

FACULTAD DE QUIMICA BERZELIUS - U. I. A.
INCORPORADA A LA
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

PROYECTO DE PLANTA PARA FABRICACION
DE HARINA DE PATATA

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO QUIMICO

PRESENTA

VICENTE SAN JOSE GONZALEZ

MEXICO, D. F. 1957



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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.

a Irene, mi querida esposa

a mis padres

*a D. Luis M. Verca, Director de la
Facultad de Química "Berzelius"*

I N T R O D U C C I O N

Es la patata uno de los productos vegetales que gozan de la mayor importancia en un buen número de países, entre los que destacan casi todos - los europeos, algunos de América del Sur, y Estados Unidos.

En ellos se presentan con frecuencia años en que la cantidad de patatas cosechada es mayor que la destinada al consumo directo, lo que ha obligado a buscar la forma de almacenar los sobrantes de una manera segura y económica. Entre las mejores soluciones a este problema se encuentra la transformación del tubérculo en harina.

No se tienen actualmente estas circunstancias en México, ya que tanto - el rendimiento medio por hectárea como el consumo por habitante y año, exhiben cifras muy bajas. Pero no es aventurado suponer que el "pan de los pobres", como se llama a la patata en los países que la tienen como alimento de su economía doméstica, venga a ser en éste un producto alimenticio de uso también muy generalizado. El enorme crecimiento demográfico de México lo está pidiendo, y ya en 1951 la Oficina de Estudios Especiales de la Secretaría de Agricultura y Ganadería, emprendió una - campaña de mejoramiento en los sistemas de cultivo de patatas, y de establecimientos de nuevas superficies productoras, campaña que está dando los mejores resultados.

Y por medio de una intensa propaganda que difunda las grandes cualidades alimenticias del tubérculo que nos ocupa, se tendrá pronto el caso que ha ocurrido, por ejemplo, con el garbanzo y con el trigo, cuya pro-

ducción, estimulada por el creciente consumo alcanza hoy en día niveles insospechados.

Las reflexiones anteriores me han llevado a escoger como tema de tesis un trabajo que tal vez sea de alguna ayuda en el desarrollo agrícola - del país.

V.S.J.

C A P I T U L O I

DESCRIPCION Y CARACTERISTICAS BOTANICAS: La patata, también llamada pa
pa, tiene por nombre científico *Solanum tuberosum* L. Es una planta her-
bácea anual, de la familia de las solanáceas. Tiene tallos poco ramifi-
cados, más numerosos en climas benignos que en los fríos, que alcanzan
una altura de 40 á 80 ó más cm. Sus hojas son compuestas, desigual y -
profundamente partidas, con folíolos arrugados, vellosos y un poco áspe-
ros al tacto. Sus flores están dispuestas en corimbos terminales, con
las ramificaciones del pedúnculo articuladas, y presentan corolas mayo-
res que los cálices. Estas flores son de color blanquecino, azulado o
violáceo, según las variedades, habiendo muchos matices intermedios. --
Los frutos, agrupados en bayas carnosas, de color amarillento o verde,-
tienen la pulpa blanca e infinidad de semillas blancas también, que re-
cuerdan a las de la berengena. Las raíces son fibrosas, y en sus extre-
mos se desarrollan los tubérculos gruesos, que constituyen la parte a--
provechable de la planta.

HISTORIA: La planta que nos ocupa es originaria de los valles altos del
Perú, Chile y México, países en que era ya cultivada con anterioridad al
descubrimiento de América, y parece ser que debió a los incas su propaga-
ción. Se dice que las princesas de esa raza, lo mismo que las aztecas,
usaban los tubérculos machacados como afeite para conservar la tersura -
de la piel. Los naturalistas españoles Zárate y Acosta llevaron la pa
ta a Europa entre los años de 1560 y 1570, habiéndose empezado a culti--

var en Galicia.

Ya en 1588 se cultivaba en Borgofia, Francia, aunque su empleo como alimento apenas era conocido.

Gaspar Bauhin le dió en 1590 el nombre de Solanum tuberosum. Los piratas ingleses Walter Raleigh y Francis Drake la introdujeron en las islas británicas, procedente de la costa occidental de los Estados Unidos, donde los conquistadores ya la habían aclimatado y la usaban con éxito. Clusius en Alemania y Parmentier en Francia, la extendieron notablemente, dando a conocer sus excelentes cualidades alimenticias. Se cuenta que este último enseñó a condimentarla de más de veinte diversas maneras.

