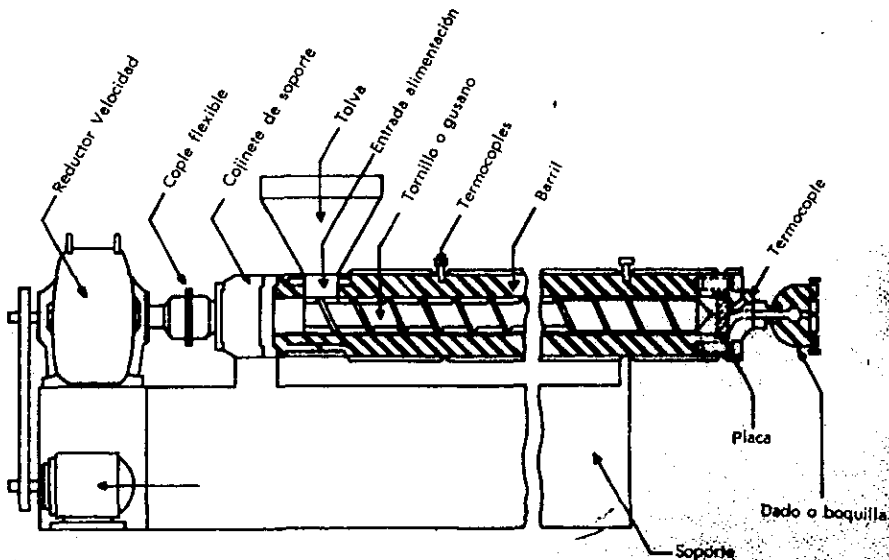


Fig. 2-5 Elementos de un extrusor (Bernhardt, 1974, en Durán C y Guerra R. 1980)

2.2.3 LA NIXTAMALIZACIÓN

La *nixtamalización* es el método de cocción alcalina tradicional del maíz (la palabra es la castellanización de los vocablos aztecas o náhuatl *nextli*, cenizas de cal, *tamalli*, masa de maíz cocido, por lo que significa masa de maíz cocido con cal). Consiste en la cocción del maíz entero crudo en agua adicionada con cal en diferentes proporciones, dependiendo del tipo de grano y su dureza (desde 1 hasta 3% en peso con respecto al grano crudo de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ en b.s. con relaciones de agua a grano 2:1 hasta 4:1), manteniéndolo a una temperatura entre 92 a 100°C durante 40 minutos, dejándolo reposar por 12 horas y enjuagando con agua limpia dos veces para eliminar el exceso de cal (Fig. 2-6). El agua residual producida de la cocción y el lavado del grano es conocida como *nejayote* (otra palabra *náhuatl* que significa caldo o agua de cenizas de cal, de *nextli*, cenizas de cal y *áyoh, atl*, agua, caldo, cosa aguada). Las harinas de maíz nixtamalizado se producen secando el material nixtamalizado a 11% de humedad en b.s. y moliéndolo a granulometría malla 40, de acuerdo con la norma oficial mexicana para harinas para tortillas, NOM-F-46-S (SECOFI, 1980).



Fig. 2-6 Molino y masa de maíz producto de la molienda en el Molino San Diego. Barrio de Xaltocan, Xochimilco, Distrito Federal (Arqueología Mexicana, 1997)

2.2.4 LA EXTRUSIÓN ALCALINA

La extrusión alcalina (Fig. 2-7) es una alternativa a la nixtamalización y consiste principalmente en pre-moler el grano crudo para formar un material granular fino o sémola y alimentarlo al extrusor por medio de un tornillo sin fin (Durán, 1978). En algún punto este proceso, preferentemente en la zona de alimentación se agregan agua y cal a las harinas crudas. La presión generada y el calor de la fricción causan un aumento de la temperatura que cuece los gránulos y los gelatiniza parcialmente, obteniéndose una masa o harina precocidas, dependiendo de la cantidad de agua que contenga el producto. Las variaciones de la humedad y la temperatura serán determinantes en el grado de gelatinización del almidón y, en consecuencia, en la textura y consistencia de los productos extrudidos o los elaborados con harinas extrudidas rehidratadas (Durán de Bazúa, 1977; 1988; Guerra,

1978; Mercier y col, 1979; Pérez y Rodríguez, 1988; Robles-de-la-Torre, 1986).

EXTRUSIÓN ALCALINA DE MAÍZ

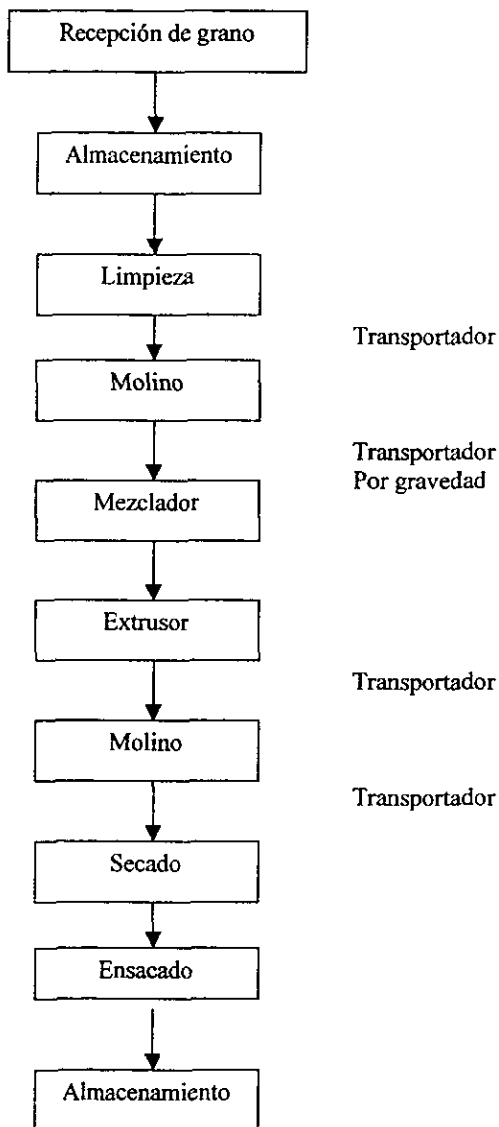


Fig. 2-7. Extrusión alcalina de maíz para producir harinas precocidas o masas listas para producir tortillas (Durán de Bazúa, 1988)

2.3 VARIABLES DE LOS PROCESOS DE EXTRUSIÓN TERMOALCALINA Y NIXTAMALIZACIÓN

Evaluación de las variables de los procesos

En esta sección se comparan ambos procesos mediante la realización de una tabla de evaluación de sus principales variables en la que se predetermina un valor a cada variable sobre la base de criterios heurísticos con la siguiente metodología:

1. Se elabora una tabla comparando para cada proceso las variables y criterios de interés.
2. Cada variable tiene su propia escala de evaluación, debido a que no todas las variables tienen la misma importancia.
3. Se suman para cada proceso los valores asignados a cada variable
4. Finalmente tomando en cuenta todos los puntos se puede determinar cuál es el mejor proceso.

Las variables a evaluar y los criterios empleados son los siguientes:

Presión

La presión atmosférica tendrá la escala máxima, por lo que se prefieren aquellos procesos que trabajen a una presión mayor a la atmosférica que a los que trabajan a vacío; el valor asignado a esta variable dada su importancia es de cero a diez.

Temperatura

La máxima evaluación para esta variable es la temperatura ambiente, se evita trabajar a alta o baja temperatura, evitando el aumento en el costo del proceso, se prefiere calentar que enfriar, además si el proceso es exotérmico es aún más ventajoso, el valor asignado a esta variable es de cero a diez.

Propiedades del producto

La máxima calificación se asigna para el proceso cuyo producto obtenido sea de mejor calidad, este criterio es muy importante porque de estas propiedades dependerá la venta y el precio de venta del producto, el valor asignado es de cero a diez. En este caso los criterios de calidad son del tipo sensorial y composición nutrimental: Olor, sabor, apariencia, masticabilidad, flexibilidad, enrollabilidad y mayor digestibilidad.

Seguridad del proceso

Se prefiere los procesos que presenten menores riesgos de operación, y no manejen sustancias tóxicas, inflamables, explosivas, etc, el valor asignado es de cero a diez.

Eficiencia del proceso

La máxima evaluación se considera para un 100% de eficiencia, debido a que se obtiene mayor cantidad del producto con respecto a la materia prima, el valor asignado a esta variable es de cero a siete.

Tiempos muertos de proceso

Este criterio se basa en la obtención del menor número de fallas que retarden el proceso de producción, así como el tiempo que se necesita para abastecer de materia prima al proceso y descarga del producto, el valor asignado es de cero a cinco.

Servicios auxiliares

Se prefieren los procesos que tengan menor cantidad de servicios auxiliares, el valor asignado para este caso es de cero a cuatro.

Controles automáticos

Se prefiere el proceso que sea más fácil de adaptar a controles automáticos, éste repercute en el control del proceso, el valor asignado es de cero a cuatro.

Consumo de energía

Se prefiere el proceso que, en su totalidad, consuma menos energía eléctrica, lo cual repercute de manera directa en los costos, el valor asignado es de cero a cinco.

Tiempo de proceso

Se prefiere el proceso que represente menos tiempo, es decir que las operaciones que involucre no sean demasiado largas, el valor asignado es de cero a cinco.

Aguas residuales

Lo más recomendable es tener un proceso en donde se generen el mínimo de aguas residuales, el valor asignado para esta variable es de cero a diez.

Disponibilidad del equipo

Es importante tener presente que el equipo requerido pueda adquirirse sin dificultad, el valor asignado a esta variable es de cero a diez.

Costo del equipo

El equipo principal preferentemente debe ser de un precio que pueda cubrirse de inmediato, el valor asignado a esta variable es de cero a diez.

Costo de mantenimiento

Se prefiere el proceso que represente menores costos de mantenimiento, el valor asignado para esta variable es de cero a cinco.

Calidad del producto final

El proceso que genere mejor calidad en su producto final será preferido, el valor asignado a esta variable es de cero a diez; entendiéndose como calidad del producto al conjunto de propiedades resultado de la optimización de los recursos en el menor tiempo posible (Tabla 2.4) (Sánchez-Tovar y col., 1993).

Vida de anaquel

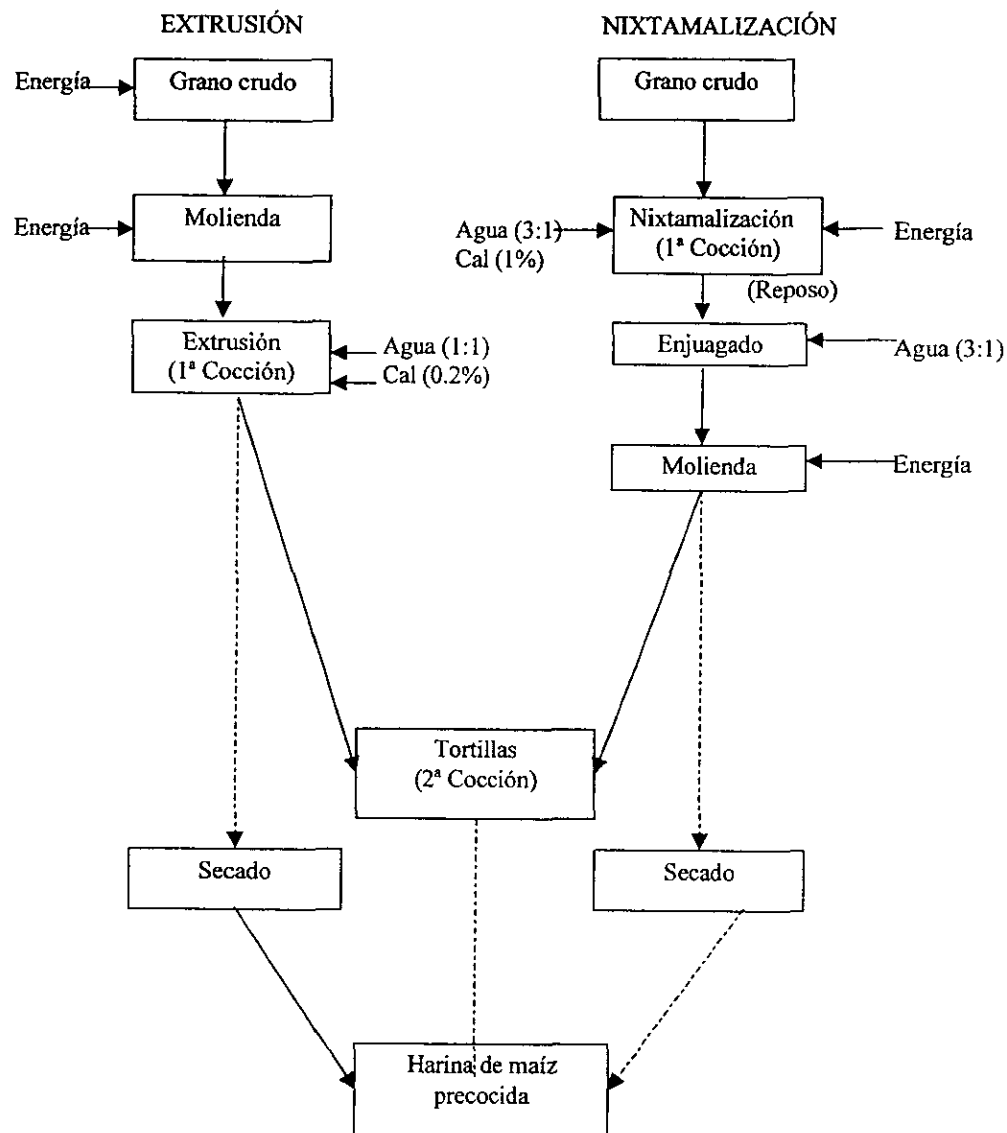
Se prefiere al proceso que su producto final tenga mayor vida de anaquel, el valor asignado a esta variable es de cero a diez.

Tabla 2-4 Ventajas y desventajas considerando la evaluación sensorial (Estrada-Andrade y col, 1986)

Procesos	Ventajas	Desventajas
Proceso tradicional en molinos de nixtamal	La masa y tortillas son maleables, las tortillas resisten al calentamiento	La vida de anaquel de la masa es corta, adquiere olor y sabor desagradable.
Proceso en fábricas de harina	Las harinas tienen una vida de anaquel de más de 6 meses.	En ocasiones el color de la masa y tortillas son desagradables. Las tortillas se ponen quebradizas al enfriarse, no resisten calentamiento
Proceso de extrusión	Las características de textura de la masa son similares a las del proceso tradicional. Las harinas tienen vida de anaquel de más de seis meses y al ser rehidratadas las masas y tortillas son comparables a las del proceso tradicional.	Ninguna

A continuación se muestran en la tabla 2-5, las variables tomadas en cuenta, el valor de éstas para cada proceso y las escalas de evaluación para cada variable. Se observa que el proceso que tiene menor puntuación es el de la nixtamalización, mostrándose atractivo el proceso de extrusión termoalcalina.

A continuación, en la Fig. 2-8, se muestra un diagrama esquemático de comparación de ambos procesos.



Tiempo total: 3 horas
 Consumo de agua: 1:1
 Agua de desecho: Ninguna

Consumo de energía: 1ª y 2ª Cocciones
 Molienda (Secado)

Tiempo total: 20 horas
 Consumo de agua: 6:1
 Agua de desecho: Con alta demanda biológica de oxígeno
 Consumo de energía: 1ª y 2ª Cocciones
 Molienda (Secado)

Fig.2-8 Diagrama esquemático que compara los procesos de extrusión y nixtamalización para el maíz (Guerra y Durán de Bazúa, 1980)

Tabla 2-5 Evaluación de los procesos. Extrusión y nixtamalización (Durán, 1997)

VARIABLES	PROCESO		ESCALA DE EVALUACIÓN
	EXTRUSIÓN	NIXTAMALIZACIÓN	
Presión	6	9	0-10
Temperatura	8	9	0-10
Propiedades del producto	10	10	0-10
Seguridad del proceso	9	7	0-10
Eficiencia	7	5	0-7
Tiempos muertos	5	2	0-5
Servicios auxiliares	4	2	0-4
Auto control	4	2	0-4
Consumo de energía	4	1	0-5
Tiempo de proceso	5	2	0-5
Aguas residuales	10	3	0-10
Disponibilidad del equipo	7	10	0-10
Costo del equipo	6	9	0-10
Costo de mantenimiento	4	3	0-5
Calidad del producto final	10	10	0-10
Vida de anaquel	10	6	0-10
Total	109	90	

2.4 VENTAJAS DEL USO DE LA HARINA CON RESPECTO A LA MASA.

La principal ventaja estriba en la reducción de mermas y desperdicio de insumos que se originan en el proceso tradicional de masa que realizan los molinos, y en la posibilidad de establecer sistemas de producción higiénicos y controlados bajo normas de calidad para el producto.

Entre otras ventajas se pueden describir las siguientes:

La harina de maíz cuenta con una mejor conservación en climas extremosos sin perder cualidades nutritivas (ver tabla 2-6), mejor inmunidad a la proliferación de bacterias y mayor calidad de nutrimentos. Permite al tortillero procesar, mediante la dosificación de la harina, la masa necesaria para atender a la clientela, evitando el rechazo de pedidos a los clientes por falta de masa o su desperdicio por falta de clientela.

Las características de la harina de maíz representan ventajas que pueden traducirse en economías de tiempo y dinero; la primera afecta tanto a los productores de masa y tortilladoras como a los consumidores finales de tortilla, puesto que la preparación de masa empleando el método doméstico les ocupa mayor tiempo que al usar harina de maíz rehidratada y convertida en masa; el segundo tipo de economía favorece directamente a los productores de la masa y la tortilla, al permitirles obtener un mayor porcentaje de utilidades en razón directa de los mayores rendimientos de conversión a masa de tortillas.

Tabla 2-6. Estabilidad de nutrimentos en la harina de maíz a temperatura ambiente mg/lb o UI/lb (Enodi y col, 1977, en Estrada-Andrade y col., 1986)

Nutriente	Inicial	3 meses	6 meses
Vitamina A	6,000	5,880	5,820
Piridoxina	4.5	4.5	4.0
Acido fólico	0.6	0.5	0.5
Niacina	26.0	25.7	NR
Tiamina	3.17	3.25	3.07
Riboflavina	2.02	1.96	1.81
Hierro	41.0	40.0	39.0

Ventajas económicas.

Al comparar los procesos de producción de tortilla vía masa de nixtamal y vía harina los resultados fueron palpables: Con un kilo de maíz se obtenían hasta 1.4 kg de tortilla por el método tradicional, mientras que con la harina se procesaron entre 1.55 y 1.65 kg de tortilla por kg de maíz; En general la industria harinera actual rinde un 20% más por kg de maíz procesado (tabla 2-7).

Tabla. 2-7 Coeficientes de transformación (MICONSA, 1998)

DESCRIPCIÓN	MAÍZ	HARINA	MASA	TORTILLA
PROCESO HARINA	1.06	1.00		1.65
	0.64	0.60		1.00
	1.00	0.94		1.55
PROCESO MASA	0.55		1.00	0.75
	0.74		1.33	1.00
	1.00		1.80	1.35

Notas: El maíz para elaborar harinas es con impurezas; los coeficientes varían de acuerdo a la calidad del grano y del proceso productivo.

Esta ventaja en rendimiento ha traído como resultado que en el volumen actual de producción de tortilla con harina de maíz se tenga un ahorro de 494,000 toneladas de maíz, que representan una economía de \$2, 143 millones. Si el 100% de la tortilla sin considerar el autoconsumo, se hiciera con harina de maíz, los ahorros se elevarían a \$3,039 millones (Tabla 2-8).

El Gobierno Federal ha impulsado el desarrollo de la industria harinera, entre otras cosas, por las siguientes razones:

- Ayuda a racionalizar la concesión de subsidios.
- Su proceso requiere un 50% menos de agua y un porcentaje inferior de combustible
- Se reducen mermas en el manejo del maíz

- Se logra mayor higiene al sujetar el producto a un estricto control de calidad.

Otras ventajas económicas que la harinización representa para el país, por el menor volumen de maíz que se requiere para la producción de tortilla, son las siguientes:

Reduce la necesidad de maíz y consecuentemente la de importar en caso de que la producción nacional sea insuficiente.

- Descongestiona transporte ferroviario y carretero
- Descongestiona capacidad de almacenaje
- Descongestiona puertos y fronteras en caso de importación
- Todos los costos relacionados con lo mencionado anteriormente se reducen.

Tabla. 2-8 Ahorro en la producción de la tortilla utilizando harina de maíz (Grupo Gruma, 1998)

AHORRO EN LA PRODUCCIÓN DE LA TORTILLA UTILIZANDO HARINA DE MAÍZ		
CONSUMO DE TORTILLAS EN TONELADAS (1)	Al nivel de <u>harinización actual</u>	Con 100% de <u>harina de maíz</u>
	7,800,000	7,800,000
Volumen de m.p. requerida (toneladas)		
• Utilizando 100% maíz	5,435,000	5,435,000
• Con harina de maíz	<u>4,941,000</u>	<u>4,503,000</u>
• Ahorro en materia prima	494,000	932,000
Ahorros totales (millones de \$)		
• En subsidios directos (\$ 1, 509/ton)	745	1,405
• Por menos subsidio de harina	497	937
• Menos mp requerida (\$ 450/ton)	222	419
• PROCAMPO (\$ 440/ton)	128	240
• Energéticos (\$ 40/ton)	<u>20</u>	<u>38</u>
	1,612	3,039
(1) SIN AUTOCONSUMO		

CAPÍTULO III

ESTUDIO DE MERCADO

3.1 ENTORNO MACROECONÓMICO

La Secretaría de Hacienda y Crédito Público dio a conocer que en el mes de septiembre de 1997, la producción industrial en México presentó un crecimiento del 13.0% a tasa anual con respecto al mismo mes de 1996. Por sector de actividad económica, la minería presentó un crecimiento en su producción de 4.6%, la industria manufacturera de 4.1%, la de construcción 13.3% y la generación de electricidad gas y agua registró un aumento de 7.1%.

La encuesta nacional de micronegocios esfuerzo conjunto de la Secretaría del Trabajo y el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI, 1998). De acuerdo con ese estudio, en 1996 existían 3 millones 576 mil micronegocios de los cuales 416 mil, esto es, 11.6% correspondían a la industria manufacturera. Las ramas con mayor participación al interior de las plantas manufactureras, son alimentos, bebidas y tabaco, productos metálicos, maquinaria y equipo y textiles y prendas de vestir.

Para la industria manufacturera, en septiembre de 1997, el índice de volumen físico de la producción registró un incremento de 14.1% con relación a septiembre de 1996. Este resultado favorable se presentó tanto en las empresas de transformación como en las maquiladoras de exportación, al aumentar su producción en 14.5 y 9.1% respectivamente.

Las divisiones que conforman la industria manufacturera presentaron los siguientes resultados: La división I, productos alimenticios, bebidas y tabaco, aumentó en 3.3% en el periodo de enero a septiembre de 1996; la división II, textiles, prendas de vestir e industrias de cuero en 10.9%; la división III, industria de la madera y productos de madera en 8%; la división IV, papel, productos de papel, imprentas y editoriales en 13.8%; la división V, sustancias químicas, derivados del petróleo, productos de plástico en 6%; la división VI, productos de minerales no metálicos, exceptuando derivados del petróleo y carbón en 8.6%; la división VII, industrias metálicas básicas en 13.4%; la división VIII, productos metálicos, maquinaria y equipo en 16.9% y la división IX, otras industrias manufactureras, incrementó su PIB en 13.6% en el periodo señalado.

Con base en el sistema de Cuentas Nacionales de México, se informa que durante el tercer trimestre de 1997 la economía mexicana medida a través del producto interno bruto (PIB), presentó un incremento en términos reales de 8.1% con respecto al periodo igual de 1996. De esta manera se registran seis trimestres consecutivos con tasas positivas de crecimiento del PIB global.

Durante octubre de 1997, el Índice Nacional de Precios al Consumidor aumentó 0.80% en relación con su nivel del mes inmediato anterior. Esa variación mensual fue la menor que ha ocurrido después de noviembre de 1994 (Tabla 3-1). El incremento anual del Índice Nacional de Precios al Consumidor en octubre de 1997 con respecto al mismo mes del año anterior fue de 18.24% ascenso que es muy inferior a la variación anual de 28.97% acontecida a octubre de 1996. La inflación durante octubre se explica, principalmente, por

la elevación de los precios de la electricidad (por la terminación del período de vigencia de las tarifas de verano en varias ciudades, gas doméstico, alquiler de vivienda, gasolina, servicio telefónico local, tortillas, restaurantes populares, medicamentos, material escolar, detergentes y jabones, pantalones, vestidos, camisas, calcetines, ropa de abrigo, zapatos deportivos, cobertores, muebles y aparatos domésticos, chícharo, carne de ave, embutidos, refrescos, gasolinás, leche y sus derivados, vinos y licores, calabacita, zanahoria, uva, cosméticos, pescados, tintorerías, pasajes de avión, espectáculos y taxis (SHCP, El Mercado de Valores, 1997).