Las grandes hambres que sufrió Europa a finales del siglo XVIII, afianzaron definitivamente a la patata como un producto alimenticio básico, ya que, hasta entonces, los cereales habían sido el alimento esencial de todo el mundo occidental. Hoy en día se cultiva y aprovecha la patata absolutamente en todos los países civilizados, siendo uno de los vegetales que mayores beneficios proporcionan a la humanidad.

EPOCAS DE SIEMBRA: La altura sobre el nivel del mar hasta donde puede cultivarse la patata, depende de la latitud. En la República Mexicana, en las regiones situadas al norte del trópico de Cáncer, se la puede cultivar hasta unos 2,100 metros. Las comarcas situadas debajo de este círculo máximo tienen mayor tolerancia, pudiendo permitir su cultivo hasta a 2,600 metros de altitud.

Dada la diversidad de climas que existen en el país, es factible en muchas regiones hacer una siembra en primavera para cosechar a princii—

pios del verano, pudiéndose sembrar nuevamente en esta estación para -
obtener una segunda cosecha en pleno otoño.

La mejor fecha de siembra para la patata de secano, la determinan las
primeras lluvias, aunque hay otros factores, como heladas tardías, y
enfermedades causadas por insectos y virus, que hacen necesario modifi-
carla ligeramente. Por ejemplo, en el valle de Toluca (a unos 2,500
m. sobre el nivel del mar), la mejor época para la siembra de la pata-
ta, es la comprendida de mediados de abril a mediados de mayo, de tal
manera que las plantas ya estén bien desarrolladas para el mes de ju-
lio, que es cuando se presentan las lluvias abundantes.

VARIETADES: Las variedades de patata, que pasan de 500 y que, gracias
a las hibridaciones van aumentando de día en día, se clasifican aten-
diendo a diferentes características, como la forma, el tamaño, el co-
lor de la piel, el de la pulpa, la consistencia, la precocidad (época
de cosecha), el sabor, y el uso a que se la destina.

En México, las variedades se dividen en dos grandes ramas: criollas e
importadas.

Las criollas son aquellas variedades de patata cultivadas en lugares -
altos, por procedimientos generalmente rústicos, y cuyo cultivo lleva
muchos años de practicarse. Se conocen muchas variedades; las más im-
portantes son: Leona, Amarilla de Puebla y Rosa Criolla.

Las variedades importadas, lo han sido principalmente de Holanda. Su -
cultivo data tan sólo de unos cuantos años, pero, debido a las buenas
técnicas de cultivo que se vienen empleando, su volumen de producción

pios del verano, pudiéndose sembrar nuevamente en esta estación para - obtener una segunda cosecha en pleno otoño.

La mejor fecha de siembra para la patata de secano, la determinan las primeras lluvias, aunque hay otros factores, como heladas tardías, y enfermedades causadas por insectos y virus, que hacen necesario modificarla ligeramente. Por ejemplo, en el valle de Toluca (a unos 2,500 m. sobre el nivel del mar), la mejor época para la siembra de la patata, es la comprendida de mediados de abril a mediados de mayo, de tal manera que las plantas ya estén bien desarrolladas para el mes de julio, que es cuando se presentan las lluvias abundantes.

VARIETADES: Las variedades de patata, que pasan de 500 y que, gracias a las hibridaciones van aumentando de día en día, se clasifican atendiendo a diferentes características, como la forma, el tamaño, el color de la piel, el de la pulpa, la consistencia, la precocidad (época de cosecha), el sabor, y el uso a que se la destina.

En México, las variedades se dividen en dos grandes ramas: criollas e importadas.

Las criollas son aquellas variedades de patata cultivadas en lugares - altos, por procedimientos generalmente rústicos, y cuyo cultivo lleva muchos años de practicarse. Se conocen muchas variedades; las más importantes son: Leona, Amarilla de Puebla y Rosa Criolla.

Las variedades importadas, lo han sido principalmente de Holanda. Su cultivo data tan sólo de unos cuantos años, pero, debido a las buenas técnicas de cultivo que se vienen empleando, su volumen de producción

tiene ya gran importancia. Las mas conocidas son las variedades Alpha, Up-to-Date y Furore, cultivándose también las Gineke y Prummel.

En el norte del país privan las variedades estadounidenses, como Russet Burbank, Kathadin y Early Rose.

PRODUCCION: De acuerdo con datos no oficiales, la última cosecha levantada en la República Mexicana arrojó, en números redondos, las siguientes cantidades:

Leon:	:	90,000 toneladas
Alpha	:	70,000 "
Up-to-Date	:	70,000 "
Amarilla de Puebla:	:	15,000 "
Furore	:	10,000 "
Rosa Criolla	:	8,000 "

La producción nacional media por hectárea, es muy baja. Según estadísticas publicadas por la Dirección de Economía Rural, el rendimiento medio nacional de este tubérculo ha sido, en 1955 de 4.8 toneladas por hectárea, cantidad que contrasta notablemente con la de otros países, - los europeos en especial, en los cuales el rendimiento medio nacional - no baja de 12 toneladas por hectárea.

Como factores que contribuyen notablemente a aumentar los rendimientos, se cuentan principalmente los siguientes: uso de tubérculos grandes y enteros como semilla, elección del terreno apropiado desde el punto de vista de sus propiedades fisicoquímicas, empleo de abonos adecuados, labores profundas anteriores a la siembra, riego convenientemente aplica-

do, y uso de insecticidas y anticriptogámicos.

Es de esperar que poco a poco vayan generalizándose en México las técnicas modernas de cultivo, que incluyen los factores expuestos, para que se logren en amplias zonas los altos rendimientos logrados por ingenieros agrónomos de la Secretaría de Agricultura y Ganadería, quienes, en una pequeña extensión (7 hectáreas), han llegado a producir 32 y 34 toneladas de patata por hectárea, en terrenos exclusivamente de secano.

COMPOSICION QUIMICA: Los tubérculos de la patata se pueden dividir, según un corte transversal, en dos partes: la piel o película, que envuelve a la pulpa o carne. La piel, ordinariamente coloreada de marrón tiene poco espesor, y está constituida por material celulósico. La pulpa, en su estado natural, está formada por células grandes que contienen una gran proporción de fluido celular en el cual están suspendidos los granos de almidón.

El fluido celular es una solución acuosa de proteínas, entre las cuales destaca la tuberina, y también de aminoácidos, principalmente tirosina, histidina, lisina, arginina y triptófano. También contiene ácidos el fluido celular, además de varias sales de compuesto inorgánicos, como fosfato de potasio.

Los granos de almidón de patata tienen un tamaño muy variable, que está comprendido entre 15 y 100 micras. Los mayores tienen forma oval, semejando conchas de ostra por sus estrías concéntricas pronunciadas. Los granos pequeños son generalmente redondeados, y sus estriaciones no son

muy visibles. El núcleo de los granos puede verse distintamente en muchos de ellos en forma de tilda, situado en el extremo más estrecho — del grano.

El agua es el componente principal del tubérculo entero, arrojando un porcentaje de 65% al 85%, según las variedades y los terrenos donde — se cultivan. Los almidones varían entre el 10% y el 25%. También — existen azúcares libre y el glucósido (según algunos es un alcaloide), llamado solanina, que existe en cantidades que fluctúan entre 30 y 130 mgrs./kg. Si los tubérculos llegasen a poseer más de 20 mgrs./kg., se rían venenosos, pero esta concentración tan elevada sólo ocurre en casos verdaderamente excepcionales.

Las cenizas, que suelen constituir el 1% del total, contienen principalmente K_2O , P_2O_5 , SO_3 , MgO , Na_2O y CaO , existiendo cantidades menores de Fe_2O_3 , SiO_2 y Cl .

Aparte de las proteínas y aminoácidos ya citados, se encuentran globulinas y proteosas. Como ácidos orgánicos, el principal es el oxálico, presentándose en proporción de 0.04%.

La patata no es un producto vegetal rico en vitaminas; la única que — existe en cantidades dignas de mención, es la vitamina C, cuyo valor — promedio alcanza la cifra de 0.15 grs/kg.

Los principales encimas encontrados en la patata, son la tirosinasa — (mezcla de fenolasa, una aminoacidasa y un encima condensable desconocido), la oxidasa, la catalasa, la polifenoloxidasas y una oxidorreductasa. La tirosinasa, al actuar sobre la tirosina, produce la melanina y a ello se debe el oscurecimiento de las superficies recién cortadas.

La tabla de la página siguiente, tomada de "Composición de Alimentos - Mexicanos", publicada por el Instituto Nacional de Nutriología, da idea de la composición de las patatas cultivadas en distintos estados del país.