Tabla 3-1. Índice Nacional de Precios al Consumidor (Banco de México, 1998)

Índice Nacional de Precios al Consumidor (INPC) 1994=100		
Año	Índice *	Variación % anual
1990	67.2	29.9
1991	79.8	18.8
1992	89.3	11.9
1993	96.5	8.0
1994	103.3	7.1
1995	156.9	52.0
1996	200.4	27.7
1997	231.9 **	15.7 **
1998	263.8**	16.7 **

Notas:

(**) Tomado de la Rev. El Mercado de Valores de Nacional Financiera

(*) Con respecto a diciembre de cada año.

A partir de febrero de 1996, el Banco de México publicó el INPC y INPP con la base de presentación 1994=100

El Índice de precios de la canasta básica de consumo creció 1.18% en octubre con relación a su nivel del mes inmediato anterior.

Los molinos y tortillerías forman parte de la división I de la industria manufacturera. La política económica actual promueve el desarrollo de la pequeña industria o agroindustria, mismo que se refleja en el crecimiento del empleo que se presentó en todas las divisiones de actividad económica que integran el sector manufacturero, por tanto una pequeña industria de harina de maíz nixtamalizada a través del proceso de extrusión sería bien acogida dentro de este ambiente económico.

La variación en el precio de la tortilla contribuye directamente a la variación del índice de precios de la canasta básica y, por tanto, a la variación del Índice Nacional de Precios al Consumidor, por lo que si se cambia el proceso tradicional de elaboración de tortillas por el proceso de extrusión alcalina se estaría dando un paso gigantesco en la reducción del costo global de la tortilla lo que directamente beneficiaría al consumidor ahora que se liberó el precio del maíz y, en consecuencia, el de la tortilla. Como este producto forma parte de la dieta diaria de la mayoría de los mexicanos sobre todo de los pobres quienes serían los más beneficiados al poder consumir un producto de inmejorable calidad elaborado con las mejores condiciones de higiene y lo que es mejor un precio accesible a su bolsillo.

A continuación se presentan algunas ponderaciones (Tabla 3-2) de la contribución de algunos conceptos de interés al Índice Nacional de Precios al consumidor.

Tabla 3-2 Ponderaciones del Índice Nacional de Precios al Consumidor (Banco de México, 1997)

ÍNDICE NACIONAL DE PRECIOS AL CONSUMIDOR PONDERACIONES		
	CONCEPTO	W
1	MAIZ	0.14334
2	HARINA DE MAIZ	0.01552
3	MASA DE MAIZ	0.1616
4	TORTILLA DE MAIZ	1.97185
5	FÉCULA DE MAIZ	0.04742

3.2 EL PROCESO DE INDUSTRIALIZACIÓN DEL NIXTAMAL

- **Los inicios**

La industrialización de la harina y la tortilla se inició a mediados de siglo, hacia el final de los años cuarenta, cuando se empezó a experimentar cómo podría hacerse un polvo (harina) que fuera estable y que evitara que el ama de casa tuviera que hacer el nixtamal diariamente y además, molerlo, actividad tediosa y consumidora de tiempo y energía.

Se buscaba la fabricación de una harina que permitiera además ajustar su consumo, ya que de no usarse el nixtamal hecho diariamente, se perdía por el efecto de la fermentación; lo que sucedía cotidianamente sobre todo en regiones calurosas.

Se aplicaron entonces técnicas ya conocidas en la deshidratación de polvos y en el molido de productos elásticos, pero con poco éxito, ya que el producto, al ser restituido con agua, no reproducía la famosa tortilla.

Estos experimentos siguieron adelante, hasta que ya en 1960 la situación de la industria de la harina de maíz nixtamalizada estaba desarrollándose en México, mientras en el resto del mundo no existía.

El Banco de México tenía una planta en Tianepanta, Estado de México, en donde ensayaba distintos procesos, para cocer, deshidratar y clasificar el grano de maíz y producir harina de maíz nixtamalizado.

En esa misma época, una empresa privada trataba de producir el mismo producto en dos pequeñas plantas, una en el noreste del país: Cerralvo, Nuevo León; y otra en el Pacífico: Acajoneta, Nayarit. Sus ventas eran pequeñas y el producto poco acertado y nada conocido en el país. Sin embargo, éste fue el embrión de la industria del nixtamal que era tan necesario llevar a cabo para ponerla al nivel de algunos desarrollos que había ya en México en otras áreas industriales.

Para el país era muy importante la industrialización de un producto alimentario que consumen sus habitantes tres veces al día: Hasta la fecha no hay otro alimento tan popular en México ni que se consuma tanto.

En aquel tiempo, en los años sesenta, la mitad de la producción de todos los granos correspondía al maíz. Del maíz producido, el 90% se destinaba para el consumo humano directo y su mayor porcentaje estaba destinado a la tortilla.

- **Problemas iniciales de la industrialización**

Para progresar en la industrialización había que comprar rápidamente tecnología ¿Pero dónde, si ningún otro país más que el nuestro tenía el mismo alto consumo de este grano y no había tecnología en ninguna otra parte? Había que crearla.

La producción de la tortilla en México en los años sesenta era casi artesanal. En un país en franco desarrollo económico e industrial, con 45 millones de habitantes que consumían de 4 a 5 millones de toneladas de tortilla al año, la producción no estaba desarrollada en toda su capacidad. Esto representaba pues, un gran valor potencial para la industria de la harina de maíz y la tortilla.

A las empresas se les planteaba una situación difícil: Desarrollar una tecnología que se encontraba en cero, una tecnología que además debía crecer y entrar en competencia con el sistema artesanal (Figs. 3-1, 3-2 y 3-3).



Fig. 3-1 Mujer moliendo maíz, Códice Florentino (Arqueología Mexicana, 1997)

Normalmente ninguna empresa persiste en la idea de comenzar a partir de cero, porque es mucho mejor cambiar de giro que enfrentar ciertos factores inevitables: Alto costo de investigación, tiempo indefinido e incertidumbre respecto a los resultados de las mismas. Sin embargo, se elaboró un programa de lo que se debía hacer, por supuesto, sin exigencias de límite de tiempo y costo. Hubiera sido frustrante para una empresa comenzar hablando de cifras limitadas de millones de pesos y de años de investigación.



Fig. 3-2 Tortilleras (Litografía de Claudio Linati, *Arqueología Mexicana*, 1997)



Fig.3-3 Elaboración manual de tortillas (*Arqueología Mexicana*, 1997)

Como nada se sabía, fue fácil armar un plan de investigación a seguir. Este debía apegarse a la serie de incógnitas que se presentaba en cada uno de los pasos del proceso de nixtamalización y se realizaría según lo permitieran las circunstancias.

- **VARIABLES DEL PROCESO**

- Materia prima:

Debía encontrarse el tipo de maíz más benéfico para la producción industrial de la tortilla así como el que diera mayor rendimiento al agricultor. Pero, por supuesto, que antes de dar con el mejor tipo de grano era necesario determinar cual era el componente del maíz que era más aprovechable, y cual el más dañino para la producción de la tortilla.

- Maceración o cocimiento y reposo:

Se debía establecer en primer lugar por qué se cocía el maíz, qué había llevado al hombre prehispánico a cocerlo y no a molerlo directamente. En segundo lugar debía conocerse la razón del uso de la cal en el cocimiento. Después era necesario medir el tiempo óptimo de cocción y ver como podía acortarse el de reposo que era de 8 a 12 horas. Además los técnicos debían dar con la cantidad de sólidos perdidos en la cocción y con la temperatura ideal para este proceso.

- Molienda:

Había que detectar el tipo de molienda que era necesario desarrollar en el proceso. Se requería de un equipo eficiente con una gran capacidad de molienda, que proporcionara estabilidad en el flujo de la harina y en el tamaño de las partículas.

- Deshidratación:

Se tenía que determinar el tipo de secado más eficiente, las temperaturas óptimas para este proceso, los efectos que causaría sobre la masa, los problemas del color del maíz al ser deshidratado, el rendimiento de absorción al rehidratar la harina y nuevamente el color y el sabor de la harina al ser rehidratada.

- Clasificación de partículas:

Se debía dar con la granulometría más apropiada para la harina y con los métodos de clasificación y manipulación de harinas.

- Harina:

Los laboratoristas debían establecer no nada más los colores óptimos de la harina para que fuera aceptada por el consumidor, sino su capacidad de absorción del agua y su plasticidad, la adherencia, la actividad biológica y el material de empaque adecuado.

- Instrumentos :

Como no se contaba con ningún equipo especializado, era prioritaria la invención de instrumentos que sirvieran para medir las variables antes mencionadas y que dieran con los parámetros necesarios para estandarizar el producto.

-Tortilla:

Si el proceso de producción se encaminaba al producto final, la tortilla, era indispensable hacer un análisis riguroso de lo que era su punto ideal de cocimiento. Se requería conocer el grado de humedad y de flexibilidad adecuados. El color, el tipo de inflado y pellejo que resultaba de la cocción, el sabor, la duración sin refrigeración, su valor nutritivo, los aditivos apropiados para mejorar todos estos factores y el calor necesario para cocer la tortilla.

-Valor nutritivo:

Era imprescindible realizar una investigación que encontrara el aditivo más apropiado para enriquecer el valor nutritivo de la tortilla. Se requería un aditivo no sólo que aportara un valor proteínico sino que fuera adecuado en costo. Resuelta esta prioridad la tortilla podía ser un medio de fortificación alimentaria de las clases más modestas del país.

- **Máquinas tortilladoras:**

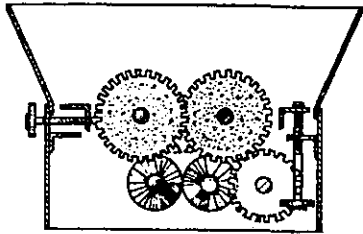
El desarrollo de las máquinas tortilladoras fue paulatino. Se fabricaron primero máquinas manuales de prensado (Fig. 3-3) y luego máquinas que mezclaban la masa, formaban la tortilla y la cortaban; pero se buscaba modernizar todavía más las máquinas tortilladoras para que las mezcladoras de harina para hacer la masa tuvieran controlada la velocidad y los efectos de adhesividad. Asimismo había que hacer formadores de tortillas, cortadoras, hornos, superficies que funcionarían como comal, y ver cuál era el grueso del pellejo de las tortillas en estas circunstancias, cuál era el tiempo de cocimiento, cuál la temperatura óptima y el calor requerido para todo el proceso. Se perseguía también elevar la capacidad de las máquinas de la hechura de 30 tortillas por minuto a 600, lo que significaba un sistema de apilado y de conteo automáticos.

- **Operación de plantas:**

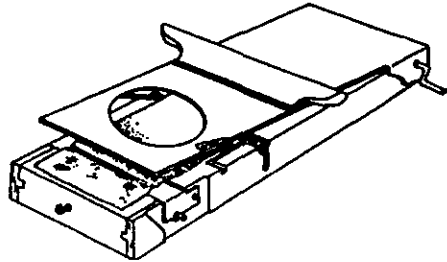
Se estudiaba la manera de elevar la capacidad de producción de las unidades, la forma de aminorar los consumos de energía por tonelada de producto. Se perseguía descubrir y diseñar equipos que produjeran no sólo la harina sino la tortilla y que aminoraran la contaminación por pérdida de polvo. Se buscaba inventar sistemas que evitaran la contaminación por las aguas desechadas durante el proceso, y que al mismo tiempo tuvieran sistemas y controles simplificados para que la producción fuera automatizada.

Hasta aquí puede resumirse a grandes rasgos la situación de la industria de la harina y la tortilla hace 28 años.

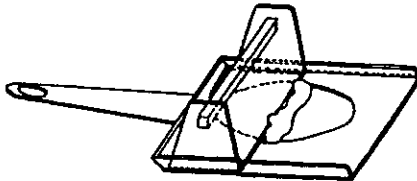
Durante ese tiempo muchas personas, empresas y grupos industriales nacionales y extranjeros incursionaron en los inicios de esta industria, que sin duda era vista como de vital importancia para el país y de gran potencial económico en algunas partes del mundo.



Máquina tortilladora de rodillos laminadores inventada por Antonio Boué en 1930.

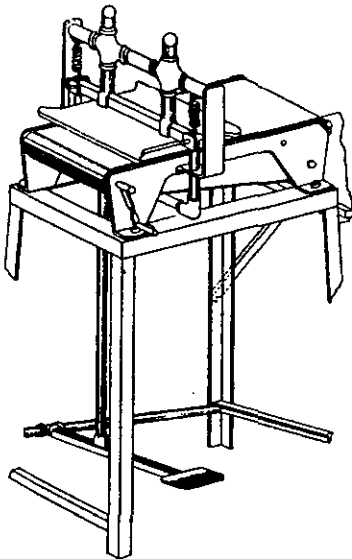


Artefacto para hacer tortillas inventado por Salvador Guzmán en 1935.

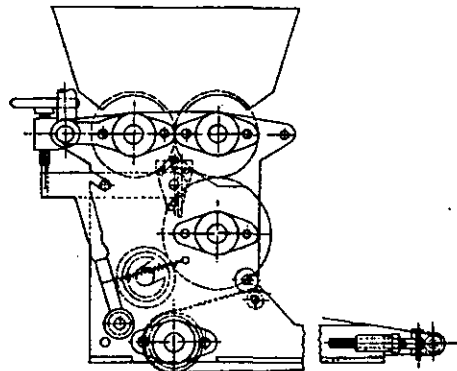


Artefacto para hacer tortillas inventado por Félix Rábago en 1936.

Desde 1884 hasta mediados de la década de los cincuenta, cuando se diseñaron las máquinas para la producción industrial, se inventaron varios aparatos que intentaban igualar la calidad de las tortillas hechas a mano. Actualmente, las tortillerías usan principalmente las máquinas patentadas por Fausto Celario y Óscar Verástegui, que pueden producir, según el modelo, de 3 000 a 10 000 tortillas por hora.



Máquina tortilladora manual tipo prensa inventada por Felipe Olmedo en 1952.



Máquina tortilladora Verástegui diseñada en 1954.

Fig.3-4 Máquinas para elaboración de tortillas (Arqueología Mexicana, 1997)

Hubo un grupo significativo de particulares y empresas que intervinieron en el desarrollo de la tecnología para la producción de harina de maíz como :

Industria Remo, S.A.
Ingeniería Avante, S.A.
Industrias Longoria, S.A.
Mason y Cía.
Másfina, S.A.
Harina Aliana, S.A.
Industrias Jiménez, S.A.
Harinera Obregón. S.A.

Sin embargo, se llegó a un desarrollo óptimo con las empresas siguientes:

El Banco de México (Instituto Mexicano de Investigaciones Tecnológicas)
Buhler Bros. Inc. (Suiza)
Míag Co. (Alemania)
Ritz Co. (Estados Unidos)
Armour Co. (Estados Unidos)
Bird Wind Co. (Estados Unidos)
Grupo Maseca
Miconsa

Por otra parte también hubo varias empresas que desarrollaron máquinas tortilladoras tanto de extrusión con capacidad de 30, 60, y 100 tortillas por minuto hasta maquinaria dedicada al auto consumo o tortilladoras circulares de poca capacidad (Fig.3-3):

Industrias Celorio, S.A.
Industrias Verástigui, S.A.
Tortilladoras Castro, S.A.
Tortilladoras Canto, S.A.
Tortilladoras Tisa, S.A.
Tortilladoras Villamex, S.A.

También en Estados Unidos ha habido un número significativo de empresas que se han dedicado a la industrialización de la harina de maíz (con fines para tortillas u otros productos) con mayor o menor éxito:

Quaker Oats Inc.
Noston Co.
General Mills Inc.
Pillsbury Inc.
Valley Grain Inc.
Three Coin, Inc.
Mastech Co.

Asimismo, ha habido compañías que fabrican máquinas tortilladoras de maíz y trigo en los Estados Unidos aunque hasta la fecha no han logrado el desarrollo de un sistema integrado de producción de tortillas:

Ford Machinery Co.
Elektra Food Machinery Co. (actualmente pertenece al grupo Maseca)
Casa Herrera, S.A.
Master Co.
Heat & Control Inc.
Azteca Machinery Co.



Fig. 3-5 Operarios de una máquina automatizada para la elaboración de tortillas. Barrio de Xaltocan, Xochimilco, Distrito Federal (Arqueología Mexicana, 1997)

En los últimos doce años, han sido varias las grandes empresas americanas interesadas en la industria de la tortilla y productos fritos del maíz:

Piñata (subsidiaria de la estándar Brands Corp., actualmente pertenece al grupo Maseca)
Nabisco Inc.
Frito Lay Co (Sabritas)
Standard Brands Inc.
Hublein Co.
Pilsbury Co.
Azteca Food Co.

Cambell Taggart Co.
Mountain Pas. Co. (en la actualidad es propiedad de Pet Milk Co.)

Otras grandes compañías como la RCA trataron de incursionar en este negocio y desistieron porque no existía una tecnología con una base científica que permitiera la administración "profesional" de las grandes empresas con una seguridad mínima de producción y la calidad necesaria para tomar los riesgos de las inversiones de mercado y desarrollo a que estas empresas estaban acostumbradas. Para 1989, los logros obtenidos en la industria del nixtamal ha hecho que ésta aparezca mencionada en los libros de tecnología y ya se ha adaptado la palabra "tortilla" en la jerga de la tecnología de la industria del alimento escrita en inglés. Prácticamente todos los parámetros que intervinieron en la industria de la harina-tortilla han sido estudiados y evaluados. Así se ha creado una organización sólida, que la operatividad de la industria y la programación de su crecimiento. En un recuento de estos veintiocho años de actividades, se puede decir que las incógnitas del proceso planteadas en los años sesenta se han ido solucionando:

- **Materia prima:**

Se han evaluado más de mil variedades de maíz blanco y amarillo, y se han tabulado asimismo las características de análisis químicos del grano: Rendimiento en el proceso y en el campo, ventajas de la planta y su cultivo. Se puede elegir la mejor variedad de maíz en función del producto que se desea producir y se pueden recomendar las condiciones climatológicas donde puede ser cosechado el grano elegido.

- **Maceración o cocimiento y reposo:**

El sistema tradicional de cocimiento de maíz en botes y tanques de tipo intermitente ha sido substituido por un sistema continuo que ofrece, entre otras cosas, las ventajas de ahorro de la energía de cocimiento y también del agua empleada en un 50%, lo que mejora tanto el control como la calidad de cocimiento y además ahorra espacio en la planta. El reposo del nixtamal ha permitido mejorar seis veces la eficiencia de la molienda en comparación con su capacidad inicial, lo que ha redituado en ventajas en la calidad de la harina (sistema Maseca).

- **Molienda:**

Se han diseñado y construido molinos de capacidad doce veces superior a la que la industria contaba en sus inicios, esto ha aminorado el consumo de energía por unidad de peso del producto molido.

- **Deshidratación:**

En esta parte del proceso se dio un paso notable en la tecnología al combinarse la entrada del producto molido que descarga en una cámara caliente, donde en fracciones de segundo se termina de cocer el nixtamal y se seca ya finamente pulverizado.

- **Clasificación de partículas:**

Se estudiaron con detenimiento los tamaños de las distintas fracciones del grano y su comportamiento en la producción de la masa y del producto terminado (la tortilla). De esta manera, se determinó con precisión el perfil granulométrico óptimo para definir la mejor calidad de la harina.

- **Instrumentos:**

Las plantas modernas de harina de maíz nixtamalizado están completamente mecanizadas y su operación se controla por sistemas computarizados que registran las variables del proceso de tal forma que se logra mantener la calidad estándar del producto. Se han construidos instrumentos especiales para medir la “resistencia” y la “adhesividad” de la masa, propiedades que antes no se tomaban en cuenta.

- **Aditivos:**

Han sido extensas las investigaciones y los estudios para aumentar la vida normal sin refrigeración de la tortilla. Así, se dio con diez o quince aditivos que permiten aumentarla de ocho a diez horas sin refrigeración, a 96.

También se encontraron otros aditivos que tienen la propiedad de aumentar la absorción del agua de la tortilla y por consiguiente su “flexibilidad”. Hay aditivos que pueden disminuir o apagar el color amarillo del maíz, pero que incrementan el costo y “contaminan” un producto natural. El color del maíz, como se sabe, no es un atributo de calidad sino que corresponde a la variedad del grano, pero en el mercado mexicano, por hábito de consumo no gusta la tortilla amarilla.

La tortilla:

Ha sido la más estudiada porque de su aceptación depende el éxito de la industria de la harina. Ya se ha definido en que momento tiene la masa la cantidad teórica de agua necesaria, y de ese punto se parte para determinar la absorción de agua de la masa. De un kilogramo de masa se obtienen 30 tortillas con humedad del 48%. Cada tortilla medida como un disco de 16 cm de diámetro aproximadamente, con un peso de 30 a 33g, cuyo color y flexibilidad caen dentro de la gama creada por la propia industria para la mejor aceptación de este producto en el mercado. Para que la tortilla tipo esté completamente cocinada en condiciones controladas de laboratorio se estima que consume 3.780 kcal (15 BTU). La formación del pellejo es importante para la calidad de la tortilla: Así, que su espesor puede variar de 40 a 85 milésimas de pulgada según la temperatura a la que se cueza la tortilla.

El tiempo de cocimiento de una tortilla varía de 28 a 34s divididos en tres pasos. Es esencial que sean tres pasos porque si el calor se distribuye en otros períodos la tortilla no se forma apropiadamente.

- **Valor nutritivo**

Puesto que la tortilla es un producto de consumo masivo en nuestro país y puesto que una gran parte de nuestra población padece deficiencias proteínicas y de energía en su alimentación, se le ha dado vital importancia al valor alimentario de la tortilla.

Los estudios sobre el valor nutritivo de la tortilla revelaron que el sistema de nixtamalización provoca cambios químicos en el maíz que hacen más asimilables ciertos aminoácidos que en su consumo directo. Es el caso concretamente de la niacina, una vitamina, y de las proteínas; pero también se vió que la carencia de lisina y triptofano, dos aminoácidos fundamentales, hace que la proteína en el maíz sea de baja calidad; por eso, la proteína del maíz se complementa con los aminoácidos de las leguminosas como el frijol. Se valoró su porcentaje de eficiencia proteínica en 0.9 mientras que el de la leche (considerado el producto natural más alto en proteínas de calidad), para tener un punto de referencia, está en 2.2.

Para incrementar el valor proteínico de la tortilla se realizaron varios estudios en más de sesenta productos naturales o subproductos de la industria alimentaria. Era evidente que el factor primordial a tomar en cuenta era que el producto elegido no afectara el color, el sabor, ni la textura de la tortilla, y que su costo no fuera exagerado con respecto al precio de venta de la tortilla. Por esta razón demás, se deseaba dar con un producto nacional. Las pruebas realizadas resultaron a favor de un 8% de harina desgrasada de soya, producto que cumple las características que se buscaban. En MICONSA se utilizó, por dos años, harina de soya con grasa (full-fat soy, por su nombre en inglés).

Durante estos experimentos e investigaciones se ha explorado con éxito la posibilidad de nixtamalizar el maíz con grano de soya al 10%. Aunque es factible, hay problemas de saponificación de grasas y se deben tomar en cuenta los inconvenientes que se presentan en el tratamiento de inactivación de los inhibidores de tripsina de la soya: El color de la harina y la masa se alteran por la cáscara de la soya; su valor calórico y alimentario aumenta con la presencia del aceite de la soya que permanece en el producto.

Una de las ventajas de la harina enriquecida con soya es que la tortilla es el vehículo perfecto para el suministro de proteína para la población. Sin embargo, la experiencia de MICONSA en estos programas fue un rechazo de los consumidores ya que se modificaba el sabor tradicional de la tortilla.

MASECA ha usado la harina de soya desgrasada con magníficos resultados en Costa Rica, Centroamérica, donde no la rechazaron.

No todos los países tienen la suerte de contar con un vehículo de consumo masivo que permita llevar un suplemento dietético a la población más necesitada que consume de 300 a 500 gramos diarios de tortilla. Por esta razón, actualmente se contempla en México como un gran logro en la modernización de la industria de la tortilla el programa de suplemento proteínico en la harina. De hecho, en Chihuahua existió un programa de enriquecimiento de harina extrudida de maíz usando soya también previamente extrudida (Durán de Bazúa, 1988).