Explicaciones a la tabla:

e.n.n. = extracto no nitrogenado

#	Nombre vulgar	Procedencia
(1)	patata	Michoacán
(2)	patata	México
(3)	patata	Veracruz
(4)	patata	Michoacán
(5)	patata amarilla	Guerrero
(6)	patata amarilla	Guerrero
(7)	patata amarilla	Puebla
(8)	patata colorada	Morelos
(9)	patata criolla	Puebla

humedad en gra.	84.7	77.9	77.0	84.4	75.8	74.7	76.7	80.3	83.2
cenizas en gra	0.9	1.1	1.1	0.7	1.1	1.5	0.9	1.0	0.9
extr. estereo gra.	0.06	0.08	0.10	0.09	0.06	0.08	0.07	0.10	0.06
proteínas en gra.	1.87	1.37	1.25	0.75	1.72	1.62	1.62	1.94	1.81
fibra cr. en gra.	0.42	0.59	0.42	0.61	0.37	0.35	0.49	0.32	0.40
e. n. n. en gra.	12.05	18.96	20.13	13.45	20.85	21.75	20.22	16.30	13.63
calcio en mgrs.	19	19	14	10	13	9	11	13	11
fósforo en mgrs.	28	42	64	34	54	51	34	52	33
hierro en mgrs.	4.60	2.71	2.74	2.74	0.02	2.61	1.18	2.61	0.34
caroteno mgrs.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.02	0.00
tiamina mgrs	0.06	0.09	0.11	0.06	0.11	0.10	0.06	0.12	0.06
niacina mgrs.	0.92	1.42	1.22	0.00	2.06	2.85	0.95	2.27	0.86
ac. ascórbico mg.	13.7	0.00	0.00	15.7	29	12.1	9.00	15.3	10.2
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)

C A P I T U L O · I I

GENERALIDADES: Todos los productos vegetales están expuesto a profundas transformaciones, sea por las reacciones enzimáticas que se producen espontáneamente en ellos a medida que pasa el tiempo, sea por acción de los microorganismos de las más diversas especies, sea por los cambios de humedad y temperatura del ambiente que los rodea.

Quando el producto alimenticio en cuestión forma parte de un vegetal vivo (fruta, tubérculo, raíz, etc.), sus enzimas guardan un equilibrio biológico; al separar esta parte del resto de la planta, algunos de estos enzimas empiezan a mostrar una gran actividad orientada en un sentido determinado, lo que da como resultado la alteración del producto alimenticio en un tiempo variable, pero no ilimitado.

El contenido de agua del producto es el factor que gobierna casi siempre el tiempo de conservación; así tenemos que los granos y frutos secos (en los oleaginosos influye también el contenido de grasa), se pueden guardar enormes períodos de tiempo sin que sufran cambios, mientras que en las verduras, hortalizas y frutas secas, con un alto porcentaje de humedad, los cambios fisicoquímicos en su constitución se empiezan a notar a las pocas horas de haber sido cosechadas.

Los microorganismos encuentran un excelente sustrato en los productos vegetales cuyo contenido de humedad es alto, dando lugar a fermentaciones o a putrefacciones, según que predominen los almidones y azúcares, o las proteínas.

Los cambios de humedad y temperatura del medio ambiente, por pequeños -- que sean, tienen gran influencia en la conservación de los productos -- alimenticios de origen vegetal. En el caso de semillas, estos cambios pueden provocar la germinación, y siempre trastornan la respiración del producto. Mientras mayor sea la cantidad de agua existente en los productos vegetales, más sensible será este producto.

Sea cual sea la causa de la alteración, el contenido de humedad, regula siempre su amplitud en función del tiempo. De aquí que siempre haya -- constituido un problema la conservación de verduras, hortalizas y frutas frescas.

MÉTODOS DE CONSERVACION: Para los productos alimenticios de origen vegetal, los mas acostumbrados son la desecación, el enlatado y la congelación.

La desecación o secado, tiene por objeto reducir el contenido de humedad en el producto vegetal hasta un límite tal que no le afecten los -- factores que acabamos de exponer, lográndose además otras ventajas, como son la reducción del volumen y la facilidad de manejo del producto -- seco.

El secado al sol, se ha venido practicando desde tiempo inmemorial en -- muchas clases de frutas y forrajes. De esta forma, si no se rebaja -- grandemente la proporción de agua, ni se le confina a un límite que posibilita la conservación del producto por un tiempo mayor.

Modernamente se han introducido otros sistemas de secado, como son: la sustitución del agua por grasa, y el uso de disolventes orgánicos como

medios deshidratantes. Su empleo, dado el alto costo de la operación, se limita a escala de laboratorio.

La deshidratación del producto mediante calor producido artificialmente, es el medio más barato y eficaz para tratar todos los productos alimenticios de procedencia vegetal. De acuerdo con su naturaleza, con la forma y características del producto final y de las condiciones de operación, se emplean secadores de tipos muy diversos. Los principales de esos tipos son: de tambor, de bandejas, de banda continua, espreadores, rotatorios, de túnel, de corriente de aire (air lifts), de capa líquida, hornos, depósitos secadores (bin fishers), etc.

DIFERENTES TIPOS DE PATATAS DESECADAS: Observando los datos sobre la composición química de la patata que hemos expuesto en el capítulo anterior, lo primero que salta a la vista es la gran cantidad de agua que existe en este tubérculo. Tal hecho coloca a la patata entre los productos vegetales difíciles de conservar, por lo que actualmente se siguen diversos procedimientos para secarla. Ellos son: patatas deshidratadas, gránulos de patata, hojuelas y harina de este tubérculo. No incluimos a las patatas fritas, que constituyen también un producto parcialmente seco, porque en su fabricación no interviene directa y principalmente el calor como medio secante.

Las patatas deshidratadas se pueden presentar en forma de rodajas, tiras o cubos. La preparación, a grandes rasgos, consiste en lavar los tubérculos, desechar los defectuosos, pelarlos por medio de lejía, lavar de nuevo para quitar la alcalinidad, cortar las patatas en la forma

oseana, y luego escaldarlas. Esta palabra quiere decir que se pasa una corriente de vapor durante un periodo de corto tiempo, de 3 á 6 minutos, con objeto de inactivar la peroxidasa. además de conservar lo mejor posible el color del producto. Después de escaldar, el producto es rociado con una solución de sulfito de sodio en tal proporción que se tengan al final de la operación de 200 á 250 p.p.m. de SO_2 . Si se emplean secadores a fuego directo cuyo combustible tenga algo de azufre, se puede omitir este paso. La deshidratación, que es la operación inmediata, se efectúa en secadores de túnel, de transportadores, o de fuego directo. El producto final tiene un contenido de humedad entre el 7 y el 12. Se emplean las patatas deshidratadas para consumirse directamente en la alimentación humana, una vez rehidratadas.

Los gránulos o granos de patata, son un producto de fabricación muy reciente, ya que empezaron a usarse por los ejércitos norteamericanos en la segunda guerra mundial. Su fabricación es parecida a la de las patatas deshidratadas, ya que los pasos anteriores al escaldado son los mismos. Luego de cortados los tubérculos, se cuecen los trozos a vapor durante 35 minutos de tal manera que se obtenga un producto harinoso, que se amasa a continuación entre dos tambores giratorios y luego se mezcla con gránulos previamente secos, hasta que el producto mezclado tenga de 25 á 40% de agua. En este momento se pueden agregar sólidos de leche desengrasada. Durante la mezcla se practica el sulfitado, siguiendo a continuación el granulado, el acondicionamiento, el esponjamiento, y el secado en secadores de aire caliente. Con este complicado proceso se -

logra un producto que se puede rehidratar muy fácilmente, ya que no se han lesionado las células de la patata, y por ello estos gránulos se emplean lo mismo que si fuesen patata fresca, en usos culinarios.

El tercer producto a que nos hemos referido, son las hojuelas de patata; su procedimiento de fabricación consiste en seguir las mismas operaciones que para la fabricación de gránulos hasta el amasado inclusive, y de allí se pasa el producto a un secador de doble tambor, en el cual, unas rasquetas van despegando la película formada, con lo que al propio tiempo se producen unas hojuelas finas, parecidas a las de avena o maíz, que se utilizan también para reemplazar a los tubérculos frescos en lugares de difícil acceso para éstos.

HARINA DE PATATA: El significado de este nombre da lugar a frecuentes confusiones, ya que se aplica muchas veces a la fécula o almidón de patata. Lo que entenderemos en el presente trabajo por harina de patata, es la que se produce aprovechando todos los sólidos del tubérculo, sin separar la fibra y las proteínas, como se hace durante la fabricación del almidón.

La harina de patata se emplea no sólo en la alimentación humana, como los otros tipos de patatas deshidratadas que acabamos de ver, sino también como un excelente pienso para toda clase de animales, además de constituir una materia prima para industrias de fermentación (alcohol y cerveza), y para fábricas de almidón.

La harina de patata resulta ser la forma más apropiada para poderla almacenar indefinidamente, reduciendo a la quinta parte el volumen origi

ginal del tubérculo, con la consiguiente economía en gastos de transporte y almacenamiento, permitiendo además dar salida al mercado a las patatas de desecho, que no encuentran una venta inmediata.

FABRICACION DE LA HARINA DE PATATA: Existen para ello dos procedimientos, según que se la destine exclusivamente al consumo humano, o también a los otros usos consignados, sin dejar de aprovecharse para alimento del hombre.