Para enfatizar todavía más la importancia de la proteína en la alimentación, puede decirse que son ampliamente conocidos los efectos de la falta de proteína en el ser humano. Sobre estos efectos el INCAP (Instituto Nacional de Centroamérica y Panamá), con sede en la República de Guatemala, en Centroamérica, ha realizado una serie de estudios interesantes sobre los efectos de la tortilla proteinizada en una población rural aislada. La mitad de la población fue alimentada con tortilla proteinizada y la otra con la tortilla común y corriente. El resultado, a lo largo de un período de 4 años fue notable. En la información estadística se observó aumento de peso en los infantes, disminución de abortos naturales, disminución de enfermedades respiratorias e intestinales, además que los períodos de estas enfermedades fueron más cortos.

3.3 LA INDUSTRIA DEL MAÍZ Y LA TORTILLA

La industria del maíz y la tortilla está formada por los molinos de nixtamal, los molinos-tortillerías, las tortillerías y las fábricas de harina de maíz, que según el más reciente padrón de la Industria de la Masa y la Tortilla, llegan a sumar 100 mil establecimientos aproximadamente.

La elaboración de tortillas a partir de masa nixtamalizada tanto como de harina de maíz es el principal medio de industrialización de este grano a pesar que se emplea en la producción de muchos productos alimentarios y no alimentarios.

La industrialización del maíz nació en México con la intención de satisfacer la demanda, cada vez mayor, de la tortilla en las zonas rurales y urbanas del país, para lo cual se recurrió primero a la transformación del maíz en la masa del nixtamal, y posteriormente a la elaboración de harina de maíz que tiene más ventajas sobre la masa del nixtamal.

El proceso de producción de la tortilla a partir de harina tiene un rendimiento mayor al 15% aproximadamente; lo que quiere decir que con un kilogramo de maíz procesado en molino de nixtamal se elaboran 1.350 a 1.400 kg de tortillas mientras que con harina se llegan a producir 1.550 a 1.650 kg.

La masa nixtamalizada que se elabora en los molinos de nixtamal tiene algunas desventajas porque su costo de producción es más elevado que el de la harina de maíz, puesto que no sólo se emplean mayores cantidades de insumos básicos y se pierden nutrimentos en el proceso de limpieza del grano, sino que tiene que ser empleada forzosamente con rapidez porque se descompone fácilmente. Por estas razones, actualmente la harina de maíz no es empleada nada más por las amas de casa sino principalmente por la industria tortilladora porque reduce las mermas y el desperdicio del maíz, evita la pérdida de los nutrimentos y tiene asegurado el control de calidad.

El proceso industrial permite una producción mayor de tortillas que la de los molinos de nixtamal y está menos sujeta a los aumentos del costo de insumos y mano de obra, al mismo tiempo que está mejorando constantemente debido al desarrollo tecnológico y a la incorporación de nutrimentos que enriquecen la alimentación de la población.

Actualmente, la industria de la harina está constituida por dos grupos MICONSA y MASECA. MICONSA controla el 47% del mercado con 7 plantas productoras (una más en construcción) y MASECA, el 53% con 11 plantas (Fig. 3-6) El crecimiento actual de la industria de la harina es del 6.05% anual.



Fig.3-6 La producción industrial de masa de maíz y tortillas amenaza a los sistemas tradicionales de fabricación (Arqueología Mexicana,1997)

En 1950 el estado creó a MINSA, hoy Maíz Industrializado CONASUPO, S.A de C.V., MICONSA, para intervenir directamente en la industria de la masa y la tortilla y poder así regular su operación, asegurando de esta manera el abastecimiento a la población de la tortilla. Desde entonces participa en el abasto y regulación del mercado junto con el Gobierno Federal para hacer llegar a los consumidores de escasos recursos alimentos a precios accesibles con contenidos nutrimentales que enriquecen la dieta.

En 1962, MINSA pasó a ser propiedad de CONASUPO que, al convertirse en un organismo descentralizado, transformó a MINSA en una empresa de sociedad anónima de capital variable con lo que fue posible darle los recursos económicos necesarios para incrementar su capacidad de producción para que pudiera cubrir las necesidades de la demanda. En 1972, MINSA pasó a ser MICONSA pero decidió mantener el nombre comercial de su producto, MINSA, debido al arraigo que ya tenía entre los consumidores.

Gracias a los esfuerzos por ampliar su capacidad de producción y de mejorar sus índices de productividad, MICONSA cuenta actualmente con las siguientes plantas:

Tlanepantla, Estado de México
Atlacomulco, Estado de México
Jáltipan, Veracruz
Los Mochis, Sinaloa
Arriaga, Chiapas
Guadalajara, Jalisco

También tiene un convenio de maquila con el complejo industrial de Industrias Conasupo de Monterrey y construye una planta en coinversión con el gobierno de Guerrero en la ciudad de Acapulco. Su capacidad de producción actual es de 744 352 toneladas anuales.

3.4 LA INDUSTRIA DE LAS HARINAS PRECOCIDAS

El grupo MASECA, GRUMA, nació en 1949 en Cerralvo, Nuevo León, fundada por Roberto M. González y por Roberto González Barrera. A partir de entonces y hasta los años sesenta, la empresa pasó por una etapa de desarrollo tanto de la tecnología que iba a usar en el proceso de la harinización como con la conservación y manejo del producto en sí. Entre 1966 y 1971, efectuó una etapa de expansión y tecnificación de molinos con diseño y tecnología propios y comenzó a incursionar en la producción y venta de tortilla de maíz mediante la instalación de pequeñas tortillerías, para probar los beneficios del empleo de la harina de maíz en la industrialización de la tortilla.

A partir de entonces, GRUMA entró en la etapa de diversificación empresarial dentro y fuera del país, de tal manera que hoy en día cuenta con las siguientes líneas de negocios: harina de maíz, tortilla de maíz y/o trigo, frituras, maquinaria para tortillas y frituras, restaurantes, frutas y vegetales envasados, envases de lámina e investigación y desarrollo.

Si bien es un grupo empresarial que cuenta con gran diversidad en los negocios en que participa, su objetivo fundamental es el de modernizar la industria de la tortilla en las diferentes etapas del proceso productivo, que va desde el manejo del maíz en grano hasta el desarrollo de sistemas eficientes de comercialización y distribución de la tortilla.

GRUMA tiene en Costa Rica una planta integrada para la producción de harina de maíz y tortilla en la que utiliza tecnología propia y una red de distribución masiva. Asimismo, fundó en Estados Unidos la Azteca Milling Co. En 1976, cuyo objetivo era importar harina de maíz (MASECA) de México y comercializarla en la zona sur de California, que fue la puerta por la que entró a los Estados Unidos para crecer al grado que ahora cuenta con un número considerable de compañías que giran alrededor de la construcción de maquinaria para la industria de la harina y la tortilla y de la producción de harina, tortillas y frituras.

El grupo GRUMA tiene plantas que operan en las siguientes entidades:

Plantas productoras de harina:

Molinos Azteca de Chalco, S.A. de C.V.
Capacidad: 225 000 toneladas anuales

Chalco, Edo. de México

Molinos Azteca, S.A. de C.V. (I)
Capacidad: 210 000 toneladas anuales
Guadalupe, N.L

Molinos Azteca de Chalco, S.A. de C.V. (II)
Capacidad: 170400 toneladas anuales
San Juan Teotihuacán, Edo de México

Molinos Azteca del Bajío, S.A. de C.V.
Capacidad: 150 000 toneladas anuales
San Juan Teotihuacán, Edo de México

Molinos Azteca de Chihuahua, S.A. de C.V.
Capacidad: 90 000 toneladas anuales
Chihuahua, Chih.

Molinos Azteca de Veracruz, S.A. de C.V.
Capacidad: 75 000 toneladas anuales
Veracruz, Ver

Molinos Azteca de Chiapas, S.A. de C.V.
Capacidad: 75 000 toneladas anuales
Tuxtla Gutierrez, Chis.

Derivados de Maíz Alimenticio, S.A. de C.V.
Capacidad: 99 600 toneladas anuales
Acaponeta, Nayarit
Harinera de Yucatán, S.A. de C.V.
Capacidad: 75 000 toneladas
Mérida, Yucatán

Harinera de Veracruz, S.A. de C.V.
Capacidad: 121 200 toneladas anuales
Chinameca, Ver.

Harinera de Maíz de Jalisco, S.A. de C.V.
Capacidad: 150 000 toneladas anuales
Ejido Toluquilla, Jal.

Harinera de Maíz de Mexicali, S.A. de C.V.
Capacidad: 75 000 toneladas anuales
Mexicali, B.C

Harinera de Tamaulipas, S.A. de C.V.
Capacidad: 60 000 toneladas anuales

Altamira, Tamps.

Industrias de Michoacán, S.A. de C.V.
Capacidad: 60 000 toneladas anuales
Zamora, Mich.

Harinera de Maíz, S.A. de C.V.
Capacidad: 60 000 toneladas anuales
Obregón, Sonora

Industrias de Río Bravo, S.A. de C.V.
Capacidad: 54 000 toneladas anuales
Río Bravo, Tamps.

Molinos Azteca de Culiacán, S.A. de C.V.
Capacidad: 34 800 toneladas anuales
Culiacán, Sin.

Molinos Azteca de la Paz, S.A. de C.V.
Capacidad: 18 000 toneladas
Cd. Constitución, B.C.S.

Plantas productoras de tortillas:

Productos y Distribuidora Azteca, S.A. de C.V.
Tijuana, B.C.
Nueva Rosita, Coah.
Monterrey, N.L.
Guadalajara, Jal.
México, D.F

Fabricación de Maquinaria:

Tecномаíz, S.A. de C.V.

TORTEC

Maquinaria para producir 50, 100, 150 y 300 tortillas por minuto.

3.5 EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE HARINAS PRECOCIDAS

El proceso de producción de MINSA y MASECA se inicia con la recepción del maíz que es pesado para llevar su control desde este momento. Luego hay una primera limpieza para eliminar materiales extraños y, una vez limpio, se almacena en silos, antes de ser enviado al proceso se vuelve a limpiar para eliminar el resto de materiales extraños y una vez limpio se vuelve a pesar. Después se envía a los cocedores continuos con cal y agua con lo que se inicia el proceso de nixtamalización. Se elimina el nejayote y el nixtamal se reposa en tanques o bandas para igualar las humedades. Viene entonces la molienda primaria, el

secado y el cernido. Los fragmentos gruesos son remolidos e incorporados al proceso. Finalmente la harina se pesa y almacena para ser enviada a envase. De ahí se embarca en camiones o furgones para hacerla llegar al mercado.

La distribución de la harina que producen las plantas de MICONSA y MASECA (Tabla 3-3 y Tabla 3-4) tiene dos presentaciones: Una en bolsa de 1kg, cuyo destino es directamente el consumidor de la tortilla y otra en sacos de 20 y 40 kg que se destinan a la industria de la tortilla.

El mercado de la harina se ha desarrollado con intensidad en los últimos años, debido a los esfuerzos realizados por ambas empresas para lograr el convencimiento de los integrantes de la industria, en el sentido de emplear harina de maíz en la producción de la tortilla por las grandes ventajas que representa sobre la masa nixtamalizada.

3.6 PROYECCIÓN DE LA INDUSTRIA DE LA HARINA Y LA TORTILLA

Los fabricantes de harinas precocidas dan como ventajas las siguientes:

Al quedar resueltos muchos de los problemas que enfrentaba la tecnología para la producción de la harina, así como el control de calidad se hizo imperativo estudiar, analizar y resolver los problemas que se presentaban en la fabricación de la tortilla.

Se estudiaron por ejemplo, los parámetros teóricos de la producción de la tortilla y se obtuvieron datos no conocidos sobre el calor teórico requerido para cocinar una tortilla. De estos estudios se derivó que las máquinas que se usaban en ese tiempo consumieran 6 veces más combustible respecto a lo que podía ser considerado lo normal esto redundaría en un ahorro a nivel nacional de $3,000 \times 10^6$ kcal/d ($12,000 \times 10^6$ BTU/día), igual a 2,000 barriles por día de petróleo o 720,000 barriles de petróleo anuales. Ya hoy en día hay hornos que han mejorado el consumo en un 50%, pero aún no se usan en el país.

En este mismo orden, se han hecho avances en costos de mantenimiento de máquinas y se ha aumentado su capacidad. Además, hay sistemas que hacen masa a partir de harina, forman tortillas, las cuecen, las apilan y las empacan. Todo esto con una capacidad de una tonelada de tortilla por hora, con un rendimiento de 500 docenas hora/hombre.

En el campo de los aditivos, se han obtenido fórmulas de conservación que aumentan la vida de la tortilla sin necesidad de refrigeración, de 10 a 76 horas, es decir 4 días. Lo cual representa un valor incalculable en comunidades que no cuentan con refrigeración. Además, evita el desperdicio casero del producto. Es interesante mencionar que no hay estudios sobre el efecto de estos aditivos en la salud humana. El éxito del producto final de la industria, de la tortilla, es su estandarización y ésta se debe al control de calidad puesto que las plantas de harina cuentan con laboratorios que trabajan con instrumentos generados exclusivamente para medir los factores que dan la calidad al producto. Es en estos laboratorios donde se comparan e igualan los productos de diferentes plantas para mantener no sólo la calidad sino también la sanidad óptima.

Tabla 3-3. Plantas de harina de maíz Miconsa (Transcripción de la Industria de la Harina de Maíz en México)
 INFORMACION SOBRE PLANTAS DE HARINA DE MAIZ MICONSA

Planta	Unidades	Capacidad Normal Ton/día	Annual	Maq. de empaque 1 kg	Capacidad de almacenaje de maíz Ton	Tecnología
Los Mochis, Sin.	1 (Múltiple) 2-80 c/u	240 160	124, 400	1 SIG + Granel	600 Propia 40,000 ANDSA	Buhler 1978 Buhler 1986
Guadalajara, Jal.	1 (Múltiple)	240	124, 400	1 SIG + Granel	3,200 Ton 60,000 (Bod. Figueroa)	" 1978 " 1986
Tlalnepantla Edo. de Mex	12	40	188,400	2 SIG + Granel 2 Hesser	6,000 Ton 120, 000 silos M. Alemán	Bco. de México 1950
Arriaga, Chis.	2-80 c/u	160	49, 920	1 SIG	4,000 Ton Bodega ANDSA 40,000 Ton	Buhler 1975 Modif. Minsa 1985
Jáltipan, Ver	3-80 c/u	240	79, 632	1 SIG	4,000 Ton Modif.	Buhler 1975 Minsa 1985
Athacomulco Edo. de Mex.	2-80 c/u	160	57, 600	-Granel	Bodega de plásticos 500 Ton	Minsa 1986
Acapulco, Gro.	2-80 c/u	160	57, 600	-Granel	4 Silos 5,000 Ton	Minsa 1986
Monterrey, N.L	4-c/u	400	120,000	3 SIG + Granel	25,000 Ton Silos	Maseca, Chih 1975
TOTAL	31		801,952	11		

Estimado real 90 % 720,000 Ton/año

Tabla 3-4. Plantas de Harina de Maíz Maseca (Transcripción de la Industria de la Harina de Maíz en México)
INFORMACIÓN SOBRE PLANTAS DE HARINA DE MAÍZ MASECA

Planta	Unidades	Capacidad Normal Ton/ día	Annual	Maq. de empaque 1 kg	Capacidad de almacenaje de maíz Ton	Tecnología
Monterrey, N.L.	5	800	280,000	2	25,000	GRUMA
Río Bravo, Tams.	2	180	60,000	1	45,000	"
Tampico, Tams.	2	200	70,000	1	40,000	"
Chinameca, Ver.	4	400	144,000	2	30,000	"
Teotihuacán Edo. de México	4	550	200,000	2	25,000	"
Zamora, Mich.	2	200	70,000	1	10,000	"
Guadalajara, Jal.	1	120	40,000	-	-	"
Acaponeta, Nay.	3	320	110,000	2	25,000	"
Culiacán, Sin.	1	120	40,000	-	5,000	"
Cd. Obregón, Son.	2	200	70,000	1	16,000	"
Chihuahua, Chih.	4	400	144,000	1	15,000	"
TOTAL PLANTAS	30		1' 228,000	13	236,000	

3.7 CAPACIDAD DE LOS MOLINOS Y SUS VENTAJAS OPERATIVAS

De acuerdo a los fabricantes de harinas precocidas, sus ventajas son:

- Después de 6 lustros se ha logrado una tecnología que puede ofrecer módulos de producción de 120 y 260 Ton/día, o plantas portátiles montadas en plataformas de 4 x 14 metros que producen 30 Ton/día que producen harina de la mejor calidad.
- Estas unidades de producción se instalan en edificios de una sola planta; su costo es de un 15% desde la maquinaria que en ellos se encuentra (factor de costo impactante en esta industria).
- La distribución del equipo permite que toda la planta sea operada desde el cuarto de control. Es evidente la economía de combustible en un 25% y de electricidad 50% con respecto a sistemas convencionales.
- Los tratamientos de aguas residuales se ajustan a las regulaciones ecológicas de la ciudad o del país donde se instala la planta.

De acuerdo con estas empresas, las aplicaciones de la tecnología de harina de maíz nixtamalizado son las siguientes:

- Es importante resaltar que el proceso de nixtamalización y secado tiene la ventaja única de producir una harina de maíz integral con una vida de anaquel de ocho a diez meses.
- Todas las industrias de maíz utilizan el proceso de nixtamalización pues sin el cocimiento alcalino la harina se descompondría en un periodo de 72 horas.
- La fabricación de la "tortilla-chip", una botana de maíz que solamente en Estados Unidos tiene una ventaja de dos mil millones de dólares al año, se elabora a base de harina de maíz nixtamalizado con enormes ventajas de tiempo, calidad y costo frente a los medios caseros del nixtamal.
- La "arepa" o pan popular en Venezuela, se fabrica en la actualidad a partir de maíz desgerminado, que en dicho país es un subproducto de la industria del aceite; pero podría elaborarse con harina integral elevando su valor nutritivo. Aunque debe saberse que inicialmente la arepa era producida con maíz integral al que llamaban maíz pilado. Se ha establecido contacto con empresas venezolanas para introducir la tecnología de la harina para la elaboración de la arepa. Se ha enfatizado el valor alimenticio actual de la misma para el consumo del pueblo con el fin de proporcionar una mejor alimentación y disminuir el uso de pan producido con trigo importado que le cuesta divisas al país.
- Se exportó la tecnología de la harina a la República de Costa Rica, en Centroamérica, para facilitar la producción de tortillas proteinizadas y para facilitar la producción de tortillas y para restablecer el consumo de tortilla que iba desapareciendo con los años para ser substituido por pan, producto que no puede ser producido por el país y que crea

- problemas de divisas.
- La República de China se ha interesado en la tecnología mexicana como una posible solución a su problemática nacional de aumentar la oferta de alimento a sus 1200 millones de habitantes. Posee una producción de 60 millones de toneladas de maíz al año, destinada a la alimentación de animales. La República de China está estudiando la posibilidad de convertir este grano en harina que puede ser usada por el campesino en atoles, panes, galletas. Se espera que sea factible la venta de tecnología mexicana de la harina de maíz nixtamalizado.
- Se ha tratado de ofrecer una descripción en orden cronológico de una tecnología desarrollada a partir de "cero" en México en un lapso no mayor de 40 años. Tecnología integral que permite el empleo del maíz transformado en harina nixtamalizada para múltiples usos, de los que el principal es la producción de la tortilla.

GRUMA, la empresa que hace esta propaganda, posee la infraestructura para implementar la industria de la harina y la tortilla con tecnología y equipo de construcción nacional y para modernizar una industria con un volumen de 10 millones de toneladas de producto al año y un valor nominal de 2,800 miles de millones de dólares.

La tortilla es el vehículo ideal para incrementar la ingestión proteínica de grandes masas de la población mundial; un producto fácil de elaborar, sabrosa y de grandes aplicaciones dentro de la cocina.

• **Perspectivas de la industria de la harina de maíz**

Como México es un país en vías de desarrollo, no puede pasar más tiempo indiferente al proceso de modernización de la *industria de la harina y la tortilla donde se produce el alimento básico del 95 % de su población.*

Por eso, la preocupación del Gobierno Federal de investigar técnicamente el proceso tradicional para la elaboración de la masa destinada a la tortilla, tuvo como objeto la industrialización; lo que permitía ofrecer a la población de escasos recursos este producto en condiciones nutritivas económicas e higiénicas; así como también evitar a las amas de casa la ardua tarea de moler el nixtamal en el metate.

El desarrollo del proceso industrial fue delegado al Instituto Mexicano de Investigaciones Tecnológicas, S.C. del Banco de México, S.A, que después de dos años de estudio e investigación logró transformar el maíz nixtamalizado en harina de maíz. Por lo que hace 40 años se estableció la primera planta en el mundo (Tlanepantla), que obtenía harina de maíz nixtamalizado (maíz-agua-cal), para la elaboración de tortilla. A diferencia de los procesos de molienda de grano que es en crudo en casi todos los países, en México se nixtamaliza el maíz para la elaboración de la tortilla.

La transformación de maíz en harina significó la solución al problema de la conservación de la masa de nixtamal en lugares donde en unas cuantas horas resulta inadecuada para el

consumo humano. El proceso de producción de harina, como ya se ha visto, es similar al empleado por los molinos de nixtamal.

En la era moderna, México no puede quedar atrás; poblado con más del 50% de jóvenes y niños y una población que se convierte de rural a urbana, es necesario hacer todo un esfuerzo para garantizar por lo menos el consumo de tortilla en los próximos años.

El camino para la modernización y la garantía del abasto sería la harinización en plantas modulares de construcción horizontal y bajo consumo energético, que eliminaría mermas de materia prima (grano), sin residuos contaminantes, de fácil operación y baja inversión, donde el campesino-urbano pueda agruparse y asociarse formando una agro-industria, donde al inversionista potencial le sea atractivo, donde el gobierno pueda desarticular el subsidio, reducirlo, controlarlo y garantizar un producto higiénico, fácil de transportar, almacenar y que no sea altamente pedecedero, donde principalmente el molinero-tortillero se obligue y opte por le cambio, y el precio de la tortilla se establezca para toda la población por las economías de escala de la industrialización.

México no puede continuar sin desarrollar una industria moderna de harina de maíz nixtamalizado, donde los que ahora actúan en ella tienen la obligación de optimarla para las futuras generaciones.

3.8 LA TORTILLA

Se calcula que son actualmente 100 000 los establecimientos en el país relacionados con la industria de la "tortilla caliente" (Tabla 3-5). Los molinos que son los que surten a las tortillerías, fueron dotados en 1994 con unos cinco millones de toneladas de maíz. Otros dos millones de toneladas fueron a parar a la industria de la harina prenixtamalizada que se utilizan para ser tortillas "frías". Por otra parte, sin tomar en cuenta las preferencias culturales, las importaciones que se han hecho recientemente de maíz para consumo humano (cinco millones de toneladas en 1996, el doble de la cuota pactada en el libre comercio, por cierto) fueron de maíz amarillo y duro, más bien forrajero.

El maíz más blanco y las tortillas calientes, suaves y flexibles tienen un reparto muy desigual: Los que adquieren sus tortillas con cupones "de pobres" son según cifras de Conasupo para 1996, 2 400 000 familias consumen tortillas de menor calidad.

La industria de la harina de maíz en México alcanzó ventas totales en 1995 por 2 millones 421 mil toneladas, mostrando un crecimiento del 20% con respecto a 1994, a pesar de la situación económica de México.

El crecimiento continuo de la industria harinera de maíz proviene de los cambios en los hábitos de consumo que se están dando en la población mexicana al sustituirse las formas antiguas de consumir el maíz por la harina, reflejando en ellos un avance hacia los esquemas de consumo modernos.

En 1995, Maseca logró colocar en el mercado nacional 683,000 toneladas de harina de maíz en relación a las 566,890 toneladas de 1994, lo que indica un crecimiento del 17%.

Grupo Maseca abastece el 70% del mercado nacional de harina de maíz, lo que equivale al 32% de la tortilla consumida incluyendo la tortilla precocida empacada en bolsa de plástico. Grupo Maseca amplió en 1996 su capacidad de producción en 250,000 toneladas con relación a 1995 con la apertura de tres plantas, Baja California, Chiapas y Veracruz, logrando incrementarse en el mercado de la tortilla en un 26.79% logrando abarcar el 38% del mercado de las tortillas.

El mercado de la tortilla de maíz se estima en 9.2 millones de toneladas al año, con un valor aproximado de 1,700 millones de dólares. Del total, únicamente 45% se produce por harina de maíz por lo que el potencial de crecimiento de esta industria muestra una gran perspectiva (Tabla 3.5).

El desarrollo de la industria harinera de maíz se ha dado aceleradamente en los últimos 10 años, donde ha crecido a razón del 10% anual con un crecimiento del 20% en 1995.

El avance de la harinización sobre la masa de nixtamal se explica por las grandes ventajas que ofrece la harina para elaborar tortillas.

Entre estas ventajas se encuentra el obtener 20% más de tortilla con la misma cantidad de grano, así como las mayores economías e higiene para el productor y el consumidor.

Tabla 3-5. Negocios relacionados con la tortilla caliente (Grupo Gruma, 1998)

Estado de la República Mexicana	Número de tortillerías
Guanajuato	1900
Distrito Federal	1855
Edo. de México	762
Veracruz	704
Guerrero	688
Michoacán	520
Nuevo León	507
Puebla	497
Tamaulipas	470
Chihuahua	449

3.9 ACERCA DEL SUBSIDIO A LA TORTILLA

La Compañía Nacional de Subsistencias Populares (CONASUPO) ha dejado de ser el primer comprador de maíz y frijol en el país y dará paso a una mayor participación de empresas privadas en la comercialización de los dos granos básicos; además regulará y privatizará las Bodegas Rurales Conasupo (Boruconsa) y los Almacenes Nacionales de Depósito (ANDSA). Según la Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural se promoverá el desarrollo de agencias privadas que den servicios de financiamiento, comercialización y distribución de productos básicos como el maíz y frijol; atraer la inversión extranjera, así como métodos para explotar el potencial exportador, crear un sector competitivo a nivel internacional y llevar a cabo la descentralización de la acción

gubernamental. Es decir, se busca la mayor participación del sector privado en la sustitución de CONASUPO como *principal comprador* de maíz y frijol, la privatización de las bodegas y almacenes públicos y la puesta en práctica de instrumentos para el "manejo de riesgos".

Hasta hace unos meses el precio del maíz era de garantía, es decir estaba sujeto a subsidio por parte del gobierno federal y su monto lo establecía la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial a través de la *Comisión Nacional de Precios*.

Los sistemas de asignación de subsidios se fijaban con el fin de beneficiar al consumidor por estratos de la población y áreas prioritarias, bajo criterios de transparencia. En éste sentido, la instrumentación del subsidio se orientaba a imprimir mayor racionalidad en el manejo de los recursos públicos.

La política de subsidio al maíz vía dotaciones, se diagnosticó inoperante, entre otras razones porque obligaba al gobierno federal a asumir en forma creciente y desproporcionada la responsabilidad del acopio, *almacenamiento* y abasto del maíz; se daba atención a familias de todos los niveles socioeconómicos; alentaba la ineficiencia y desvío de un producto esencial para la alimentación humana hacia usos no prioritarios, principalmente forrajes.

La política de subsidio establecida para la tortilla, implicó la venta de harina a molineros, en un monto menor a su precio de costo de producción. Para compensar a su vez el desajuste y merma en la utilidad de la industria de la harina de maíz, se proporcionó un subsidio en dos formas: A MASECA por medio de efectivo y MICONSA a través de materia prima.

A partir de 1995, el subsidio a la cadena maíz-harina-tortilla se había ido incrementando en más del 50%, del cual casi una tercera parte de este apoyo no llegó a los sectores que lo necesitaban ya que fue "desviado".

El presidente de Minsa, Juan Gallardo en algún momento argumentó que la política de subsidios era insostenible ya que es "costosa, inequitativa, incentiva desvíos, fomenta la competencia desleal y no se respeten los precios". En su opinión, la política de subsidios debería reestructurarse y enfocarse a programas de apoyo directo para las clases de menores ingresos o para respaldar la modernización de molinos y tortillerías.

El costo real de la tortilla al eliminarse los subsidios generalizados sería de 2.7 pesos por kilogramo; sin embargo, el precio real oscila entre los 3.50 y 4.0 pesos, como resultado de la liberación del precio de la tortilla.

Por otra parte los desviadores del maíz y harina habían establecido una operación muy rentable operando de la siguiente forma:

El desviador o "coyote" compraba el maíz a los molinos a 900 pesos la tonelada y concentraba bultos en su bodega, cambiaba de costales y transportaba a granel a los estados aledaños como Aguascalientes, Jalisco, Michoacán y Querétaro.

Este "coyote" vendía maíz a molinos del interior de la República a mil 250 pesos la tonelada, y obtenía una utilidad de 280 pesos por cada una, lo que representaba 30% de ganancia sobre el precio de adquisición y a los productores de alimento balanceado les vendía a mil 350 pesos la tonelada, con lo que ganaba 370 por cada una y cobraba en efectivo el mismo día.

En esta transacción no se debe perder de vista que el molino pagaba a Conasupo por su maíz 350 pesos la tonelada, ya que esta referencia permite medir la justa dimensión de lo que ganaban los desviadores.

En la comercialización de la harina el caso era muy similar, porque los coyotes la compraban acreditándose con cédulas falsas de tortillerías de la zona metropolitana de la Ciudad de México, por lo que pagaban 795 pesos la tonelada.

Concentraban la harina en bodegas y luego la vendían a tortillerías del interior a 970 pesos la tonelada, obteniendo una utilidad de 105 pesos por tonelada.

Además, vendían la harina de maíz a productores de alimento balanceado en mil 415 pesos la tonelada, con lo cual la ganancia ascendía a 540 pesos por tonelada, que significaba más del doble del precio en que la compran y cobraban en efectivo y al mismo día, por lo que obtenían ganancias millonarias aprovechando un subsidio desviado.

Por ello al eliminar los subsidios a esta cadena productiva, ha servido para tirarles el negocio a los desviadores y empresarios que adquirían muy barato el producto y le sacaban una elevada rentabilidad (La Jornada, 1998).

3.10 DATOS ESTADÍSTICOS DEL MAÍZ

La Tabla 3-6 presenta los datos de producción de maíz de esta década y las Tablas 3-7 y 3-8 dan cifras sobre importaciones y exportaciones de maíz. La Tabla 3-9 ofrece información sobre el consumo aparente de los principales productos agropecuarios, entre ellos el maíz y las Tablas 3-10 y 3-11 dan los consumos *per cápita* de tortillas de masa nixtamalizada de maíz y de harina de maíz nixtamalizado. La Tabla 3-12 presenta la oferta de harina de maíz y la Tabla 3-13 da los datos de compra y venta de maíz a través de la empresa CONASUPO. Todas estas cifras son para el año de 1998 ya que las de este año no están disponibles todavía.

De esta información puede decirse que el consumo aparente de maíz para 1998 fue de 600 g de tortillas al día por persona. Aunque no se tiene la cantidad de maíz que se está importando anualmente, por el valor de la importación puede inferirse que se sigue incrementando la importación al aumentar la demanda, ya que la producción se ha mantenido relativamente estática mientras la población sigue aumentando. Se ve una clara *tendencia hacia la harinización, lo que favorecería que los molinos de nixtamal se reconvirtieran a miniplantas de harina extrudida termoalcalinamente, ya que con esta tecnología no hay generación de aguas residuales y el consumo de energía es menor.*

Tabla 3-6 Producción de maíz (Anuario Estadístico de la Producción Agrícola de los Estados Unidos Mexicanos, 1998)

MAÍZ				
A Ñ O	SUPERFICIE COSECHADA (ha)	PRODUCCIÓN TOTAL NACIONAL (T)	RENDIMIENTO (T/ha)	VALOR (PESOS)
1990	7 338 872	14 635 439	1.99	8 919 830 763
1991	6 946 831	14 251 500	2.052	10 080 202 464
1992	7 219 352	16 929 342	2.345	12 887 056 865
1993	7 428 225	18 125 263	2.44	13 915 262 432
1994	8 193 968	18 235 826	2.22	11 956 687 889
1995	8 034 295	18 352 856	2 283	20 033 390 740
1996	7 891 186	18 025 952	2.24	19 676 552 790
1997	7 917 213	18 085 405	2.25	19 741 449 780
1998	7 159 297/a	16 354 087/a	2.03/a	17 851 598 410

Nota: a/ preliminar

Tabla 3-7 Importación de grano de maíz (Estadísticas del Comercio Exterior de México, 1998)

IMPORTACIÓN TOTAL (FOB) MAÍZ		TOTAL
Año	Cantidad (kg)	Dólares
	1990	4 102 843
1991	1 421 705	178 529
1992	1 313 661	184 409
1993	47 924	6 217
1994	a/	369 183
1995	a/	373 041
1996	a/	
1997	a/	234 211
1998	a/	399 754

Notas:

a/ No se presentan los totales a los datos por agrupar unidades heterogéneas

A partir de 1994 la fuente publica sólo el valor de los productos

Tabla 3-8 Exportación de grano de maíz (Estadísticas del Comercio Exterior de México, 1998)

EXPORTACIÓN TOTAL (FOB) MAÍZ		TOTAL
Año	Cantidad (kg)	Dólares
	1990	753
1991	16 185	2 829
1992	18 506	2 808
1993	47 924	6 217
1994	a/	4 569
1995	a/	12 969
1996	a/	
1997	a/	6 357
1998	a/	33 887

Notas:

a/ No se presentan los totales a los datos por agrupar unidades heterogéneas

A partir de 1994 la fuente publica sólo el valor de los productos

Tabla 3-9. Consumo aparente de los principales productos agropecuarios (Anuario Estadístico de la Producción Agrícola de los Estados Unidos Mexicanos, 1998)

CONSUMO APARENTE DE LOS PRINCIPALES PRODUCTOS AGROPECUARIOS							
1990-96							
(MILES DE TONELADAS)							
PRODUCTOS AGROPECUARIOS	1990	1991	1992	1993	1994	1995 P/	1996 P/
Agrícolas							
Cultivos básicos							
Arroz limpio	411	310	573	328	410	310	586
Frijol	1,617	1,410	696	1,242	1,325	1,240	1,470
Maíz	18,737	15,659	18,224	18,126	20,914	20,934	23,801
Trigo	4,267	4,602	4,697	5,324	4,178	3,060	5,253
Ajonjolí	33	ND	ND	4	ND	19	42
Cártamo	159	88	41	64	64	113	182
Soya	1,417	2,213	2,669	2,672	2,970	2,419	3,086
Cultivos perennes							
Aguacate	669	763	706	677	767	736	759
Limón mexicano	612	634	674	608	674	780	751
Manzana	461	545	694	660	642	795	516
Naranja	2,220	2,339	2,538	2,913	3,192	3,566	3,985
Plátano	1,833	1,636	1,840	1,912	2,100	1,863	2,047
Pecuarios							
Carne en canal							
Bovinos	1,013	1,217	1,302	1,214	1,482	1,451	1,402
Porcinos	787	860	875	868	916	936	917
Caprinos	36	39	43	42	62	38	36
Ovinos	35	40	45	49	30	45	43
Aves a/	802	904	1,022	1,169	1,127	1,284	1,363
Huevo	1,013	1,146	1,169	1,239	1,254	1,246	1,244

Notas:

P-Preliminar

ND-No disponible

a/ Se refiere a carne de pollo y guajolote

FUENTE: Para cultivos básicos del periodo 1991-92: Presidencia de la República

"Séptimo Informe de Gobierno, 1994. Anexo"

El resto de las cifras se calcularon con base en los datos obtenidos de:

Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural. Centro de estadística Agropecuaria

"Anuario Estadístico de la producción Agrícola de los Estados Unidos Mexicanos"

y "Anuario de la Producción Pecuaria" (varios años)

INEGI "Anuario estadístico del Comercio Exterior de los Estados Unidos Mexicanos"

(varios años)

Tabla 3-10 Consumo per cápita de maíz (exclusivamente tortillas). (Anuario Estadístico de la Producción Agrícola de los Estados Unidos Mexicanos, 1998)

CONSUMO PER CÁPITA DE MAÍZ			
AÑO	POBLACIÓN (MILES)	CONSUMO APARENTE TON (MILES)	CONSUMO APARENTE PER CÁPITA (kg/habitante)
1990	81,250	16 863.3 a/	207
1991	82,500	14 093.1 a/	170
1992	83,000	16 401.6 a/	197
1993	84,000	16 313.4 a/	194
1994	86,000	18 822.6 a/	218
1995	91,158	18 840.6 a/	206
1996	93,000	21 420.9 a/	230
1997	95,200 b/	22 920.3 c/	240
1998	97,500 b/	24 525 c/	251

Notas:

- a. Se tomaron los datos de la tabla 3-9 (consumo aparente), considerándose que el 90% del consumo es vía tortillas principalmente
 b. La población se calculó tomando como base la tasa de crecimiento poblacional promedio entre el período (1990-1996)
 c/ Estimado tomando como base el crecimiento promedio del período (90-96)

Tabla 3-11 Consumo per cápita de harina de maíz (exclusivamente tortillas). (Anuario Estadístico de la Producción Agrícola de los Estados Unidos Mexicanos, 1998)

CONSUMO PER CÁPITA DE HARINA DE MAÍZ			
AÑO	POBLACIÓN (MILES)	CONSUMO APARENTE TON (MILES)	CONSUMO APARENTE PER CÁPITA (kg/habitante)
1990	81,250	7588.485	93
1991	82,500	6341.895	76
1992	83,000	7380.72	88
1993	84,000	7341.03	87
1994	86,000	8470.17	98
1995	91,158	8478.27	93
1996	93,000	9639.405	103
1997	95,200	10314.135	108
1998	97,500	11036.25	113

Notas: Se tomaron como base los datos de la tabla 3-10 y considerando que sólo el 45% de la producción de tortilla es vía harina.

Tabla 3-12 Oferta de la harina de maíz (Anuario Estadístico del Sector Manufacturero, 1999)

AÑO	VOLUMEN (TONELADAS)	VALOR (MILES DE PESOS)
1994	1,568,550	190 416
1995	2,065,080	351 912
1996	2,031,010	431 622
1997	1,927,380	435 233
1998/a	1,932,480	417 857

Nota: /a Preliminar a mayo de 1998

Tabla 3-13 Compras, ventas de maíz a través de la entidad federativa (CONASUPO, 1998)

A Ñ O	COMPRAS, VENTAS DE MAÍZ A TRAVÉS DEL SISTEMA CONASUPO SEGÚN ENTIDAD FEDERATIVA TOTAL NACIONAL (1990-95)	
	COMPRAS VOLUMEN (Toneladas)	VENTAS VOLUMEN (Toneladas)
	1990	2 315 089
1991	3 318 873	3 309 576
1992	4 570 289	3 925 995
1993	8 115 474	7 752 743
1994	7 931 951	7 681 616
1995	3 513 509	3 777 706
1996 a/	2 879 461	2 850 822 b/
1997	2 822 086	2 281 446 c/
1998	1 932 693	1 847 215

Notas:

a/ A partir de este año, la fuente reporta únicamente las compras y ventas de maíz para el consumo humano

b. Incluye 66,785 toneladas entregadas a los programas especiales de apoyo y 89,133 toneladas de mermas

c/ Incluye 34,169 toneladas de otras salidas

CAPÍTULO IV

INGENIERÍA DEL PROCESO

4.1 BASES DE DISEÑO

Generalidades

4.1.1 Función de la planta

La planta tendrá como función principal presentarse como un paquete tecnológico para la elaboración de harina de maíz por el proceso de extrusión termoalcalina como una opción al proceso de nixtamalización.

4.1.2 Tipo de proceso

Es un proceso continuo de extrusión termoalcalina

4.1.3 Capacidad, rendimiento y flexibilidad

4.1.3.1 Factor de servicio

La planta operará 289 días al año destinando los restantes a descansos obligatorios del personal, así como limpieza y mantenimiento de la línea de producción incluyendo los equipos (Tabla 4-1):

$$F_s = 289/365 = 0.80$$

Tabla 4-1 Desglose de días laborales al año

Mes	Días laborales	Días de descanso o festivos	Días para mantenimiento	Días totales
Enero	26	5	0	31
Febrero	23	5	0	28
Marzo	27	4	0	31
Abril	26	4	0	30
Mayo	25	6	0	31
Junio	19	4	7	30
Julio	27	4	0	31
Agosto	27	4	0	31
Septiembre	25	5	0	30
Octubre	26	5	0	31
Noviembre	23	7	0	30
Diciembre	15	8	8	31
Total	289	61	15	365

4.1.3.2 Capacidad:

La capacidad normal de la planta será de 65 kg/h de harina nixtamalizada y 97.5 kg/h de masa fresca (hidratada al 50% de humedad), se trabajará 2 turnos de 8 horas seis días a la semana.

Harina:

Capacidad de operación: 300.560 Ton/año

Capacidad de diseño: 345.64 Ton/año

Masa:

Capacidad de operación: 450.84 Ton/año

Capacidad de diseño: 518.46 Ton/año

4.1.3.3 Rendimientos

Rendimiento anual: 94 %

Depende básicamente de la calidad del grano de maíz utilizado; es decir que tan limpio y quebrado se obtenga.

4.1.3.4 Flexibilidad de operación bajo condiciones anormales

Los motores de los equipos deberán ser diseñados para autoregular las variaciones de voltaje de alimentación.

4.1.3.5 Flexibilidad en cuanto a operación con diferentes cargas y/o modalidades operativas

Si disminuyera por alguna razón la cantidad de materia prima los equipos pueden trabajar bajo sus condiciones mínimas de diseño o a la inversa bajo condiciones de operación máximas para casos extremos de sobrecarga; sin embargo, para los extrusores y los molinos se debe tener cuidado de no atascar la alimentación.

4.1.4 Previsión para ampliaciones futuras

No aplica.

4.1.5 Especificaciones de las alimentaciones

Las especificaciones de las alimentaciones se presentan en la Tabla 4-2.

4.1.6 Especificaciones del producto

La Tabla 4-3 da las especificaciones del producto.

Tabla 4-2 Especificaciones de las alimentaciones

Alimentación	Gasto másico (kg/h)	Humedad (%)	Temperatura (°C)	Presión (mm Hg)
Grano de maíz a tolva dosificadora	300	13.5	13	557
Grano de maíz a cernidora	130	13.5	13	557
Grano de maíz primera molienda	123.5	13.5	13	557
Polvo de maíz al gusano	141.47	12.5	39	557
Solución de cal	18.69	100	13	557
Mezcla de polvo de maíz y solución de cal al 1 ^{er} Extrusor	70.47	27.5	36	557
Mezcla de polvo de maíz y solución de cal al 2 ^{do} Extrusor	70.47	27.5	36	557
Extrudidos húmedos al Molino (2da. Molienda)	67.38	22.5	90	557
Extrudidos molidos al secador	66.76	19.5	92	557
Harina de maíz a empaquetadora	65	11	13	557

Tabla 4-3 Especificaciones del producto

Producto	Gasto másico (kg/h)	Humedad (%)	Temperatura (°C)	Densidad lb/ft ³	Presión (mm Hg)
Masa fresca	97.5	50	80	-	557
Harina extrudida de maíz	65	11	13	28	557

4.1.7 Condiciones en límite de baterías de las alimentaciones y de los productos

La Tabla 4-4 presenta las condiciones de las alimentaciones y la Tabla 4-5 las de los productos.

4.1.8 Definición de los elementos de seguridad existentes que protegen a las líneas de alimentación y de los agentes químicos adicionados

La línea más crítica es la salida del extrusor porque los materiales están calientes (arriba de 100°C), en este punto el extrusor cuenta con un enchaquetamiento y unas protecciones para protegerse contra el material caliente que sale del extrusor. La Tabla 4.6 muestra el listado de las sustancias químicas usadas para limpieza y desinfección de equipos y para fumigar las áreas. La cal es una de las materias primas del proceso.

Tabla 4-4 Condiciones de las alimentaciones

Alimentación	Estado físico	Temperatura	Forma de recibirlo	Flujo de entrada (kg/h)
Grano de maíz	sólido	Ambiente	Por costales	140

Tabla 4-5 Condiciones de los productos

Producto	Estado físico	Temperatura	Forma de presentación	Flujo (kg/h)
Masa fresca	Sólido deformable	Ambiente	En bultos de 20 kg	97.5
Harina de maíz	Sólido	Ambiente	Bolsas de 20 kg	65

Tabla 4-6 Sustancias utilizadas

Sustancia química	Estado físico	Temperatura	Forma de recibirlo	Cantidad (kg)
Sosa común	Sólido	ambiente	Bolsas de polietileno	10
Fosforo de aluminio	Sólido	ambiente	frascos	-
Detergente	Sólido	ambiente	costales de polietileno	50 kg
Cal apagada Ca(OH) ₂	Sólido	ambiente	costales de papel	25

4.1.9 Efluentes líquidos

4.1.9.1 Manejo de efluentes líquidos dentro de L.B. (límite de baterías)

Es nula la producción de efluentes líquidos del proceso, porque una característica de este proceso es la de utilizar agua solamente en la cantidad estequiométrica necesaria. Hay efluentes líquidos pero son provenientes de los servicios sanitarios para los empleados.

4.1.9.2 Emisiones al aire

Las emisiones al aire son:

- Aire húmedo (como corriente de desecho del secador) no contaminante
- Polvos de tamizado al descargar la materia prima en la bodega y en el proceso de limpieza del maíz.

4.1.9.3 Manejo de efluentes sólidos

Son las mermas que se generan de una operación unitaria a otra en este caso las más significativas son las generadas en la limpieza del grano y pueden variar según la calidad del maíz

4.1.10 Normas o códigos

NORMA PARA LA HARINA NIXTAMALIZADA (NOM-F-46-S-SECOFI-1980)
ASME (AMERICAN SOCIETY MECHANICAL ENGINEERS)
ASTM (AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS)
AIEE (AMERICAN INSTITUTE OF ELECTRICAL ENGINEERS)

4.1.11 Instalaciones de almacenamiento

Bodega de almacenamiento con capacidad para resguardar lo señalado en la Tabla 4-7.

Tabla 4-7 Características del área de almacenamiento de la materia prima y los agentes químicos

Materia prima y agentes químicos	Capacidad (ton)	Temperatura (°C)	Humedad relativa (%)
Maíz	20	ambiente	63
Cal apagada Ca(OH)_2	0.5	ambiente	63
Detergente	0.5	ambiente	-
Sosa común Na OH	0.5	ambiente	63
Producto	7	ambiente	63

4.1.12 Condiciones climatológicas

4.1.12.1 Temperatura

Promedio máxima: 18.3°C	Bulbo húmedo: 8.5°C
Promedio mínima: 6.9°C	Bulbo seco: 12.6°C

4.1.12.2 Estadística pluvial

Máxima por día: 96.4 mm
Máxima por hora: 40.0 mm

4.1.12.3 Viento

Vientos dominantes
velocidad máxima: 120 km/h

4.1.12.4 Humedad

Humedad relativa: 63%

4.1.12.5 Atmósfera

Corrosiva: Sí No

4.1.13 Servicios auxiliares

4.1.13.1 Agua potable

Fuente de suministro: Municipal
Presión en L.B.: 2 kgf/cm²
Temperatura en L.B.: ambiente
Disponibilidad: La requerida

4.1.13.2 Agua de proceso

Fuente de suministro: Municipal
Presión en L.B.: 2 kgf/cm²
Temperatura en L.B.: Ambiente
Disponibilidad: la requerida

4.1.13.3 Agua para servicios y uso sanitario

Fuente de suministro: Municipal
Presión en L.B.: 2 kgf/cm²
Temperatura en L.B.: ambiente
Disponibilidad: la requerida

4.1.14 Localización de la planta

- Se eligió este lugar por la cercanía de la materia prima (el Estado de México es uno de los mayores productores de maíz)
- Cercanía del mercado de distribución (la propia población aledaña al molino)

Lámparas fluorescentes.

4.1.15.5.2 La alimentación a la energía de emergencia será :

Mediante un generador de emergencia accionado por motor diesel.