El primer procedimiento de fabricación consiste en lavar los tubérculos para quitarles la tierra que puedan llevar adherida, escogerlos para retirar los dañados, mondarlos a la lejía y cocerlos durante 30 minutos a 3 lb/in² man., y por 10 minutos más a la presión de 10 lb/in² man. Las patatas cocidas se desintegran a continuación en un molino de martillos desprovisto de criba. Se obtiene así una masa cremosa, que se trata con SO₂ en proporción de 0.075%, en un tanque de madera en cuyo interior se mueve un agitador de bronce. El siguiente paso es el secado, que se lleva a cabo en secadores de doble tambor que tienen unos rodillos pequeños para distribuir uniformemente la masa. El producto seco, con un contenido de humedad alrededor de 9%, se muele en un molino de martillos y se tamiza a 60 mallas, envasándose en sacos de papel. Mediante el mondado y el sulfitado se logra un producto de color claro, que proporciona al rehidratarse un puré enteramente igual que el hecho con patatas frescas.

El segundo procedimiento difiere del ya descrito en su simplicidad, ya que sólo consiste en lavar las patatas, reducir las a papilla y secarlas

en secadores a fuego directo. La harina resultante tiene un color más moreno, pero su análisis químico es muy similar al de la harina elaborada con el otro proceso, y sus cualidades de rehidratación son las mismas, así que es perfectamente factible su utilización en la nutrición humana. Esta clase de harina de patata será la que detallaremos en el capítulo siguiente, y que juzgamos será el más apropiado para ser puesto en práctica cuando las circunstancias lo requieran.

ANÁLISIS QUÍMICO: Una harina de patata típica, tiene el análisis químico siguiente (según Treadway):

Humedad:	7.2%
Cenizas:	3.2%
Proteínas:	8.0%
Grasas:	1.4%
Fibra cruda:	1.6%
Carbohidratos:	78.6%

En las cenizas se encuentran: Calcio: 0.03%, Magnesio: 0.1%, Potasio: 1.59%, Sodio: 0.01%, Hierro: 0.03%, Cobre: 0.001%, Fósforo: 0.18%, Azufre: 0.12%, Cloro: 0.12%, Silicio: 0.01% .

USOS: Ya dejamos reseñados los principales, que son: para alimento y para pienso. Además, se emplea la harina de patata como materia prima para la fabricación de almidón y de alcohol etílico, a cuyo objeto ya se elaboraba en Alemania desde principios del siglo actual. La industria cervecera la utiliza en pequeñas proporciones para la fabricación

del mosto, y la industria galletera la usa como ayuda en las operaciones y como ingrediente en las fórmulas. En el primer caso, se emplea para empolverar las bandas de lona de los transportadores, las moldeadoras y las troqueladoras, a fin de evitar que las galletas crudas se peguen a ellas. También se espolvorea en la superficie de la masa en fermentación con objeto de que no se formen costras. Como ingrediente se usa en varias clases de galletas, principalmente en las sodas de patata, de las cuales reseñamos su fórmula: harina de trigo: 100 lbs. harina de patata: 40 lbs. almidón de patata: 20 lbs. patatas frescas, hervidas: 40 lbs. sal: 2 lbs. queso cottage: 5 lbs. manteca de vaca: 16 lbs, agua: 20 lbs. Se pone en la mezcladora el almidón, la harina de patata y los tubérculos hervidos; se mezclan durante 5 minutos. Se agregan el agua, la sal, el queso y la mantequilla. Se mezcla todo otros 5 minutos. Se añade la harina de trigo y se vuelve a amasar. Se espolvorea sal sobre las galletas ya troqueladas, y, una vez cocidas, se rocían con aceite de coco.

La industria panificadora emplea en muchos de sus productos harina de patata porque comunica a la corteza un color más subido, y a la miga una textura más agradable, al propio tiempo que el pan producido se conserva tierno por un tiempo mayor que el pan ordinario.

También emplean harina de patata los fabricantes de sopas en polvo, — los de charcutería y ciertas industrias chocolateras.

C A P I T U L O I I I

Descripción del proceso: (Véase el diagrama de flujo en la página siguiente).