4.1.16 Drenajes

Drenaje sanitario
Drenaje pluvial

4.1.17 Bases de diseño civil

4.1.17.1 Solicitaciones por viento y sismo

Estructura para soportar dos niveles

4.1.17.2 Nivel de piso terminado

+0.20 m

4.1.18 Generalidades del equipo

TANQUE DOSIFICADOR DE SOSA FA-101

Capacidad : 0.750 l
Motor del agitador : 1/4 HP
Material : polipropileno
Marca : CEMIX
Condiciones de operación: P Y T ambiente

TANQUE DE AGUA PARA REHIDRATACIÓN FA-102

Capacidad : 0.750 l
Material : polipropileno
Marca : CEMIX
Condiciones de operación: P Y T ambiente

TRANSPORTADOR DE GUSANO TG-101

Capacidad: 150 kg/h
Longitud: 1 m
Diámetro: 0.5 m
Potencia: 3 HP
Material que maneja: harina de maíz
Material de construcción (internos): acero inoxidable 304

TRANSPORTADOR DE BANDA TB-101

Capacidad: 150 kg/h
Longitud: 1.5 m
Ancho: 0.5m
Potencia motor: 1 HP
Material que maneja: grano de maíz limpio de tamo
Condiciones de operación: P y T ambiente
Materiales de construcción: lámina galvanizada

TRANSPORTADOR DE BANDA TB-102

Capacidad: 100 kg/h
Longitud: 1.5 m
Ancho: 0.5m
Potencia motor: 1 HP
Material que maneja: harina de maíz del extrusor
Materiales de construcción: acero inoxidable 304
Condiciones de operación: P y T ambiente

TRANSPORTADOR DE BANDA TB-103

Capacidad: 100 kg/h
Longitud: 1.5 m
Ancho: 0.5m
Potencia motor: 1 HP
Material que maneja: harina de maíz de segunda molienda
Materiales de construcción: acero inoxidable 304
Condiciones de operación: P y T ambiente

MOLINO TIPO DISCOS MD-101

Capacidad: 100-200 kg/h
Potencia motor: 15 HP
Marca: Los Angeles
Material de construcción (internos): acero inoxidable
Condiciones de operación: P y T ambiente

MOLINO TIPO PIEDRA VOLCÁNICA MD-102

Capacidad: 100 kg/h
Potencia motor: 10 HP
Marca: Los Angeles
Característica: cuenta con canales o cortes de sierra en los discos
Material que maneja: granos de maíz
Material de construcción (internos): acero inoxidable

Condiciones de operación: P y T ambiente

EXTRUSOR TIPO CIATECH EX -101

Capacidad: 70 kg/h
Relación L/D : 7
Longitud aprox : 2 m
Potencia motor : 25 HP
RPM husillo aproximado: 450 rpm
Zona calefacción : la zona de extrusión.
Material que maneja: harina de maíz
Material de construcción (internos): Acero inoxidable

EXTRUSOR TIPO CIATECH EX -102

Capacidad: 70 kg/h
Relación L/D : 7
Longitud aprox : 2 m
Potencia motor : 25 HP
RPM husillo aproximado: 450 rpm
Zona calefacción : la zona de extrusión
Material que maneja: harina de maíz
Material de construcción (internos): Acero inoxidable

AMASADORA REHIDRATADORA AM-101

Capacidad: 100 kg
Tiempo de residencia: 15 min
Motor electrico: 3 HP

CERNIDORA CE-101

Capacidad : 100 kg/h
Dimensiones : 0.9 m x 0.9 m
Potencia del motor: 2 HP
Material de construcción : acero al carbón
Condiciones de operación : T y P ambiente

TOLVA DOSIFICADORA DE SÓLIDOS TV-101

Capacidad : 680 kg
Dimensiones : 0.9 x 1.5 m
Potencia de motor : 1/4HP
Material manejado : granos de maíz
Condiciones de operación : T y P ambiente
Manufacturada en taller

SECADOR DE HARINA FF-101

Capacidad : 100 kg/h

Manufacturado en taller

Potencia: 30 HP

Tipo: Transportador de banda con aire caliente a contracorriente

ENSACADORA DE HARINA EZ-101

Capacidad : Bolsas de 20 y 50 kg

Tipo: manual

4.1.19 Seguridad

Equipo	Ubicación
Extintores de polvo químico tipo ABC de 20 lb.	Uno en el área de almacén
	Uno en el área de producción
	Uno en el área de producto terminado

Extintores de	1 en el área de almacén
Polvo químico tipo	1 en el área de producción
ABC de 20 lb	1 en el área de producto terminado

4.2 BALANCE DE MATERIA EN UN EXTRUSOR DE BAJO COSTO

4.3.1 Balance de materia en el extrusor CIATECH para harinas de maíz extrudidas alcalinamente:

Con base en las experiencias experimentales se realizaron balances de materia con lotes de muestras de diferentes cantidades (10 kg/5 min, 5 kg/3 min, etc), para comprobar si la cantidad total extrudida afectaba la extrusión, las pérdidas de materiales como mermas, etc.

El balance de materia se siguió desde la limpieza, la molienda y el cribado del grano crudo, hasta la humidificación de las harinas. Se determinó la humedad por medio de una termobalanza de humedad, tanto en la muestra cruda como extrudida para determinar la cantidad de agua evaporada y se midió con un calorímetro el calor latente de vaporización de los extrudidos a las condiciones físicas de la extrusión.

4.3 BALANCE DE MATERIA DEL PROCESO DE EXTRUSIÓN TERMOALCALINA

Variable	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Sólidos totales (kg/h)	261.22	112.44	7.5	106.8	106.82	106.8	0.17	106.97	106.97	53.48	53.49	53.49	53.49	53.49	53.22
Agua (kg/h)	40.5	17.54	-	16.66	16.66	15.98	18.52	34.5	34.5	17.25	13.89	13.27	11.78	11.78	11.78
Flujo total (kg/h)	300	130	7.5	123.5	123.5	122.8	18.69	141.47	141.47	70.73	67.38	66.76	65.27	65.27	65
Temperatura (°C)	13	13	13	13	13	39	13	38	37	36	115	90	92	13	13
Presión ⁽¹⁾ (atm)	0.73	0.73	0.73	0.73	0.73	0.73	0.73	0.73	0.73	0.73	0.73	0.73	0.73	0.73	0.73
Densidad (kg/m ³)	680 ⁽²⁾	680 ⁽²⁾	-	646 ⁽³⁾	646 ⁽³⁾	634 ⁽³⁾	1200	644 ⁽³⁾	644 ⁽³⁾	580 ⁽³⁾	580 ⁽³⁾	570 ⁽³⁾	449 ⁽³⁾	449 ⁽³⁾	449 ⁽³⁾

Variable	16	17	18	19
Sólidos totales (kg/h)	53.48	53.48		53.48
Agua (kg/h)	17.25	13.89	35.12	44
Flujo total (kg/h)	70.73	67.38	35.12	97.5
Temperatura (°C)	37	115	13	97.5
Presión ⁽¹⁾ (atm)	0.73	0.73	0.73	0.73
Densidad (kg/m ³)	580 ⁽²⁾	580 ⁽²⁾	1000	

NOTAS :

1. PRESIÓN ATMOSFÉRICA DEL-SITIO DONDE SE UBICARÁ LA PLANTA
2. REPORTADA EN LA LITERATURA Y SU VALOR VARÍA EN EL RANGO DE 640 Y 750 kg/m³
3. DENSIDADES ESTIMADAS TOMADAS COMO BASE LAS HUMEDADES

CAPÍTULO V

ANÁLISIS ECONÓMICO

Para analizar la viabilidad económica del proyecto se efectuó una estimación del costo total del proyecto y de la inversión total.

El primer concepto incluye costos de manufactura y gastos generales, mientras que la inversión total incluye la inversión en capital de trabajo y la inversión fija.

5.1 INVERSIÓN EN CAPITAL FIJO

La inversión fija es el capital necesario para instalar el equipo de proceso con todos los auxiliares para la operación de una planta. Algunos ejemplos típicos de los costos que se incluyen bajo este concepto: tubería, instrumentación, aislamiento, cimentación, preparación de terreno, etc. Asimismo, contempla algunos costos que no están relacionados directamente con el proceso de operación, tales como edificios, oficinas administrativas, almacenes, transportes, etc.

El cálculo de la inversión fija se determinó mediante el método de los factores de compra que consiste en asignar a cada elemento un factor predeterminado, el cual se multiplica por el costo total del equipo. El valor de estos factores serán los considerados por el método de Chilton, el cual permite ver la variación de las partes importantes del costo de la planta, de acuerdo con el criterio del estimador y con su conocimiento de la situación en particular (Ulrich, 1986).

El horizonte de planeación es de 10 años, ya que por lo general el período de recuperación de la inversión para plantas del sector alimentario es entre 3 y 7 años, además la depreciación del equipo se supone lineal a un tiempo de 10 años para el equipo y de 20 años para los edificios o estructuras.

La estimación de costos se realizó a pesos constantes de diciembre de 1998, eliminando así las tendencias inflacionarias incidentes en el proyecto.

La inversión fija de la planta se calculó por la suma de los factores que a continuación se enlistan y el criterio de que la planta que nos interesa es para procesar sólidos y en general el proceso es sencillo.

La planta empezará a producir durante el primer año de operación. Se consideran seis meses para tramitar y hacer efectivo el préstamo bancario el segundo semestre del año cero será para la selección del terreno, construcción del edificio, compra prueba e instalación de los equipos.

La planta trabajará al 100% de su capacidad desde el primer año, porque las características del proceso así lo permiten.

COSTO FÍSICO DE LA PLANTA (CFP)

- a1 costo de equipo principal
- a2 costo de equipo auxiliar
- a3 costo de instalación
- a4 costo de tubería
- a5 costo de instrumentación
- a6 costo de instalaciones eléctricas
- a7 costo de aislamiento
- a8 costo de edificios y estructuras
- a9 costo de terreno
- a10 costo de servicios auxiliares

A) COSTOS DIRECTOS DE LA PLANTA (CDP)

Todas las variables de a1 hasta a10 representan el costo físico de la planta.

B) COSTOS INDIRECTOS DE LA PLANTA (CIP)

- b1 costos de ingeniería de detalle y construcción
- b2 costos de vehículos

C) COSTO TOTAL DE LA PLANTA (CTP)

- c1 costo directo de la planta (CDP)
- c2 costo indirecto de la planta (CIP)

D) COSTOS DE PREOPERACIÓN Y ARRANQUE

E) CONTINGENCIAS

INVERSIÓN EN CAPITAL FIJO (ICF) = CTP + D + E

A) COSTOS DIRECTOS DE LA PLANTA (CDP)

a1 Costo de equipo principal

La Tabla 5-1 presenta el costo del equipo principal.

Tabla 5-1 Costo del equipo principal

No. de unidades	CLAVE	EQUIPO	Precio Moneda Nacional
1	TV-101	TOLVA DOSIFICADORA DE SOLIDOS	11,000
1	GE-102	GENERADOR DE EMERGENCIA	50,000
1	CE-101	CERNIDORA	6,000
1	TB-101	SEGUNDO TRANSPORTADOR DE BANDA	13,000
1	MD-101	MOLINO DE DISCOS	7,500
1	FA-101	TANQUE DOSIFICADOR DE SOSA	1,000
1	FA-102	TANQUE DE AGUA PARA REHIDRATACION	1,000
1	TG-101	TRANSPORTADOR DE GUSANO	20,000
2	EX101/102	EXTRUSOR TIPO CIATECH	70,000
1	EP-101	CAMPANA EXTRACTORA DE POLVOS	4,000
1	AM-101	AMASADOR DE MASA	16,000
1	TB-102	TERCER TRANSPORTADOR DE BANDAS	13,000
1	MD-102	MOLINO DE PIDRA VOLCANICA	6,500
1	FF-101	SECADOR DE HARINA	40,000
1	EZ-101	ENSACADORA DE HARINA	12,000
COSTO DEL EQUIPO = \$			271,000

a2 Costo de equipo complementario y auxiliar

El equipo complementario o auxiliar para esta planta es mínimo por lo que sólo se destinará el 5 % del costo del equipo.

$$\$ 271,000 \times 0.05 = \$ 13,550$$

a3 Costo de instalación

También es muy poco el costo de instalación que necesita nuestro proceso, tal vez el costo más importante de instalación sería el del secador por lo que se considera solo el 10% del costo del equipo.

$$\$ 271,000 \times 0.10 = \$ 27,100$$

a4 Costo de tuberías agua potable y servicios sanitarios

Solo se considerara la tubería para instalación sanitaria y de servicios 6% del costo del equipo

$$\$ 271,000 \times 0.06 = \$ 16,260$$

a5 Costos de instrumentación

Tal vez el costo más significativo bajo este rublo es el control de la temperatura de las

resistencias que envuelven al extrusor, considerándose solo el 5% del costo de éste.

$$\$ 35000 \times 0.05 = 1750 \times 2 \text{ unidades} = \$ 3,500$$

a6 Costo de instalaciones eléctricas e iluminación

Consideraremos el 12% del costo del equipo principal

$$\$ 271,000 \times 0.12 = \$ 32,520$$

a7 Costo de aislamiento

No se considera, por que el único aislamiento que se requiere esta implícito en el costo del equipo.

A8 Costo de edificios y estructuras

Incluye el lugar donde se lleva acabo el proceso, bodegas para materia prima y producto terminado; considerando que nuestra planta es pequeña se considera sólo el 50% del costo del equipo. Bajo el criterio de que para las plantas que manejan sólidos se considera del 15 al 70% .

$$\$ 271,000 \times 0.50 = \$ 135,500$$

a9 Costo del terreno

Considerando un terreno en Toluca, Edo. de México, de una superficie igual a 150 m², con un costo aproximado de \$500 el metro cuadrado en zona urbanizada se tiene:

$$150 \text{ m}^2 \times 1000 \text{ \$/m}^2 = \$150,000$$

El monto total del costo físico de la planta es:

• a1 Costo de equipo principal	\$ 271,000
• a2 Costo de equipo auxiliar	\$ 13,550
• a3 Costo de instalación	\$ 27,100
• a4 Costo de tubería	\$ 16,260
• a5 Costo de instrumentación	\$ 3,500
• a6 Costo de instalaciones eléctricas	\$ 32,520
• a7 Costo de aislamiento	\$ 000000
• a8 Costo de edificios y estructuras	\$ 135,500
• a9 Costo de terreno	\$ 150 000

$$\text{COSTO FÍSICO DE LA PLANTA (CFP)} = \text{\$ 649,430}$$

a10 Costo de servicios auxiliares

Los costos de los servicios auxiliares no aplican dado a que los equipos funcionan solo con electricidad y no requieren vapor ni gas ni aire a presión.

El monto total de los costos directos de planta es de:

a(1-9) Costo físico de la planta	\$ 649,430
a10 Costo de los servicios auxiliares	<u>\$ 000 000</u>
COSTO DIRECTO DE PLANTA (CDP)	\$ 649,430

B) Costos indirectos de planta (CIP)

b1 Costos de ingeniería de detalle y construcción

Como la planta es sencilla necesita poca ingeniería de detalle se destinara solo el 2% del costo directo de planta.

$$\$ 649,430 \times 0.02 = \$ 12,988$$

b2 Costo de vehículos

Se necesitarán dos vehículos:

- Una camioneta chicas modelo austero "Estaquitas-Nissan" con capacidad de 1.5 ton, su precio es de \$ 98,000
- Un vehículo Volkswagen modelo Sedán 1999 arreglado con cabina de carga con capacidad para 700kg de carga ("vochoneta") su precio es de 65000.00

Costo total de vehículos: \$ 163,000

El monto total de los costos indirectos de planta son:

b1 Costos de ingeniería y construcción	\$ 12,988
b2 Costos de vehículos	<u>\$ 163,000</u>

COSTO INDIRECTO DE PLANTA (CIP) = \$ 175,988

C) Costo total de la planta (CTP)

C1 Costo directo de planta	\$649,430
C2 Costo indirecto de planta	<u>\$175,988</u>

COSTO TOTAL DE LA PLANTA (CTP)= \$ 825,418

D) Costos de preoperación y arranque (CPA)

Se considerara el 2 % del costo fisico de la planta

$$649,430 \times 0.02 = \$ 12,988$$

E) Contingencias (CON)

Se consideran como imprevistos, factores de los costos directos no anticipados o no tomados en cuenta. Se tomaría como el 1% de los costos directos de la planta.

$$\$ 649,430 \times 0.01 = \$ 6,494$$

Por lo tanto la inversión en capital fijo es:

a)	Costos directos	\$ 649,430
b)	Costos indirectos	\$ 175,988
c)	Costos de preparación y arranque	\$ 12,988
d)	Contingencias	<u>\$ 6,494</u>

INVERSION EN CAPITAL FIJO (ICF) = \$ 844,900

5.2 CAPITAL DE TRABAJO (CT)

El capital de trabajo se define como la inversión en materiales, temporales o consumibles, representando de esta manera los fondos necesarios para mantener en operación una planta, forma parte de la inversión total. Al capital de trabajo lo conforman los siguientes conceptos :

- A) inventario de materia prima
- B) inventario de producto en proceso
- C) inventario de producto terminado
- D) cuentas por cobrar
- E) efectivo en caja
- F) cuentas por pagar

El capital de trabajo se calculará mediante la operación :

$$\text{CAPITAL DE TRABAJO (CT)} = A+B+C+D+E-F$$

A) Inventario de materia prima

La producción normal será de 65 kg/hr de harina y 97.5 kg de masa fresca, trabajando 16 horas al día, teniéndose una producción diaria de 1040 kg de harina de maíz y 1560 kg de masa. Por los coeficientes de transformación maíz-masa, maíz-harina y las mermas en realidad se utiliza un poco mas de maíz. El precio del kilo de maíz es de 1.4 \$/kg por lo que el costo de materia prima por día será :

$(1040+1560) * 0.03 = 78$ kg de maíz extra por mermas, total 2,678 kg

$$2,678 \text{ kg/día} \times 1.4 \text{ \$/kg} = 3,749 \text{ \$/día}$$

El inventario de materia prima será para 15 días, por lo que el costo de materia prima en inventario será de :

$$3,749 \text{ \$/día} \times 15 \text{ días} = \$ 56,235$$

B) inventario de producto en proceso

El tiempo de residencia del maíz en el proceso es mínimo, por lo que se considerará medio día de materia prima.

$$3,749 \text{ \$/día} \times 0.5 \text{ día} = \$ 1,874$$

C) Inventario de producto terminado

La producción normal diaria es de 1040 kg/día de harina a un precio de mercado de 4.5 \\$/kg, por lo que el costo de producto terminado por día será de:

$$5.0 \text{ \$/kg} \times 1040 \text{ kg/día} = 5200 \text{ \$/día de harina}$$

El precio de la masa es de:

$$2.5 \text{ \$/kg} \times 1,560 \text{ kg/día} = 3,900 \text{ \$/día de masa de maíz}$$

$$\text{total: } 3,900 + 5,200 = \$ 9,100$$

Se estimará el costo de inventario de producto terminado solo para la harina por una semana como mínimo.

$$5,200 \text{ \$/día} \times 7 \text{ días} = \$ 36,400$$

D) Cuentas por cobrar

se consideraran 15 días de producto terminado

$$5,200 \text{ \$/día} \times 15 \text{ días} = \$ 78,000$$

E) Efectivo en caja

Será igual a 8 días del costo de materia prima

$$3,749 \text{ \$/día} \times 8 \text{ días} = \$ 29,992$$

F) Cuentas por pagar

Se considerarán 8 días del costo de materia prima

$$3749 \text{ \$/día} \times 8 \text{ días} = \$ 29,992$$

EL CAPITAL DE TRABAJO ES :

	\$
A inventario de materias primas	56,235
B inventario de producto en proceso	1, 874
C inventario de producto terminado	36, 400
D cuentas por cobrar	78 ,000
E efectivo en caja	29,992
Cuentas por pagar	(-) <u>29,992</u>
CAPITAL DE TRABAJO (CT) = \$ 172,509	

5.3 COSTO TOTAL DEL PRODUCTO (CTPR)

Son aquellos costos y gastos en que incurren las empresas al comprar o utilizar los recursos necesarios para la producción , se dividen en costos de manufactura y gastos generales. Los costos de manufactura son aquellos que están involucrados directamente con la operación o equipo en una planta de proceso. Los gastos generales constan de los gastos administrativos, gastos de venta, gastos de investigación , desarrollo y contingencias. En general, la clasificación de los costos de producción es la siguiente:

1)COSTOS DE MANUFACTURA

- A) Costos directos de operación
- B) Costos indirectos de planta
- C) Costos fijos

2)GASTOS GENERALES

- D) Gastos administrativos
- E) Gastos de ventas
- F) Gastos de inves y desarrollo
- G) Contingencias

Para el cálculo de los costos de manufactura y gastos generales es necesario hacer previamente un estudio administrativo, con la finalidad de proponer un esquema general de la estructura organizativa de la empresa. Sin embargo, por las características del proceso analizado y la capacidad de la planta este tipo de gastos son mínimos

5.4 COSTO DE MANUFACTURA

A)Costos directos de operación

al Materia prima

La materia prima principal es el grano de maíz ya que el agua y la cal se proporcionan en cantidades estequiométricas por lo que el costo de la materia prima básicamente está

representado por el costo del maíz.

Tomando en cuenta que se trabajará 289 días al año, con una producción de harina de 300.56 ton/año, 450.84 ton/año de masa para tortillas y considerando un factor de rendimiento maíz-harina igual a 0.94 y de maíz-masa igual 1.06 por lo que se procesan diariamente 1103 kg de maíz para producir harina y 1040 para masa más un 3% adicional por concepto de mermas. El precio estimado de la tonelada de maíz es de \$ 1400 (comprada a través del sistema Conasupo) por lo tanto el costo anual de materia prima es :

$$(1103+1040) \times 0.03 = 64.29, \text{ total, } 2207$$

$$\$2207 \text{ kg/día} \times 289 \text{ días/año} = 637,823 \text{ kg/año}$$

$$637,823 \text{ kg/año} \times 1.4 \text{ \$ kg} =$$

$$\underline{892,952 \text{ \$ /año}}$$

a2 Costo de mano de obra directa

Para la operación de la planta se requiere el mínimo de personal considerando que es pequeña y que el proceso es eficiente y fácil de operar (Tabla 5-2).

Tabla 5-2 Costo de mano de obra directa

CONCEPTO	NÚMERO DE PERSONAS POR TURNO	SUELDO MENSUAL \$	
		INDIVIDUAL	TOTAL
OPERADORES	3	3500	10,500
CHOFER	1	3000	3,000
PERSONAL DE LIMPIEZA	1	2000	2,000
TOTAL	5	5500	15,500

Tomando en cuenta 10 % por concepto de prestaciones

\$ 1,550

Total mensual

\$ 17,050

Total anual

\$ 204,600

Por lo tanto el costo de mano de obra directa anual por turno

\$ 204,600

Como se proponen 2 turnos el costo anterior se duplica

\$ 409,200

a3 Costo de mantenimiento

Incluye el mantenimiento preventivo y correctivo de la planta, dependiendo del tamaño y características, este costo tiene un rango del 3-10% de la inversión fija. En este caso solo se considerará el 3% de la inversión en capital fijo:

$$844,900 \times 0.03 = 25,347 \text{ \$ /año}$$

a4 Costo de materiales para mantenimiento

Estos costos comprenden abrasivos especiales para las partes internas de algunos equipos y lubricantes entre otros, se considerará el 30 % del costo de mantenimiento.

$$\text{\$ } 25,347 \times 0.3 = \text{\$ } 7,604$$

a5 Costo de servicios

El costo de agua de uso general y de proceso se estima un consumo igual a 40 m³ bimestrales con un costo de \\$ 211.25¹

¹ (según las nuevas tarifas aplicables por derechos de suministro de agua a partir del 1° de enero de 1998 para uso no doméstico)

Costo total de agua anual

$$211.25 \text{ \$/bimestre} \times 6 \text{ bimestres/año} = 1,267.5 \text{ \$/año}$$

El costo de energía eléctrica requiere de calcular su consumo por cada equipo (Tabla 5-3).

Tabla 5-3 Costo de servicios

No. de unidades	CLAVE	EQUIPO	ENERGÍA CONSUMIDA kWh
1	TV-101	TOLVA DOSIFICADORA DE SÓLIDOS	0.55
1	CE-101	CERNIDORA	1.49
1	TB-101	SEGUNDO TRANSPORTADOR DE BANDA	0.745
1	MD-101	MOLINO TIPO DISCOS	11.175
1	TG-101	TRANSPORTADOR DE GUSANO	2.23
2	EX101	EXTRUSOR TIPO CIATECH	37.25
1	EP-101	EXTRACTOR DE POLVOS	0.55
1	TB-102	SEGUNDO TRANSPORTADOR DE BANDAS	0.745
1	MA-101	AMASADORA	2.23
1	MD-102	MOLINO DE PIEDRA VOLCÁNICA	7.45
6	LU-01	LÁMPARAS INTERNAS Y EXTERNAS	0.6
1	FF-101	SECADOR DE HARINA	22.35
CONSUMO TOTAL DE ENERGÍA			87.36

Total de energía consumida

87.36 kWh

El precio del kWh, según la tarifa de la CFE, para el año de 1998, es la "TARIFA 2".

Consumo total de energía :

Cargo fijo anual: $12 \times (\$ 22.60) = \$ 271.2$

$87.36 \text{ kWh} \times 16 \text{ h/día} \times (289 \text{ días/año}) \times 1.067\$/\text{kWh} = 431,017\$/\text{año} + \text{cargo fijo} =$
 $\$ 431,288/\text{año}$

Costo de detergente

Se considera un consumo de detergente por día igual a 3 kg x 338 días/año = 1014 kg/año, costo promedio de detergente 6 \$/kg, por lo tanto, el costo anual de detergente es de :

$$1014 \text{ kg/año} \times 5 \text{ \$/kg} = 5,070 \text{ \$/año}$$

La Tabla 5-4 representa un resumen de servicios auxiliares.

Tabla 5-4 Resumen de costos de servicios auxiliares

MATERIAL	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL ANUAL (\$)
AGUA DE PROCESO Y SERVICIOS GENERALES	240 m ³ /año	5.28 \$/ m ³	1,268 \$/año
ELECTRICIDAD	499,022 kW /año	1.067\$	431.017+cargo fijo 431,288
DETERGENTE Y ARTICULOS DE LIMPIEZA	1014 kg	5 \$	5,070 \$/año
COSTO TOTAL			437,626\$/año

Por tanto, el costo directo de operación está compuesto por:

	\$
a1 costo de materia prima	892,952
a2 costo de mano de obra directa	409,200
a3 costo de mantenimiento	25,347
a4 costo de materiales para mantenimiento	7,604
a5 costo de insumos y servicios	<u>437,626</u>

COSTO DIRECTO DE OPERACIÓN \$ 1,772,729

COSTOS INDIRECTOS DE PLANTA

b1 Costo de mano de obra indirecta

En este caso estos costos se reducen al pago del flete del cargamento y apilado en bodega del maíz que se recibirá cada 15 días, este costo está implícito en el costo de materia prima.

El rubro b2 incluye otros gastos relacionados con los costos indirectos de la planta como son supervisión y mantenimiento extra en los días de abasto de materias primas, los que se consideraran nulos.

Por lo tanto, el total de los costos indirectos de operación son igual a cero.

B) Costos fijos

c1 Seguro de la planta

Existen diferentes tipos de seguros desde los más económicos hasta los más completos que pagan en su totalidad la planta en caso de accidente. Aquí se considera el 0.65% de la inversión fija.

Por lo tanto:

$$\$844,900 \times 0.0065 = \$5,491$$

c2 Impuestos locales

Se considera como el 1.2% del costo del terreno y de las edificaciones y estructuras.

$$(135,500 + 150,000) \times 0.012 = \$3,426$$

c3 Depreciación y amortización

Es la disminución en el valor de los activos fijos y diferidos, tomando las siguientes consideraciones:

- Disminución en línea recta
- Valor de rescate igual a cero, para fines de cálculo, ya que no se venderá el equipo al final de su vida útil
- 10 años de vida útil del equipo
- El valor de las construcciones se depreciará en un periodo de 20 años
- Los vehículos se depreciarán en 5 años

Los costos fijos de producción están compuestos por:

c1 Seguro de la planta	\$ 5,491
c2 Impuestos locales	\$ 3,426
c3 Depreciación	\$ 70,455
c4 Amortización	\$ 32,948

COSTOS FIJOS DE PRODUCCIÓN = \$ 112,320

La depreciación sobre activos fijos se presenta en la tabla 5-5.

Tabla 5-5 Depreciación sobre activos fijos

CONCEPTO	INVERSIÓN INICIAL, \$	% DEPRECIACIÓN ANUAL	DEPRECIACIÓN ANUAL, \$
1) terreno	150,000	0	0
2) maquinaria y equipo			
a) Equipo principal	271,000	10	27,100
b) Equipo auxiliar	13,550	10	1,355
c) Tubería	16,260	10	1,626
d) Instrumentación	3,500	10	350
3) Edificios y estructuras	135,500	5	6,775
4) Vehículos	163,000	20	32,600
5) Contingencias	6,494	10	649
Depreciación anual			70,455

La amortización sobre activos diferidos se muestra en la tabla 5-6.

Tabla 5-6 Amortización sobre activos diferidos

CONCEPTO	INVERSIÓN INICIAL, \$	% AMORTIZACIÓN ANUAL	AMORTIZACIÓN ANUAL, \$
1) Ingeniería de detalle y construcción	12,988	10	1,298
2) Preoperación y arranque	12,988	10	1,298
3) instalación			
a) de equipo principal	271,000	10	27,100
b) de instalaciones eléctricas	35,520	10	3,252
Total de amortización anual			32,948

Monto total de los costos de manufactura.

a) Costos directos de operación	\$ 1,772,729
b) Costos indirectos e operación	\$ 0,000,000
c) Costos fijos de producción	\$ 112,320

COSTOS DE MANUFACTURA = \$ 1,885,049

5.5 GASTOS GENERALES

C) Gastos administrativos

Se consideran dentro de éste grupo los salarios de ejecutivos, costos legales y de ingeniería, mantenimiento de oficinas, servicios de comunicación, etc. En este caso, como la empresa es pequeña los parámetros incluidos en estos gastos son los sueldos de un administrador (Tabla 5-7)

Tabla 5-7 Gastos administrativos

CONCEPTO	NÚMERO DE PERSONAS	SUELDO MENSUAL	
		INDIVIDUAL	TOTAL
Administrador	1	7,000	7,000
TOTAL	1	7,000	7,000

Prestaciones (20 %) \$ 1,400

Total mensual \$8,400

Total anual \$100,800

TOTAL GASTOS ADMINISTRATIVOS = \$100,800

D) Gastos de ventas

Este concepto no se tomará en cuenta debido a que la planta es de autoconsumo; es decir, pretende substituir al molino tradicional que tienen muchas tortilladoras actualmente.

E) Gastos de investigación y desarrollo

No se consideran por ser pequeña la planta

F) Contingencias

Se consideran factores extraordinarios o externos, considerando para este proyecto en particular el 2% del costo directo de operación :

$$\$ 1,772,729 \times 0.02 = \$ 35,454$$

El total de gastos generales son :

	\$
d) Gastos administrativos	100,800
e) Gastos de ventas	0.00000
f) Gastos de investigación y desarrollo	0.00000
g) Contingencias	<u>35,454</u>

GASTOS GENERALES = \$136,254

COSTO TOTAL DEL PRODUCTO

	\$
COSTOS DE MANUFACTURA	1,772,729
GASTOS GENERALES	<u>136,254</u>
COSTO TOTAL DEL PRODUCTO =	\$ 1,908,983

5.5 FINANCIAMIENTO

La idea original era hacer el estudio financiero suponiendo que se pidiera un préstamo bancario a NAFINSA través del sistema FOPYME (Programa de apoyo financiero y fomento a la micro, pequeña y mediana empresa), que cubriera el 70% del costo físico de la planta. Sin embargo, la tasa de interés anual es muy alta (18%) por lo que la tasa interna de recuperación de la inversión como indicativo de la rentabilidad del proyecto resulta muy baja. Por ello, se considera para el estudio que existe un capital social, es decir, el dueño o inversionistas cuentan con el capital necesario para invertir. Ambos casos están representados en el apéndice A de la memoria de cálculo del estudio financiero.

A continuación se presenta en la Tabla 5-8, el resumen de los pagos simples como parte del estudio, suponiendo que se adquiera el préstamo.

Tabla 5-8 Pago por financiamiento

Tabla de amortización (pagos simples)					
Costo físico de la planta: \$ 649, 430			El préstamo cubre el 70 de este costo		
Costo del proyecto:			454601		
Interés anual			0.18		
Número de años:			10		
No. de años	Interés	Monto inicial	Amortización de capital	Pago anual	Monto de deuda
1	81828.18	536429.18	45460.1	127288.28	409140.9
2	73645.36	482786.26	45460.1	119105.46	363680.8
3	65462.54	429143.34	45460.1	110922.64	318220.7
4	57279.73	375500.43	45460.1	102739.83	272760.6
5	49096.91	321857.51	45460.1	94557.008	227300.5
6	40914.09	268214.59	45460.1	86374.19	181840.4
7	32731.27	214571.67	45460.1	78191.372	136380.3
8	24548.45	160928.75	45460.1	70008.554	90920.2
9	16365.64	107285.84	45460.1	61825.736	45460.1
10	8182.82	53642.92	45460.1	53642.918	-6.548E-11

Pago de intereses = Monto de deuda x tasa de interés

Monto inicial = Monto de deuda + pago de intereses

Amortización de capital = Monto de préstamo/ años a pagar

Pago anual = Amortización + pago de interés

Monto de la deuda = Monto inicial - pago anual

5.6 ESTUDIO FINANCIERO

Los estados financieros son documentos que contienen la información financiera básica de cualquier empresa. Lo que se obtendrá es la rentabilidad de los recursos utilizados para el proyecto a lo largo de la vida útil del mismo, para poder tomar la decisión de aceptarlo o rechazarlo.

Los estados financieros tienen como finalidad:

- Realizar una decisión de aceptación o rechazo del proyecto
- Establecer prioridades en la ejecución de los proyectos en función de su rentabilidad
- Replantear los objetivos del proyecto para buscar una alternativa más rentable

Evaluación de Proyecto

Para la evaluación económica de los proyectos industriales, existen diversos métodos que se diferencian básicamente en las formas de considerar los flujos netos de efectivo, para calcular, ya sea la rentabilidad, o el tiempo de recuperación de inversión.

Los métodos empleados en este trabajo son el método del valor presente neto, la tasa interna de retorno y el período de recuperación que se aplican directamente al flujo neto de efectivo (FNE). El flujo neto de efectivo se define como el total de ingresos menos el total de egresos.

Valor presente neto

El valor presente neto (VPN) es el valor que se obtiene al calcular para cada año el capital que se debe tener para asegurar beneficios, representado por los flujos netos de efectivo que se dan a lo largo de la vida del proyecto, a una tasa de descuento fija predeterminada:

$$VPN = \sum_{j=0}^n (FNE_j) / (1+i)^j - I_0$$

Tasa interna de recuperación o retorno

La tasa interna de recuperación o retorno (TIR) es la tasa de descuento que aplicada a los flujos netos de efectivo esperados durante la vida útil del proyecto, reduce el valor presente neto a cero, es decir la tasa de interés más alta que el inversionista podría pagar sin perder dinero. Para calcular la TIR, se prueban varias tasas de actualización hasta encontrar que el valor al cual éste se hace cero.

$$\sum_{j=0}^n (FNE_j) / (1+TIR)^j - I_0 = 0$$

Período de recuperación de la inversión

El período de recuperación de la inversión (PRI) es el tiempo en el cual se recupera la inversión, sin tomar en cuenta el valor del dinero en el tiempo, se calcula de la siguiente manera:

$$\Sigma (\text{FENE}_{\text{acumulado}})$$

VPN = Valor presente neto

TIR= Tasa interna de recuperación

FEN_j = Flujo neto de efectivo al año j

I₀ =Inversión inicial

j =Año cero del proyecto

n =Años de vida útil

i =Tasa de retorno

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES

México ha sido en los últimos cincuenta años uno de los países con mayor crecimiento demográfico por lo que no puede mantenerse al margen ante el proceso de la modernización de la industria de la harina y la tortilla; donde se produce el alimento básico para el 95% de su población. La industria del maíz y la tortilla la constituyen los molinos de nixtamal, los molinos-tortillerías, las tortillerías y las fábricas de harina de maíz, que según el más reciente padrón de la industria de la masa y la tortilla llegan a sumar 100 mil establecimientos.

La industrialización del maíz nació en México con la intención de satisfacer una demanda cada vez mayor de tortillas tanto en las zonas rurales como urbanas del país, para lo cual se recurrió primero a la transformación del maíz en masa de nixtamal y posteriormente a la elaboración de la harina de maíz que tiene ventajas sobre la masa de nixtamal desde el punto de vista de conservación y manejo. Aún cuando la calidad reológica (doblado, enrollado, etc) no es comparable, la población ha tenido que aceptar los productos elaborados con harinas al no tener otra opción.

El crecimiento continuo de la industria harinera del maíz se da gracias a los cambios en los hábitos de consumo que se están dando en la población mexicana al sustituirse las formas antiguas de consumir el maíz por la harina.

Dentro de la industria de la masa y la tortilla, las variedades de maíz más usado en México son: Maíces blancos de endospermo duro como el chalqueño y, en una mayor proporción, el criollo tipo tuxpeño, por lo que son las razas más cultivadas en el altiplano mexicano.

El proceso de producción de tortilla a partir de la harina tiene un rendimiento de más del 15% aproximadamente de su contraparte hecha de masa fresca, lo que significa que con un kilogramo de maíz procesado en molino de nixtamal se elabora 1.350 a 1.400 kg de tortillas, mientras que con harina se llega a producir hasta 1.55 a 1.650 kg. Esta es una de las razones de la menor calidad reológica de las tortillas.

La masa nixtamalizada que se elabora en los molinos de nixtamal tiene algunas desventajas porque su costo de producción es más elevado que el de la harina de maíz, puesto que no sólo se emplean mayores cantidades de insumos básicos y se pierden nutrimentos en el proceso de limpieza y cocción del grano, sino que tiene que ser empleada forzosamente con rapidez porque se descompone fácilmente. Por estas razones, actualmente la harina de maíz no es empleada nada más por las amas de casa sino, principalmente, por la industria tortilladora porque reduce las mermas y el desperdicio del maíz y tiene asegurado el control de calidad.

El proceso industrial permite una producción mayor de tortillas que la de los molinos de nixtamal y está menos sujeta a los aumentos del costo de insumos y mano de obra, al

mismo tiempo que está mejorando constantemente debido al desarrollo tecnológico y a la incorporación de nutrimentos que enriquecen la alimentación de la población.

El mercado de la tortilla de maíz se estima en 9.2 millones de toneladas al año, con un valor aproximado de 1,700 millones de dólares. Del total, únicamente 45% se produce por harina de maíz por lo que el potencial de crecimiento de esta industria muestra una gran perspectiva.

El desarrollo de la industria harinera de maíz se ha dado aceleradamente en los últimos 10 años, donde ha crecido a razón del 10% anual con un crecimiento del 20% en 1995. La principal ventaja estriba en la reducción de mermas y desperdicio de insumos que se originan en el proceso tradicional de masa que realizan los molinos, y en la posibilidad de establecer sistemas de producción higiénicos y controlados bajo normas de calidad para el producto.

Entre otras ventajas se pueden describir las siguientes:

La harina de maíz cuenta con una mejor conservación en climas extremos sin perder cualidades nutritivas, tiene una mejor inmunidad a la proliferación de bacterias por el valor de pH final de la harina y puede tener una mayor calidad de nutrimentos dependiendo de la adición de estos. Permite al tortillero procesar, mediante la dosificación de la harina, la masa necesaria para atender a la clientela, evitando el rechazo de pedidos a los clientes por falta de masa o su desperdicio por falta de clientela.

Las características de la harina de maíz representan ventajas que pueden traducirse en economías de tiempo y dinero; la primera afecta tanto a los productores de masa y tortilladoras como a los consumidores finales de tortilla, puesto que la preparación de masa empleando el método doméstico les ocupa mayor tiempo que al usar harina de maíz refinada y convertida en masa; el segundo tipo de economía favorece directamente a los productores de la masa y la tortilla, al permitirles obtener un mayor porcentaje de utilidades en razón directa de los mayores rendimientos de conversión a masa de tortillas.

El Gobierno Federal ha impulsado el desarrollo de la industria harinera, entre otras cosas, por las siguientes razones:

- Ayuda a racionalizar la concesión de subsidios.
- Su proceso requiere un 50% menos de agua y un porcentaje inferior de combustible
- Se reducen mermas en el manejo del maíz
- Se logra mayor higiene al sujetar el producto a un estricto control de calidad.

Otras ventajas económicas que la harinización representa para el país, por el menor volumen de maíz que se requiere para la producción de tortilla, son las siguientes:

Reduce la necesidad de maíz y consecuentemente la de importar en caso de que la producción nacional sea insuficiente.

- Descongestiona transporte ferroviario y carretero
- Descongestiona capacidad de almacenaje
- Descongestiona puertos y fronteras en caso de importación
- Todos los costos relacionados con lo mencionado anteriormente se reducen.

Como conclusión se puede decir que todas estas características para las harinas de maíz nixtamalizado por maceración son aplicables a la extrusión termoalcalina. Pero ésta tiene tres características que la hacen aún mejor que la que actualmente se produce comercialmente:

1. No genera aguas residuales y, por ende, no tiene ni los costos de tratamiento de éstas ni los costos de suministro de energía a agua que después tiene que eliminarse
2. Su calidad nutritiva es mejor ya que el grano se proceso íntegro, lo que permite que su digestibilidad aumente al tener la cascarilla o pericarpio y el germen sin ninguna merma durante el proceso de molienda y extrusión
3. La extrusión termoalcalina se lleva a cabo en segundos, dado el tamaño de partícula de la harina cruda de maíz, a diferencia de la maceración, que requiere de tiempos más prolongados para permitir la cocción de los granos enteros, lo que da beneficios en dinero y energía.

Finalmente, los extrusores, si se desea, pueden producir masas frescas además de las harinas y esto solamente depende de la cantidad de agua que se adicione durante la extrusión. Esta versatilidad es la que ha hecho que la extrusión sea un proceso cada vez más empleado en la industria alimentaria.

Este estudio demuestra que es posible, no solamente instalar maxiplantas que substituyan a las actuales que están produciendo harina de maíz nixtamalizado por maceración, sino también miniplantas que substituyan a los molinos de nixtamal tradicionales, es decir, son técnica y económicamente factibles.

Debe mencionarse, sin embargo, que dadas las condiciones actuales de los mercados de dinero, representa un beneficio económico la inversión en una planta como éstas, cuando el dueño o los socios cuenten con el capital necesario. El análisis financiero mostró que los actuales sistemas de préstamo para la micro y pequeña empresa cobran altos intereses anuales por lo cual se hace impráctico utilizar estos sistemas de financiamiento.

Este trabajo presenta los dos balances económicos, con y sin financiamiento, lo que permite afirmar que si se utiliza el financiamiento, la tasa interna de recuperación como una medida de la rentabilidad del proyecto es menor a la inflación registrada para ese mismo período de tiempo, lo cual no es conveniente desde el punto de vista económico. En el segundo caso, en el que se presupone que existe el capital social y no se requiere del préstamo, bajo estas condiciones se obtiene una tasa interna de recuperación de la inversión del 22% y una rentabilidad para el primer año del 40%, recuperándose la inversión en 4 años aproximadamente.

APÉNDICE A

MEMORIA DE CÁLCULO DEL ESTUDIO FINANCIERO

Tabla 5-9 RESUMEN DE COSTOS OBTENIDOS DEL ESTUDIO ECONÓMICO (DIC. 1998) UTILIZANDO PRÉSTAMO FOPYME

COSTO DIRECTO		ACTIVO CIRCULANTE		CAPITAL SOCIAL	
Materia prima	892952	Efect. en caja	29,992	VENTAS	
Mano de obra directa	409200	Cuent. por cob.	78000	Prod. harina kg/h	65
Mantenimiento	25347	Inv. mat. prima	56235	Precio \$/kg	5.00
Materiales p/mtto.	7604	Inv. prod. proc	1874	prod. masa kg/h	97.5
Insumos y servicios	437626	Inv. prod. term	36400	Precio \$/kg	2.5
			202501		
COSTO INDIRECTO		ACTIVO FIJO			
Mano de obra ind.	0	Terreno	150000	Prod. ton/año harina	300.56
Otros	0	Maq y equipo	271000	Prod. ton/año masa	450.84
		Edif y estruc	135500		
		Vehículos	163000	Ventas brutas	2629900
		Contingencias	6494	Harina	1,502,800
				Masa	1,127,100
COSTOS FIJOS		ACTIVO DIFERIDO		Depreciación	
Seguro de planta	5491	Ing. det y const	12988	Del año 1) al 5)	70455
Depre. y amortización	103403	Preop y arran	12988	del año 6) al 10)	37855
Impuestos	3426	Costo de instal.	27100	Amortización	32948
	112320				
GASTOS GENERALES		PASIVO			
Administración	100800	Pas.cor.plazo	29992		
Ventas	0				
Investigación	0				
Contingencias	35454				
	136254				

Tabla 5-10 COSTOS ANUALES DE PRODUCCIÓN (DIC. 1988) FOPYME

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
COSTO DIRECTO											
Materia prima	0	892952	892952	892952	892952	892952	892952	892952	892952	892952	892952
Mano de obra directa	0	409200	409200	409200	409200	409200	409200	409200	409200	409200	409200
Mantenimiento	0	25347	25347	25347	25347	25347	25347	25347	25347	25347	25347
Materiales p/mtto.	0	7804	7804	7804	7804	7804	7804	7804	7804	7804	7804
Servicios auxiliares	0	437828	437828	437828	437828	437828	437828	437828	437828	437828	437828
TOTAL COSTO DIRECTO	0	1772729	1772729	1772729	1772729	1772729	1772729	1772729	1772729	1772729	1772729
COSTO INDIRECTO											
Mano de obra ind.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Otros	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
COSTOS FIJOS											
Seguro de planta	0	5491	5491	5491	5491	5491	5491	5491	5491	5491	5491
Depre. y amortización	0	103403	103403	103403	103403	103403	103403	103403	103403	103403	103403
Impuestos	0	3428	3428	3428	3428	3428	3428	3428	3428	3428	3428
TOTAL COSTOS FIJOS	0	112320	112320	112320	112320	112320	112320	112320	112320	112320	112320
GASTOS GENERALES											
Administración	0	100800	100800	100800	100800	100800	100800	100800	100800	100800	100800
Ventas	0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
Investigación	0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
Contingencias	0	35454	35454	35454	35454	35454	35454	35454	35454	35454	35454
TOTAL GTOB. GRALES	0	136254	136254	136254	136254	136254	136254	136254	136254	136254	136254
COSTO ANUAL DE PRODUCCIÓN	0	2021303	2021303	2021303	2021303	2021303	2021303	2021303	2021303	2021303	2021303

Tabla 5-11 PUNTO DE EQUILIBRIO Y PRODUCCIÓN MÍNIMA ECONÓMICA (FOPYME)

CÁLCULO DEL PRECIO DE VENTA DE LA MASA Y DE LA HARINA (\$/TON) (DICIEMBRE DE 1988)

ANO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
COSTO TOTAL DE PRODUCCIÓN	0	1885049	1885049	1885049	1885049	1885049	1885049	1885049	1885049	1885049	1885049
PRODUCCIÓN NORMAL MASA	0	450.84	450.84	450.84	450.84	450.84	450.84	450.84	450.84	450.84	450.84
PRODUCCIÓN NORMAL HARINA	0	300.56	300.56	300.56	300.56	300.56	300.56	300.56	300.56	300.56	300.56
PRECIO DE VENTA DE LA TONELADA DE MASA EN EL PTO. DE EQUILIBRIO	0	1872	1872	1872	1872	1872	1872	1872	1872	1872	1872
PRECIO DE VENTA DE LA TONELADA DE HARINA EN EL PTO. DE EQUILIBRIO	0	3763	3763	3763	3763	3763	3763	3763	3763	3763	3763

PUNTO DE EQUILIBRIO

CÁLCULO DE LA PRODUCCIÓN MÍNIMA ECONÓMICA HARINA (TON/AÑO)

ANO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
COSTOS VARIABLES	0	1,063,637	1,063,637	1,063,637	1,063,637	1,063,637	1,063,637	1,063,637	1,063,637	1,063,637	1,063,637
CAPACIDAD NORMAL	0	300.56	300.56	300.56	300.56	300.56	300.56	300.56	300.56	300.56	300.56
COSTO VARIABLE UNITARIO	0	3539	3539	3539	3539	3539	3539	3539	3539	3539	3539
PRECIO UNITARIO	0	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000
COSTOS FIJOS	0	112320	112320	112320	112320	112320	79720	79720	79720	79720	79720
PRODUCCIÓN MÍNIMA ECONÓMICA	0	77	77	77	77	77	55	55	55	55	55

CÁLCULO DE LA PRODUCCIÓN MÍNIMA ECONÓMICA MASA (TON/AÑO)

ANO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
COSTOS VARIABLES	0	709,092	709,092	709,092	709,092	709,092	709,092	709,092	709,092	709,092	680371.2
CAPACIDAD NORMAL	0	450.84	450.84	450.84	450.84	450.84	450.84	450.84	450.84	450.84	450.84
COSTO VARIABLE UNITARIO	0	1572.82	1572.82	1572.82	1572.82	1572.82	1572.82	1572.82	1572.82	1572.82	1508.12
PRECIO UNITARIO	0	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500
COSTOS FIJOS	0	112320	112320	112320	112320	112320	78720	78720	78720	78720	78720
PRODUCCIÓN MÍNIMA ECONÓMICA	0	121.14	121.14	121.14	121.14	121.14	85.98	85.98	85.98	85.98	80.45