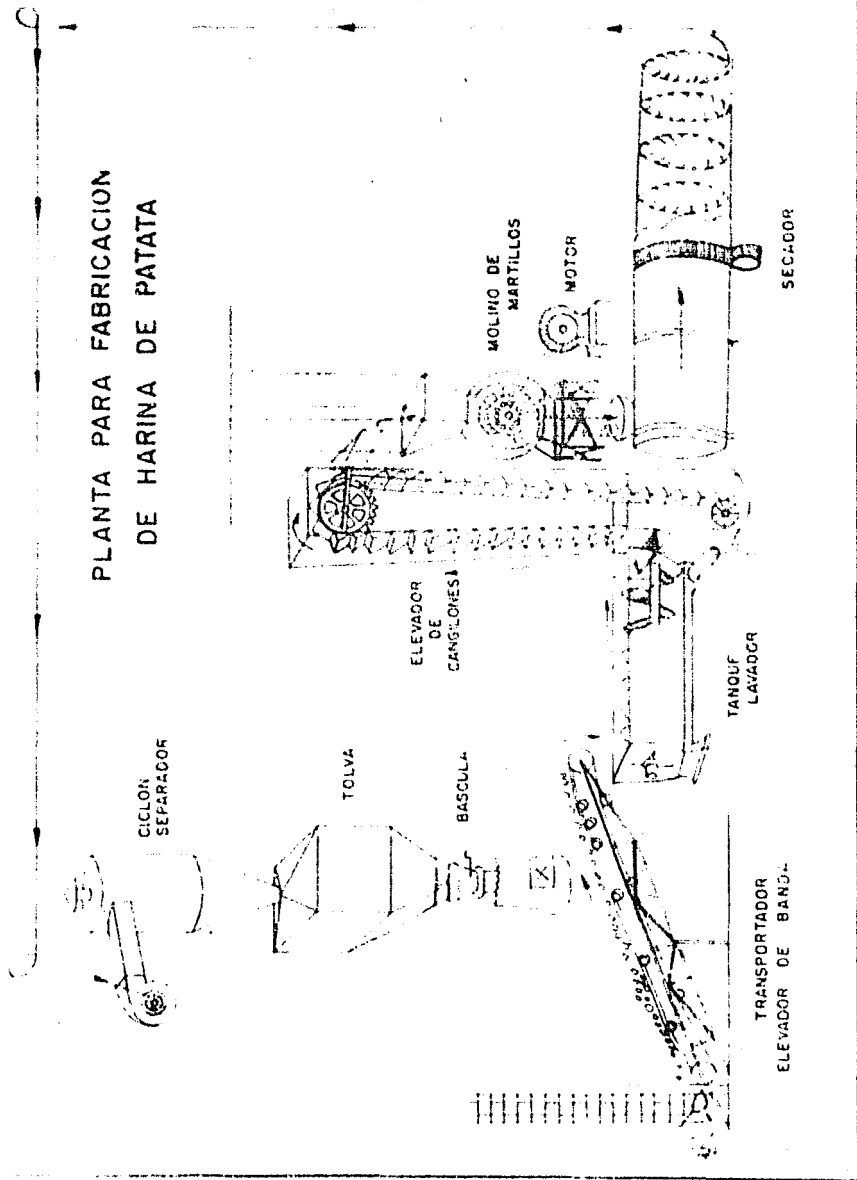
La patata, a granel o en sacos, se descarga y se almacena en la bodega. De ésta se lleva a pala hasta la base de un transportador-elevador de banda, el cual lleva a cabo la carga del tanque lavador. Al salir de éste, los tubérculos van a un elevador de cubiletes, quien los arroja en la tolva de entrada de un molino de martillos. La masa producida por este molino, cae por gravedad hasta el secador de gases de combustión, donde, al propio tiempo que se va secando, avanza hasta la salida, y allí ya se tiene la harina de patata. Este producto es aspirado, junto con los gases de combustión, por medio de un ventilador, quien los lleva hasta un ciclón separador. Este ciclón deja escapar los gases y hace caer la harina a una tolva, de donde pasa finalmente a una báscula envasadora. La báscula va llenando sacos de papel que se cosean y se llevan a mano hasta el depósito de producto terminado.

Cálculo del equipo: Se tomará como base el siguiente consumo: 30,000 - Kgs. de patata fresca en 24 horas, es decir, 66,120 lbs/24 hrs.

El equipo que se usa será:

- 1.- Transportador-elevador de banda
- 2.- Tanque lavador
- 3.- Elevador de cubiletes
- 4.- Molino de martillos.

PLANTA PARA FABRICACION
DE HARINA DE PATATA



CICLON
SEPARADOR

TOLVA

BASCULA

ELEVADOR
DE
CANGILONES

MOLINO DE
MARTILLOS

MOTOR

TANQUE
LAVADOR

TRANSPORTADOR
ELEVADOR DE BANDA

SECADOR

5.- Secador a gases de combustión

6.- Ciclón separador

7.- Tolva de almacenamiento.

En todo este equipo interesa saber las dimensiones y la potencia del motor que habrá de impulsarlo. En el secador a gases de combustión hay que calcular también el consumo de combustible.

1.- Transportador-elevador de banda: El objeto de este transportador es el de llevar las patatas desde la bodega hasta el tanque lavador. Debe asegurar una alimentación continua y uniforme, lo cual no se logra cargando a mano el tanque lavador. Además, dada su longitud y su baja velocidad, permite seleccionar las patatas durante su trayecto, retirando las dañadas así como la basura gruesa que pudiera acompañarlas. Le llamamos elevador porque sube las patatas a una pequeña altura, suficiente para alcanzar la parte superior del tanque lavador.