Tabla 5-12 ESTADOS DE RESULTADOS PROFORMA (DIC. 1988) FOPYME

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
VENTAS BRUTAS	0	2.628.900	2629900	2629900	2629900	2629900	2629900	2629900	2629900	2629900	2629900
PATENTES Y REGALIAS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
VENTAS NETAS	0	2629900	2629900	2629900	2629900	2629900	2629900	2629900	2629900	2629900	2629900
COSTOS DE MANUFACTURA	0	1772729	1772729	1772729	1772729	1772729	1772729	1772729	1772729	1772729	1772729
COSTO DIR. OPERACIÓN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
COSTO IND. OPERACIÓN	0	112320	112320	112320	112320	112320	79720	79720	79720	79720	79720
COSTOS FIJOS	0	1855049	1855049	1855049	1855049	1855049	1852449	1852449	1852449	1852449	1852449
CCSTO TOT. DE MANUFACTURA	0	1865049	1865049	1865049	1865049	1865049	1852449	1852449	1852449	1852449	1852449
UTILIDAD BRUTA	0	744851	744851	744851	744851	744851	777451	777451	777451	777451	777451
GASTOS GENERALES	0	136254	136254	136254	136254	136254	136254	136254	136254	136254	136254
UTIL. DE OPERACIÓN	0	608597	608597	608597	608597	608597	641197	641197	641197	641197	641197
PAGO INT. x FINANCIAMIENTO	0	81828.18	73645.38	65462.54	57278.73	49098.91	40914.09	32731.27	24548.45	16385.64	8182.82
UTILIDAD ANTES DE IMPUESTOS	0	528769	534952	543134	551317	559500	600283	608466	616649	624831	633014
IMPUESTOS I.S.R.	0	184389.087	187233.074	190097.061	192961.045	195825.032	210099.019	212963.006	215628.993	218690.978	221654.863
REPARTO ÚTIL. P.T.U	0	52678.882	53485.164	54313.446	55131.727	55950.009	60028.291	60846.573	61664.855	62483.136	63301.418
UTILIDAD NETA	0	289722.85	294223.40	298723.95	303224.50	307725.05	330155.60	334656.15	339158.70	343657.25	348157.80

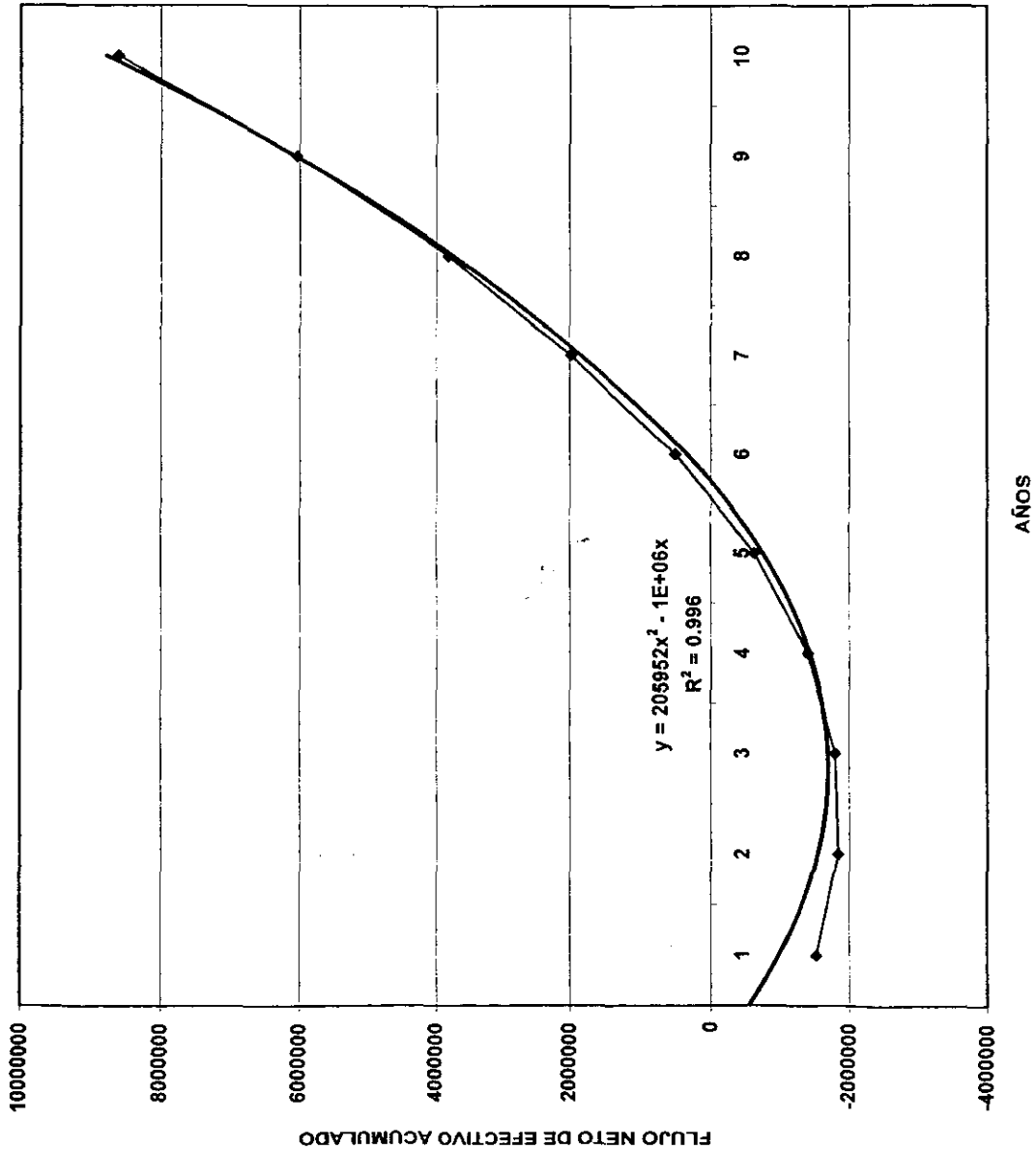
Tabla 5-13 ESTADOS DE RESULTADOS PROFORMA (DIC. 1998) FOPYME

	AÑO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ACTIVOS												
ACTIVO CIRCULANTE												
EFFECTIVO EN CAJA	0	29992	29992	29992	29992	29992	29992	29992	29992	29992	29992	29992
CUENTAS POR COBRAR	0	78000	78000	78000	78000	78000	78000	78000	78000	78000	78000	78000
INVENTARIOS	0	56235	56235	56235	56235	56235	56235	56235	56235	56235	56235	56235
MATERIA PRIMA	0	1874	1874	1874	1874	1874	1874	1874	1874	1874	1874	1874
MATERIA PRIMA EN PROCESO	0	36400	36400	36400	36400	36400	36400	36400	36400	36400	36400	36400
PRODUCTO TERMINADO	0	202501	202501	202501	202501	202501	202501	202501	202501	202501	202501	202501
TOTAL ACTIVO CIRCULANTE	0	150000	150000	150000	150000	150000	150000	150000	150000	150000	150000	150000
ACTIVO FIJO												
TERRENOS	150000	150000	150000	150000	150000	150000	150000	150000	150000	150000	150000	150000
MAQ. Y EQUIPO	271000	271000	271000	271000	271000	271000	271000	271000	271000	271000	271000	271000
EDIFICIOS Y ESTRUCTURAS	135500	135500	135500	135500	135500	135500	135500	135500	135500	135500	135500	135500
VEHICULOS	163000	163000	163000	163000	163000	163000	163000	163000	163000	163000	163000	163000
CONTINGENCIAS	8494	8494	8494	8494	8494	8494	8494	8494	8494	8494	8494	8494
DEPRECIACION ACUMULADA	0	70455	140910	211365	281820	352275	390130	427985	465840	503695	541550	580405
TOTAL ACTIVO FIJO	725994	855599	986904	1118174	1250000	1381814	1508029	1639164	1775009	1910154	2051309	2197454
ACTIVO DIFERIDO												
INGENIERIA + CONSTRUCCION	12988	12988	12988	12988	12988	12988	12988	12988	12988	12988	12988	12988
PREOPERACION Y ARRANQUE	12988	12988	12988	12988	12988	12988	12988	12988	12988	12988	12988	12988
COSTOS DE INSTALACION	27100	27100	27100	27100	27100	27100	27100	27100	27100	27100	27100	27100
AMORTIZACION ACUMULADA	0	32948	65896	98844	131782	164740	197688	230636	263584	296532	329480	362428
TOTAL ACTIVO DIFERIDO	53076	20128	-12820	-45768	-78716	-111664	-144612	-177560	-210508	-243456	-276404	-309352
TOTAL ACTIVOS	779070	876168	774795	671362	587859	484556	393753	322950	252147	181344	110541	110541
EXCESO EN CAJA	0	-22023.969	321958.513	670443.546	1023428.13	1380913.26	1728228.94	2090045.18	2436361.96	2797179.3	3162497.18	3527994.36
ACTIVO NETO TOTAL	779070	856144.031	1096724.51	1341805.55	1591387.13	1845469.26	2121981.94	2402895.18	2688508.96	2978523.3	3273038.18	3573332.54
PASIVOS												
PASIVO CORTO PLAZO	0	29.992	29.992	29.992	29.992	29.992	29.992	29.992	29.992	29.992	29.992	29.992
PASIVO LARGO PLAZO	0	536429.18	482786.26	429143.34	375500.43	321857.51	269214.59	214571.67	160928.75	107265.84	53642.92	83634.92
TOTAL PASIVO	0	569421.18	512778.26	459135.34	404982.43	351849.51	298206.59	244563.67	190920.75	137277.84	83634.92	83634.92
CAPITAL SOCIAL	0	289722.85	284223.40	298723.95	303224.50	307725.05	330155.80	334658.15	339156.70	343657.25	348157.80	352658.35
UTILIDAD DEL EJERCICIO	0	289722.851	583946.253	882670.208	1185894.7	1493619.75	1823775.35	2158431.51	2497588.21	2841245.46	3189403.26	352658.35
UTILIDAD ACUMULADA	0	289722.851	583946.253	882670.208	1185894.7	1493619.75	1823775.35	2158431.51	2497588.21	2841245.46	3189403.26	352658.35
CAPITAL CONTABLE	0	289722.851	583946.253	882670.208	1185894.7	1493619.75	1823775.35	2158431.51	2497588.21	2841245.46	3189403.26	352658.35
PASIVO + CAPITAL CONTABLE	0	856144.031	1096724.51	1341805.55	1591387.13	1845469.26	2121981.94	2402895.18	2688508.96	2978523.3	3273038.18	3573332.54

Tabla 5-14 FLUJOS NETOS DE EFECTIVO (DIC. 1988) FOPYME

AÑO											
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
UTILIDAD NETA	0	289722.85	294223.40	298723.95	303224.50	307725.05	330155.80	334656.15	339156.70	343657.25	348157.80
DEPREC. Y AMORT.	0	103403	103403	103403	103403	103403	70803	70803	70803	70803	70803
EFFECTIVO GENERADO	0	383125.85	397626.402	402126.953	406627.489	411128.05	400958.601	405459.152	409959.703	414460.248	418960.799
APORT. DE CAPITAL	844900	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL DE INGRESOS	844900	383125.851	397626.402	402126.953	406627.489	411128.05	400958.601	405459.152	409959.703	414460.248	418960.799
INVERSI. CAP. FIJO	844900	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AMORTIZ. DE CAPITAL	0	45460.1	45460.1	45460.1	45460.1	45460.1	45460.1	45460.1	45460.1	45460.1	45460.1
CAP. TRAB. INCREMENTAL	0	172.508	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL DE EGRESOS	844900	217869.1	45460.1	45460.1	45460.1	45460.1	45460.1	45460.1	45460.1	45460.1	45460.1
RECUPERACIONES	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
FLUJO NETO EFECTIVO	-844900	175156.751	352166.302	356688.853	361167.399	365667.95	355498.501	359999.052	364499.603	369000.148	373500.699
FLUJO NETO ACUMULADO	-844900	-669743.25	-317576.947	39089.906	400257.305	765925.254	1121423.75	1481422.81	1845922.41	2214922.58	2568423.28
V.P.N ANUAL	-844900	148437.925	252920.355	217078.458	188286.128	159838.931	131687.857	113012.714	96970.8049	83193.3238	71382.7119
INDICE DE RENTABILIDAD	0.00%	0.34	0.35	0.35	0.36	0.36	0.39	0.40	0.40	0.41	0.41
V.P.N. (acumulado)	615887.1057										
T.I.R (%)	14.13%										
RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN : 4 AÑOS	-844900	-1514843.2	-1832220.2	-1793130.3	-1392872.99	-826947.731	494476.023	1975898.83	3821821.24	6038743.79	8625187.05

Fig. 5-1 RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN CON PRÉSTAMO FOPYME



◆ DATOS REALES
— Polinómica (DATOS)

Tabla 5-15 RESUMEN DE COSTOS OBTENIDOS DEL ESTUDIO ECONÓMICO (DIC. 1998) SIN PRÉSTAMO
FOPYME

COSTO DIRECTO		ACTIVO CIRCULANTE		CAPITAL SOCIAL		844900
Materia prima	692952	Efect. en caja	29,992	VENTAS		
Mano de obra directa	409200	Cuent. por cob.	78000	Prod.harina kg/h	65	
Mantenimiento	25347	Inv. mat. prima	56235	Precio \$/kg	5.00	
Materiales p/mitto.	7604	Inv. prod. proc	1874	prod.c.masa kg/h	97.5	
Insumos y servicios	437626	Inv. prod. term	36400	Precio \$/kg	2.5	
			202501			
COSTO INDIRECTO		ACTIVO FIJO				
Mano de obra ind.	0	Terreno	150000	Prod. ton/año harina	300.56	
Otros	0	Maq y equipo	271000	Prod. ton/año masa	450.64	
		Edif y estruc	135500			
		Vehículos	163000	Ventas brutas	2629900	
		Contingencias	6494	Harina	1,502,800	
				Masa	1,127,100	
COSTOS FIJOS		ACTIVO DIFERIDO		Depreciación		
Seguro de planta	5491	Ing. det y const	12988	Del año 1) al 5)	70455	
Depre. y amortización	103403	Preop y arran	12988	del año 6) al 10)	37855	
Impuestos	3426	Costo de instal	27100	Amortización	32948	
	112320					
GASTOS GENERALES		PASIVO				
Administración	100800	Pas.cor.plazo	29992			
Ventas	0					
Investigación	0					
Contingencias	35454					
	136254					

Tabla 5-16 COSTOS ANUALES DE PRODUCCIÓN (DIC. 1988)

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
COSTO DIRECTO											
Materia prima	0	892952	892952	892952	892952	892952	892952	892952	892952	892952	892952
Mano de obra directa	0	409200	409200	409200	409200	409200	409200	409200	409200	409200	409200
Mantenimiento	0	25347	25347	25347	25347	25347	25347	25347	25347	25347	25347
Materiales p/mtto.	0	7604	7604	7604	7604	7604	7604	7604	7604	7604	7604
Servicios auxiliares	0	437628	437628	437628	437628	437628	437628	437628	437628	437628	437628
TOTAL COSTO DIRECTO	0	1772729	1772729	1772729	1772729	1772729	1772729	1772729	1772729	1772729	1772729
COSTO INDIRECTO											
Mano de obra ind.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Otros	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
COSTOS FIJOS											
Seguro de planta	0	5491	5491	5491	5491	5491	5491	5491	5491	5491	5491
Depre. y amortización	0	103403	103403	103403	103403	103403	103403	103403	103403	103403	103403
Impuestos	0	3428	3428	3428	3428	3428	3428	3428	3428	3428	3428
TOTAL COSTOS FIJOS	0	112320	112320	112320	112320	112320	112320	112320	112320	112320	112320
GASTOS GENERALES											
Administración	0	100800	100800	100800	100800	100800	100800	100800	100800	100800	100800
Ventas	0	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
Investigación	0	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
Contingencias	0	35454	35454	35454	35454	35454	35454	35454	35454	35454	35454
TOTAL GTOS. GRALES	0	136254	136254	136254	136254	136254	136254	136254	136254	136254	136254
COSTO ANUAL DE PRODUCCIÓN	0	2021303	2021303	2021303	2021303	2021303	2021303	2021303	2021303	2021303	2021303

Tabla 5-17 PUNTO DE EQUILIBRIO Y PRODUCCIÓN MÍNIMA ECONÓMICA

CÁLCULO DEL PRECIO DE VENTA DE LA MASA Y DE LA HARINA (\$/TON) (DICIEMBRE DE 1996)

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
COSTO TOTAL DE PRODUCCIÓN	0	1885049	1885049	1885049	1885049	1885049	1852449	1852449	1852449	1852449	1852449
PRODUCCIÓN NORMAL MASA	0	450.84	450.84	450.84	450.84	450.84	450.84	450.84	450.84	450.84	450.84
PRODUCCIÓN NORMAL HARINA	0	300.56	300.56	300.56	300.56	300.56	300.56	300.56	300.56	300.56	300.56
PRECIO DE VENTA DE LA TONELADA DE MASA EN EL PTO. DE EQUILIBRIO	0	1672	1672	1672	1672	1672	1644	1644	1644	1644	1644
PRECIO DE VENTA DE LA TONELADA DE HARINA EN EL PTO. DE EQUILIBRIO	0	3763	3763	3763	3763	3763	3698	3698	3698	3698	3698

PUNTO DE EQUILIBRIO

CÁLCULO DE LA PRODUCCIÓN MÍNIMA ECONÓMICA HARINA (TON/AÑO)

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
COSTOS VARIABLES	0	1,063,637	1,063,637	1,063,637	1,063,637	1,063,637	1,063,637	1,063,637	1,063,637	1,063,637	1,063,637
CAPACIDAD NORMAL	0	300.56	300.56	300.56	300.56	300.56	300.56	300.56	300.56	300.56	300.56
COSTO VARIABLE UNITARIO	0	3539	3539	3539	3539	3539	3539	3539	3539	3539	3539
PRECIO UNITARIO	0	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000
COSTOS FIJOS	0	112320	112320	112320	112320	112320	79720	79720	79720	79720	79720
PRODUCCIÓN MÍNIMA ECONÓMICA	0	77	77	77	77	77	55	55	55	55	55

CLACULO DE LA PRODUCCIÓN MÍNIMA ECONÓMICA MASA (TON/AÑO)

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
COSTOS VARIABLES	0	709,092	709,092	709,092	709,092	709,092	709,092	709,092	709,092	709,092	680371.2
CAPACIDAD NORMAL	0	450.84	450.84	450.84	450.84	450.84	450.84	450.84	450.84	450.84	450.84
COSTO VARIABLE UNITARIO	0	1572.82	1572.82	1572.82	1572.82	1572.82	1572.82	1572.82	1572.82	1572.82	1509.12
PRECIO UNITARIO	0	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500
COSTOS FIJOS	0	112320	112320	112320	112320	112320	79720	79720	79720	79720	79720
PRODUCCIÓN MÍNIMA ECONÓMICA	0	121.14	121.14	121.14	121.14	121.14	85.98	85.98	85.98	85.98	80.45

Tabla 5-18 ESTADOS DE RESULTADOS PROFORMA (DIC. 1988)

ARO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
VENTAS BRUTAS	0	2.829.800	2629900	2629900	2629900	2629900	2629900	2629900	2629900	2629900	2629900
PATENTES Y REGALÍAS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
VENTAS NETAS	0	2629900	2629900	2629900	2629900	2629900	2629900	2629900	2629900	2629900	2629900
COSTOS DE MANUFACTURA											
COSTO DIR. OPERACIÓN	0	1772729	1772729	1772729	1772729	1772729	1772729	1772729	1772729	1772729	1772729
COSTO IND. OPERACIÓN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
COSTOS FIJOS	0	112320	112320	112320	112320	112320	79720	79720	79720	79720	79720
COSTO TOT. DE MANUFACTURA	0	1885049	1885049	1885049	1885049	1885049	1852449	1852449	1852449	1852449	1852449
GASTOS GENERALES	0	744851	744851	744851	744851	744851	777451	777451	777451	777451	777451
UTIL. DE OPERACIÓN	0	136254	136254	136254	136254	136254	136254	136254	136254	136254	136254
PAGO INT. x FINANCIAMIENTO	0	608597	608597	608597	608597	608597	641197	641197	641197	641197	641197
UTILIDAD ANTES DE IMPUESTOS	0	608597	608597	608597	608597	608597	641197	641197	641197	641197	641197
IMPUESTOS I.S.R.	0	213008.95	213008.95	213008.95	213008.95	213008.95	224418.95	224418.95	224418.95	224418.95	224418.95
REPARTO UTIL. P.T.U	0	60859.7	60859.7	60859.7	60859.7	60859.7	64119.7	64119.7	64119.7	64119.7	64119.7
UTILIDAD NETA	0	334728.35	334728.35	334728.35	334728.35	334728.35	352658.35	352658.35	352658.35	352658.35	352658.35

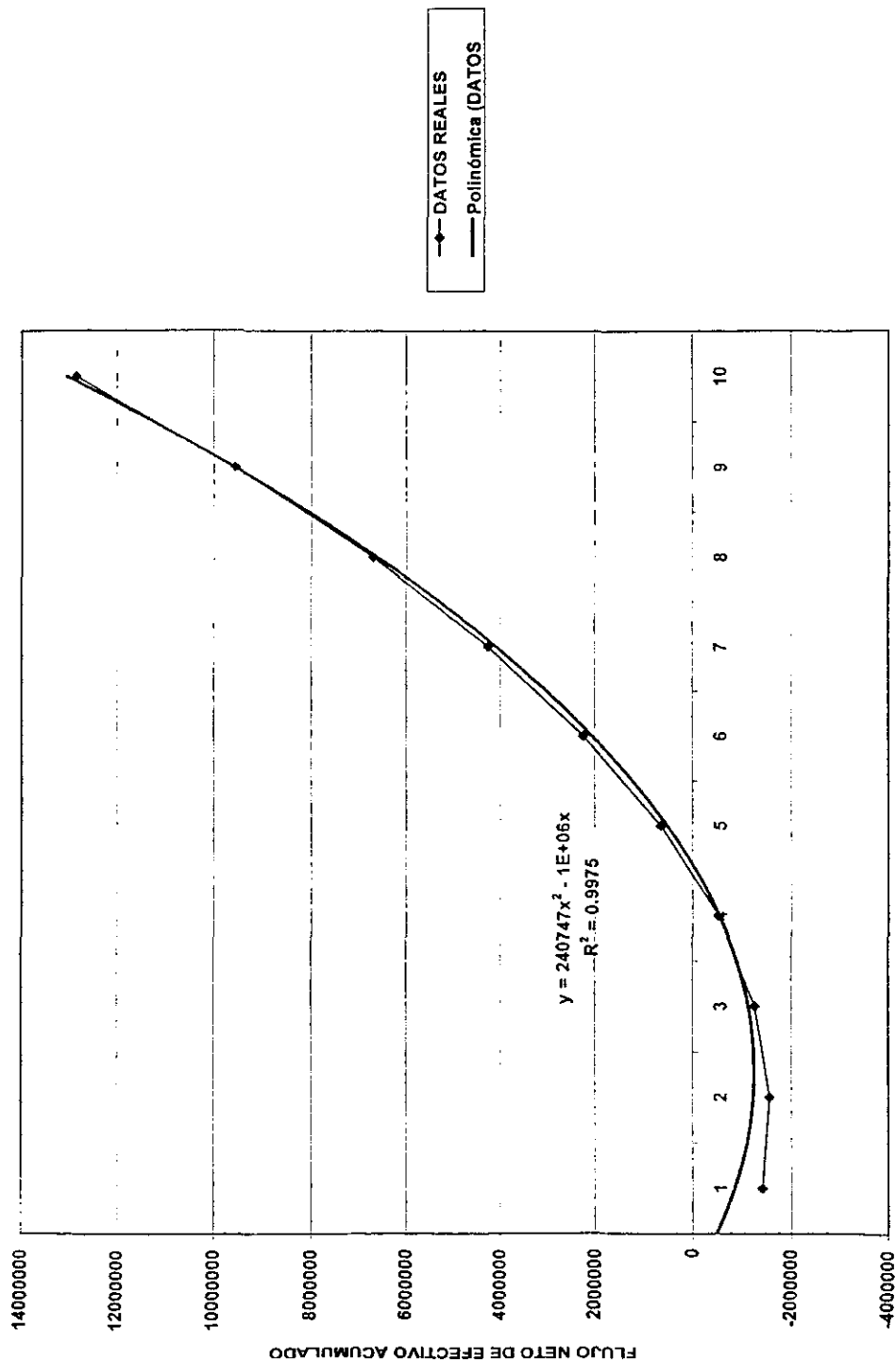
Tabla 5-19 ESTADOS DE RESULTADOS PROFORMA (DIC. 1998)

	AÑO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ACTIVOS												
ACTIVO CIRCULANTE												
EFFECTIVO EN CAJA	0	29992	29992	29992	29992	29992	29992	29992	29992	29992	29992	29992
CUENTAS POR COBRAR	0	78000	78000	78000	78000	78000	78000	78000	78000	78000	78000	78000
INVENTARIOS	0	56235	56235	56235	56235	56235	56235	56235	56235	56235	56235	56235
MATERIA PRIMA	0	1874	1874	1874	1874	1874	1874	1874	1874	1874	1874	1874
MATERIA PRIMA EN PROCESO	0	36400	36400	36400	36400	36400	36400	36400	36400	36400	36400	36400
PRODUCTO TERMINADO	0	202501	202501	202501	202501	202501	202501	202501	202501	202501	202501	202501
TOTAL ACTIVO CIRCULANTE	0	78000	78000	78000	78000	78000	78000	78000	78000	78000	78000	78000
ACTIVO FIJO												
TERRENOS	150000	150000	150000	150000	150000	150000	150000	150000	150000	150000	150000	150000
MAQ. Y EQUIPO	271000	271000	271000	271000	271000	271000	271000	271000	271000	271000	271000	271000
EDIFICIOS Y ESTRUCTURAS	135500	135500	135500	135500	135500	135500	135500	135500	135500	135500	135500	135500
VEHICULOS	163000	163000	163000	163000	163000	163000	163000	163000	163000	163000	163000	163000
CONTINGENCIAS	6494	6494	6494	6494	6494	6494	6494	6494	6494	6494	6494	6494
DEPRECIACION ACUMULADA	0	70455	140910	211355	281820	352275	390130	427995	465840	503695	541550	580404
TOTAL ACTIVO FIJO	725994	655539	585084	514629	444174	373719	335864	296009	260154	222299	184444	149994
ACTIVO DIFERIDO												
INGENIERIA + CONSTRUCCION	12988	12988	12988	12988	12988	12988	12988	12988	12988	12988	12988	12988
PREOPERACION Y ARRANQUE	12988	12988	12988	12988	12988	12988	12988	12988	12988	12988	12988	12988
COSTOS DE INSTALACION	27100	27100	27100	27100	27100	27100	27100	27100	27100	27100	27100	27100
AMORTIZACION ACUMULADA	0	32948	65896	98844	131792	164740	197688	230636	263584	296532	329480	362428
TOTAL ACTIVO DIFERIDO	53076	20128	-12820	-45768	-78716	-111664	-144612	-177560	-210508	-243456	-276404	-308852
TOTAL ACTIVOS	779070	878168	774785	671362	587959	464556	393753	322950	242147	181344	110541	62714
EXCESO EN CAJA	0	331432.35	769583.7	1207715.05	1645846.4	2093977.75	2507439.1	2930900.45	3354381.6	3777823.15	4201284.5	4620608.05
ACTIVO NETO TOTAL	779070	1209620.35	1544348.7	1879077.05	2213805.4	2548533.75	2901192.1	3253850.45	3606508.8	3959167.15	4311825.5	4620608.05
PASIVOS												
PASIVO CORTO PLAZO	0	29,992	29,992	29,992	29,992	29,992	29,992	29,992	29,992	29,992	29,992	29,992
PASIVO LARGO PLAZO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL PASIVO	0	29992	29992	29992	29992	29992	29992	29992	29992	29992	29992	29992
CAPITAL SOCIAL	844900	844900	844900	844900	844900	844900	844900	844900	844900	844900	844900	844900
UTILIDAD DEL EJERCICIO	0	334728.35	334728.35	334728.35	334728.35	334728.35	334728.35	334728.35	334728.35	334728.35	334728.35	334728.35
UTILIDAD ACUMULADA	0	669456.7	1004185.05	1338913.4	1673641.75	2028300.1	2378958.45	2731816.9	3084275.15	3438933.5	3793708.65	4148531.9
CAPITAL CONTABLE	844900	1179628.35	1514356.7	1849085.05	2183813.4	2518541.75	2871200.1	3223658.45	3576516.8	3929175.15	4281833.5	4620608.05
PASIVO + CAPITAL CONTABLE	844900	1209620.35	1544348.7	1879077.05	2213805.4	2548533.75	2901192.1	3253850.45	3606508.8	3959167.15	4311825.5	4620608.05

Tabla 5-20 FLUJOS NETOS DE EFECTIVO (DICL. 1988)

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
UTILIDAD NETA	0	334728.35	334728.35	334728.35	334728.35	334728.35	352858.35	352858.35	352858.35	352858.35	352858.35
DEPREC. Y AMORT.	0	103403	103403	103403	103403	103403	70803	70803	70803	70803	70803
EFFECTIVO GENERADO	0	438131.35	438131.35	438131.35	438131.35	438131.35	423461.35	423461.35	423461.35	423461.35	423461.35
APORT. DE CAPITAL	844800	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL DE INGRESOS	844800	438131.35	438131.35	438131.35	438131.35	438131.35	423461.35	423461.35	423461.35	423461.35	423461.35
INVERSI. CAP. FIJO	844800	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AMORTIZ. DE CAPITAL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CAP. TRAB. INCREMENTAL	0	172,509	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL DE EGRESOS	844800	172509	0	0	0	0	0	0	0	0	0
RECUPERACIONES	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
FLUJO NETO EFECTIVO	-844900	265622.35	438131.35	438131.35	438131.35	438131.35	423461.35	423461.35	423461.35	423461.35	423461.35
FLUJO NETO ACUMULADO	-844900	-579277.85	-141146.3	286885.05	735118.4	1173247.75	1598709.1	2020170.45	2443631.8	2867093.15	3290554.5
V.P.N ANUAL	-844900	225103.686	314659.114	266860.266	225983.276	191511.251	156863.44	132935.118	112656.88	95471.9322	80908.4171
INDICE DE RENTABILIDAD	0.00%	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42
V.P.N. (acumulado)	957853.3805										
T.I.R (%)	22.06%										
RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN : 4 AÑOS	-844900	-1424177.7	-1565323.85	-1266338.9	-533222.5	640025.25	2238734.35	4258904.8	6700536.6	8567629.75	12858184.3

Fig. 5-2 RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN SIN PRÉSTAMO FOPYME



APÉNDICE B
CONCEPTOS ECONÓMICOS

Capital:

En general, al escuchar el término de capital se asocia a la idea de dinero, pero el capital también está representado por algún conjunto de bienes.

Capital financiero:

Se considera a toda la cantidad de dinero que se invierte con el objeto de producir una renta o interés. Se puede citar a las instituciones bancarias que otorgan créditos en forma de préstamos, por los cuales cobra un interés.

Capital contable:

El capital no es el dinero solamente, ni las herramientas, maquinaria o propiedades en general, sino que se debe entender la diferencia que se obtenga de restar el valor de todas las propiedades de la organización a el importe de sus deudas.

Capital de trabajo:

Se define como el monto total del activo circulante, es la cantidad de dinero que se encuentra en bancos, cajas, materia prima, materiales en proceso, producto terminado, documentos por cobrar, clientes y deudores. Es el capital total requerido para la operación de una empresa para cumplir con su ciclo operativo.

También cuando se habla de capital se entiende la idea de toda la riqueza formada por un conjunto de bienes; en otras palabras, el capital puede estar invertido en efectivo, en títulos, valores negociables, cuentas por cobrar, mercancía, equipo, maquinaria, terrenos, edificios, servicios pagados anticipadamente, como rentas, seguros o fianzas. Se debe recordar bien que el dinero es un bien como cualquier otro y no es sinónimo de capital desde el punto de vista contable.

Activo y pasivo:

Para la contabilidad también existen términos de carácter técnico, que denotan ideas diferentes a las usadas en el lenguaje corriente. Se denomina activo a todos los bienes del comerciante o de la empresa, incluye el dinero en efectivo, cuentas pendientes de cobro, inventarios, muebles, maquinaria, terrenos, edificios, cantidades pagadas por servicios que todavía no se reciben.

Por el contrario, a las deudas, sin importar el origen de éstas o el plazo que se tenga para cubrirías, se llama pasivo. Dado lo anterior y sumando a la definición contable de capital, se deduce la fórmula del capital:

$$\text{ACTIVO} - \text{PASIVO} = \text{CAPITAL}$$

De la fórmula del capital se obtiene una forma análoga conocida como fórmula del balance general:

ACTIVO = PASIVO + CAPITAL

Activo circulante:

Es el grupo en el cual se clasifican todos aquellos valores de los cuales se puede disponer inmediatamente para invertirlos de una manera conveniente. Para las empresas dedicadas a la producción, transformación y distribución de productos se toman dentro del activo circulante: las cuentas por cobrar, el dinero y la mercancía.

Activo fijo:

Bajo esta clasificación se agrupan todas aquellas inversiones que se hacen con un carácter permanente, es decir, aquellos bienes que se adquieren con el propósito inmediato de usarlos y no de venderlos; se da la idea de inversión y no de realización.

Desde el punto de vista de productividad los activos fijos, no generan beneficios directos dado que estos se dedican al uso y no a la venta.

Clasificación del pasivo:

El pasivo se conforma de todas las deudas de la empresa, para efectos contables estas deudas se dividen en dos grupos:

- 1.- Deudas a corto plazo.
- 2.- Deudas a largo plazo.

Se ha establecido que las deudas a corto plazo son aquellas que deben cubrirse en un periodo no mayor de un año; por consiguientes una deuda a largo plazo será aquella que se cubra en un vencimiento mayor a un año.

Pasivo circulante:

Incluye a todas aquellas deudas y obligaciones cuyo vencimiento es a corto plazo, sin importar la naturaleza de las mismas.

Pasivo fijo:

Comprende todas las deudas y obligaciones a pagarse a un término mayor a un año, a partir de la fecha del balance.

Amortización:

Es la desvalorización periódica de bienes intangibles que se deriva por el uso de los mismos.

Depreciación:

Pérdida de valor de bienes tangibles debido al uso de los mismos.

Depreciación acumulada:

Es la suma de los cargos de depreciación de un activo desde su adquisición.

Rentabilidad:

Capacidad de realizar utilidades permanentes en un largo período de tiempo.

Estado de resultados o estado de pérdidas y ganancias:

Es un estado financiero que sirve para determinar los resultados netos (utilidades o pérdidas de una empresa en el transcurso de un ejercicio. Es un estado financiero en el cual se analizan con todo detalle, las cuentas de donde surgieron los ingresos y los gastos, con el objeto de llegar al resultado neto que se indica en el balance general.

Análisis del punto de equilibrio:

El punto de equilibrio se define como la igualdad de costos e ingresos por venta, es el nivel de actividad en el que no se gana ni se pierde. El punto de equilibrio o punto crítico sirve para estudiar la relación de costos, volumen de ventas, utilidades y que cambios le afectan a las ganancias.

BIBLIOGRAFÍA

ALARCÓN, A.L. (1985). EVALUACIÓN BIOLÓGICA DE TORTILLAS ELABORADAS CON MEZCLAS DE MAÍZ, SORGO (HÍBRIDO Y TARASCO). Tesis profesional. Facultad de Química, UNAM. México D.F. México.

ANUARIO ESTADÍSTICO DE LA PRODUCCIÓN AGRÍCOLA DE LOS ESTADOS UNIDOS MEXICANOS (1998). INEGI. México D.F. México.

ANUARIO ESTADÍSTICO DEL SECTOR MANUFACTURERO (1998). INEGI. México D.F. México.

ARQUEOLOGÍA MEXICANA. (1997). EL MAÍZ. Consejo Nacional para la Cultura y las Artes, Editorial Raíces S.A de C.V/Instituto Nacional de Antropología e Historia. México, D.F. México.

BADUÍ, S. (1981). QUÍMICA DE LOS ALIMENTOS. Ed. Alhambra Mexicana. Pp. 80-90. México, D.F. México.

BANCO DE MÉXICO. (1997) ESTADÍSTICAS DEL COMERCIO EXTERIOR. México D.F. México.

BANCO DE MÉXICO. (1998) ESTADÍSTICAS DEL COMERCIO EXTERIOR. México D.F. México.

BAZÚA, C.D. de, GUERRA, R. Y STERNER, H. (1979). EXTRUDED CORN FLOUR AS AN ALTERNATIVE TO LIME-HEAT CORN DLOUR FOR TORTILLA PREPARATION. J. Food Technol., 44(3):940-941.

BAZÚA, C.D. de, GUERRA, R. Y RODRÍGUEZ, A. (1976). HIGH LYSINE CORN TRADITIONAL MEXICAN PRODUCTS. Presentado en el First International Congress on Engineering and Food. Boston, Massachusetts, EEUUA. Agosto 3-7.

BONFIL G. EDITOR (1994). SEP CULTURA. EL MAÍZ FUNDAMENTO DE LA CULTURA POPULAR MEXICANA, G.V. Editores, México D.F. México.

CONASUPO (1988) OFICINA TÉCNICA DE LA DIRECCIÓN GENERAL. México D.F. México.

CROWLEY, P.R. (1975). EVALUATION OF LOW-COST EXTRUSION-COOKER FOR USE IN LESS DEVELOPED COUNTRIES. Comunicación personal.

DIRECCIÓN DE ESTUDIOS ECONÓMICOS DE NACIONAL FINANCIERA (1998). EVOLUCIÓN RECIENTE DE LAS PRINCIPALES VARIABLES ECONÓMICAS.

DURÁN, C. (1977). SORGO COMO FUENTE POTENCIAL DE ALIMENTOS.

MEZCLAS DE MAÍZ Y SORGO COMO PRODUCTOS TRADICIONALES. Informe Interno de Investigación. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. Chapingo, Méx. México.

DURÁN, C. (1978). PROCEDIMIENTO PARA COCER MAÍZ POR MEDIO DE EXTRUSIÓN. Pat. 173038. Secretaría de Patrimonio y Fomento Industrial Dpto. de Patentes, Dir. General de Invenciones y Marcas. México D.F. México.

DURÁN, C. Y GUERRA, R. (1980). LOS CENTROS DE INVESTIGACIÓN Y EDUCACIÓN SUPERIOR Y EL DESARROLLO DE AGROINDUSTRIAS. DOS PROBLEMAS TIPO. PARTE II. Nuevos productos agrícolas procesados. *Tecnol. Alimen. (Mex.)*, 15(6):4-16.

DURÁN DE BAZÚA, C. (1988). UNA NUEVA TECNOLOGÍA PARA LA EXTRUSIÓN ALCALINA DE MAÍZ Y SORGO. Monografía Tecnológica No. 2, Programa regional para el desarrollo científico y tecnológico, OEA. Eón Eds. ISBN 968-36-0576-1. 71 p. México D.F. México.

DURÁN DE BAZÚA, C. (1996). La contaminación en la industria de la masa y la tortilla. En **LA INDUSTRIA DE LA MASA Y LA TORTILLA: DESARROLLO Y TECNOLOGÍA.** F TORRES, E. MORENO, I. CHONG Y J. QUINTANILLA, Eds. IMPRENTA DE JUAN PABLOS, S.A. ISBN 968-36-4793-6. Pp. 173-193. México D.F. México.

DURÁN DE BAZÚA, C. (1996). LA EXTRUSIÓN ALCALINA, UNA TECNOLOGÍA ÚTIL PARA PROCESAR GRANOS. *INDUSTRIA ALIMENTARIA*, 18(6): 20,22,24-25,28-29.

DURÁN DE BAZÚA, C. (1984). Uso de la extrusión para substituir métodos tradicionales de cocción. En **"MEMORIAS DE LA PRIMERA REUNIÓN PANAMERICANA DE EXTRUSIÓN DE ALIMENTOS"**. PUB. CONACYT-CIATECH. Pp. 84-89. Chihuahua, Chih., México.

EL MERCADO DE VALORES. (1998). Año LVIII, Diciembre. ISSN 0185-1268, Nacional Financiera. Pp. México D.F. México.

ELWOOD, F., CALDWELL, R.B., FAST, CH., LAUHOFF, R. Y MILLER, C. (1989). UNIT OPERATIONS AND EQUIPMENT. I: BLENDING AND COOKING IN BREAKFAST CEREALS AND HOW THEY ARE MADE. Caldwell Eds. AACC. Saint Paul, Minnesota, EEUUA.

ESTADÍSTICAS DEL COMERCIO EXTERIOR DE MÉXICO (1998). INFORMACIÓN PRELIMINAR ENERO-AGOSTO DE 1998. Volumen XXI, No. 8.

ESTRADA-ANDRADE, O.C., HERRERO-SÁNCHEZ, M.L. y LARA-CHÁVEZ, A.V. (1985). HARINA DE MAÍZ NIXTAMALIZADO, ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE EL PROCESO TRADICIONAL Y EL PROCESO POR EXTRUSIÓN. Tesis

profesional. UNIVERSIDAD LA SALLE. México D.F. México.

GARCÍA-ACOSTA V (1991). **LOS SEÑORES DEL MAÍZ**. Tecnología Alimentaria en Mesoamérica, Ed. Pangea Editores S.A de C.V. Naucalpan, Edo. de México, México.

GRUPO GRUMA. (1998). Comunicación de Red Internacional (Internet). México D.F: México.

GUERRA, R. (1978). **EXTRUSIÓN, UNA NUEVA TECNOLOGÍA APLICADA AL PROCESAMIENTO DE MAÍZ NORMAL Y OPACO-2**. Tesis profesional. Facultad de Química, UNAM, México D.F México.

HAYAKAWA, K. (1969). **NEW PARAMETERS FOR CALCULATING MASS AVERAGE STERILIZING VALUES TO ESTIMATE NUTRIENT RETENTION IN THERMALLY CONDUCTIVE**. Can. Inst. Food Technol. J., 2: 167.

HERNÁNDEZ-AYALA, E., NIETO-VILLALOBOS, Z. Y DURÁN-DE-BAZÚA, C. (1996). **DETERMINACIÓN DEL EFECTO DE LA NIXTAMALIZACIÓN Y LA EXTRUSIÓN ALCALINA SOBRE EL VALOR NUTRICIO EN TORTILLAS DE MAÍZ Y SORGO. PARTE II: CONTENIDO DE TRIPTOFANO Y NIACINA**. Industria Alimentaria, 18(3):45-48.

JAMIESON M y JOBBER P. (RECOPIADORES), (1983), **MANEJO DE LOS ALIMENTOS TÉCNICAS DE CONSERVACIÓN**. Blatch Ford, S.M., Mc Failane J.A., Giles P. Lt., Andrews W. **CEREALES Y SUS PRODUCTOS**, Capítulo VII, Vol. II, Pp. 199-222, Ed. Pax México, D.F. México.

JUGENHEIMER, R.W. (1981) **MAÍZ VARIEDADES MEJORADAS, MÉTODOS DE CULTIVO Y PRODUCCIÓN DE SEMILLAS**, ISBN 968-1221-2. Limusa, México D.F. México.

LABUZA, T.P. (1972) **NUTRIENT LOSSES DURIG DRYNG AND STORAGE OF DEHYDRAED FOODS** Crit. Rev. **FOOD TECHNOL.** Septiembre, 217.

MERCIER, C., CHARBONNIERE, R., GALLANT, D. Y GUILBOT, A. (1979). **STRUCTURAL MODIFICATIONS OF VARIOUS STARCHES BY EXTRUSION COOKING WITH A TWIN SCREW FRENCH EXTRUDER**. En Polysaccharids in foods. J.M. Blanchardy J. Mitchel, eds. P. 153 Butterworths, Londres, Inglaterra.

MÉXICO, ENCICLOPEDIA DE. (1998) Tomos VIII (Maíz), Tomo XII (Tortillas) Tercera edición, México D.F. México.

MICONSA (1998). Comunicación de Red Internacional (Internet). México D.F: México.

PEÑA, S.D. Y C. DURÁN, (1990). **EFECTO TÓXICO DE LAS AFLATOXINAS EN LA DIETA**. Ciencia y Desarrollo, XVI(94):61-70.

PÉREZ, G.S.V. (1983) RECETARIO MEXICANO DEL MAÍZ. Museo Nacional de Culturas Populares, Cultura SEP México D.F. México.

PÉREZ, R. Y RODRÍGUEZ, J. (1988). ESTUDIO DE LAS CARACTERÍSTICAS REOLÓGICAS DE TORTILLAS DE MAÍZ, SORGO Y SUS MEZCLAS. Tesis profesional. Facultad de Química, UNAM. México D.F. México.

POMERANZ, Y. (1987). MODERN CEREAL SCIENCE AND TECHNOLOGY. VCH Pub. P.389. Nueva York, EEUUA.

REYES CASTAÑEDA P. (1986). FITOGENÉTICA BÁSICA APLICADA, ISBN-968-4653-02102. Limusa México. D.F México.

REYES CASTAÑEDA P. (1990). EL MAÍZ Y SU CULTIVO, ISBN-968-MZ R495. Limusa México D.F. México.

ROBLES-DE-LA-TORRE, R.R. (1986). CAMBIOS FISICOQUÍMICOS DEL ALMIDÓN EN LA NIXTAMALIZACIÓN DE MAÍZ. Tesis de Maestría. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas del IPN. México D.F. México.

SALDAÑA, M.V. (1987). COMPARACIÓN QUÍMICA Y BIOLÓGICA DE MEZCLAS DE MAÍZ Y SORGO NIXTAMALIZADAS Y EXTRUDIDAS. Tesis profesional. Facultad de Química, UNAM. México D.F. México.

SÁNCHEZ-TOVAR, S.A. (1998). ESTUDIO COMPARATIVO DE LOS CAMBIOS FISICOQUÍMICOS EN FRACCIONES ALMIDONOSAS DE MAÍZ PROCESADAS POR NIXTAMALIZACIÓN TRADICIONAL Y POR EXTRUSIÓN TERMOALCALINA. Informe de avance de tesis doctoral (Ingeniería química). Facultad de Química, UNAM. México D.F. México.

SÁNCHEZ-TOVAR, S.A. (1993). ESTUDIO DEL USO DE MODELOS DE SUPERFICIE DE RESPUESTA PARA CORRELACIONAR CARACTERÍSTICAS SENSORIALES Y DE TEXTURA DE MASAS Y TORTILLAS ELABORADAS CON HARINAS DE MAÍZ EXTRUDIDAS ALCALINAMENTE. Tesis de Maestría en Ciencias de los Alimentos (Ingeniería). Facultad de Química, UNAM. México D.F. México.

SÁNCHEZ TOVAR, S., CALDERÓN VILLAGÓMEZ, H. Y DURÁN DE BAZÚA, C. (1993). EXTRUSIÓN ALCALINA DE MAÍZ BLANCO Y AMARILLO EVALUACIONES REOLÓGICAS Y SENSORIALES DE MASAS Y TORTILLAS. Pub. Programa de Ingeniería Química Ambiental y Química Ambiental. Vol. Facultad de Química, UNAM, México D.F.

SECRETARÍA DE PATRIMONIO Y FOMENTO INDUSTRIAL. (1980). NORMA OFICIAL MEXICANA PARA HARINA DE MAÍZ NIXTAMALIZADO. NOM-F-46—S. Dirección general de Normas. México D.F. México.

URETA-BARRÓN, E. (1989). POLÍMEROS ESTRUCTURA PROPIEDADES Y APLICACIONES. Editorial Limusa México D.F. México.

TRANSCRIPCIÓN DE LA INDUSTRIA DE LA HARINA DE MAÍZ EN MÉXICO. Comunicación de Red Internacional (Internet). México D.F. México.

ULRICH, G.D, (1986). DISEÑO Y ECONOMÍA DE LOS PROCESOS DE INGENIERÍA QUÍMICA. Editorial Interamericana. México D.F. México.

VÁSQUEZ-REYES, V.M. (1990). EFECTO DE LA EXTRUSIÓN DE MAÍZ Y SORGO SOBRE LAS VITAMINAS B₁, B₂ Y NIACINA. Tesis profesional. Facultad de Química-Farmacéutica-Biológica, Universidad Veracruzana. Xalapa, Ver., México.

VÁSQUEZ-REYES, V.M., MARTINEZ, L. Y DURÁN DE BAZÚA, C. 1996. DETERMINACIÓN DEL EFECTO DE LA NIXTAMALIZACIÓN Y LA EXTRUSIÓN ALCALINA SOBRE EL VALOR NUTRICIO EN TORTILLAS DE MAÍZ Y SORGO, PARTE I: CONTENIDO DE TIAMINA, NIACINA Y RIBOFLAVINA. V.M. INDUSTRIA ALIMENTARIA, 18 (2): 24-25, 28-29, 31-34.