La cantidad de material que transportará por hora es:

$$\frac{\text{lbs. de patata al día}}{24} = \frac{66,120}{24} = 2,755 \text{ lbs/hr.}$$

Considerando que cada tubérculo tendrá un diámetro promedio de 3-1/2 in. (recuérdese que serán las patatas de desecho del mercado de consumo) — consultamos el catálogo de la fábrica Stephens-Adanson, con objeto de seleccionar el ancho, y tomamos 12 in. como ancho adecuado para la banda transportador. Esto satisface la concordancia que debe haber con el diámetro del tanque lavador, que también será de 12 in., según veremos más adelante.

La velocidad lineal de transporte, la calculamos por la fórmula de -- Goodrich:

$$S = \frac{12000000 T}{(B + 180) B^2 D}$$

En la cual: S es la velocidad en ft/min. T es la carga, en $\frac{\text{ton}}{\text{hr}}$, B es el ancho de la banda en in. D es la densidad del material en lb/ft³.

Para encontrar T, hacemos: $\frac{2755}{2000} = 1.3775 \text{ ton/hr.}$

D para la patata fresca vale 44 lb/ft³ (manual de Perry).

Reemplazamos los valores en la fórmula, teniendo:

$$S = \frac{12000000 \times 1.3775}{(12 + 180) \times 12 \times 12 \times 44} = 13.6 \text{ ft/min.}$$

Para compensar la mala distribución de la carga en la banda, hay que -- tomar esta velocidad sumada del 60%, y entonces:

$$S = 13.6 \times 1.6 = 21.76 \text{ ft/min.}$$

Tomamos como dato práctico: 22 ft/min.

Cálculo de la potencia del motor: Para encontrar la fuerza mínima necesaria, hacemos uso de la fórmula que recomienda el catálogo de la -- Stephens-Adamson, según la cual, la fuerza total es la suma de la fuerza necesaria para vencer la fricción, más la fuerza requerida para -- transportar la carga horizontalmente, más la fuerza que se necesita pa -- ra elevar la carga a la altura que haga falta.

$$HP = \frac{C (L + I_0) (0.03 QS)}{990} + \frac{(L + I_0) C T}{990} + \frac{TH}{990}$$

En esta fórmula, C es un factor de fricción que vale 0.03 según el ca--

tálogo citado; L es la longitud del transportador, que tomamos como 21 ft.; L_0 es una constante de longitud, que vale 150; Q es un factor del ancho de la banda, igual a 12; S es la velocidad de transportador en ft/min.; T es la carga, en ton/hr.; H es la altura de descarga en ft.- Tomamos H como ft., por exigirlo así la altura del tanque lavador. Substituímos los valores en la fórmula:

$$HP = \frac{0.03(21 + 150)(0.03 \times 12 \times 22)}{990} + \frac{0.03(21 + 150)}{990} + \frac{2 \times 1.3775}{990}$$

$$HP = 0.05$$

De esta manera tenemos la potencia teórica mínima indispensable para - remover la carga. Como en la práctica no se aprovecha la potencia del motor en un 100%, debido a las reducciones que haya que hacer para tener la baja velocidad necesaria, y debido también a las fluctuaciones que experimenta la energía eléctrica, tenemos que tomar un motor de mayor potencia, que nos sitúe además dentro de una potencia lógica para motores comerciales. En tal virtud, tomamos un motor de 1/4 de HP.

Características de la banda transportadora: Basándonos en el ancho, - el diámetro medio del producto a transportar y la velocidad que debe - llevar, seleccionamos una banda de lona de 3 capas, con un peso de 32 onzas y con una cubierta de caucho de 1/8 in. de grueso.

2.- Tanque lavador: Servirá para despojar a los tubérculos del polvo - que lleven adherido y que, de no quitarlo, significaría una considera- - ble merca de la calidad del producto terminado. Además, en este tanque se separan las piedrecillas, la paja, en una palabra, todas las impure- - zas que acompañen a las patatas. Este tanque tendrá una forma similar

a la de un transportador de rosca, es decir, una caja cilíndrica en cuyo interior se mueve una rosca de hélices en espiral. Estará dotada de un falso fondo, constituido por una lámina con perforaciones redondas de 1/2 in. de diámetro. La rosca tendrá 12 in. de diámetro exterior, y estará construida de cerdas sujetas a un tubo central de madera, de 4 in. de diámetro, provisto exteriormente de cerdas de 1 in. de alto. Al girar este tornillo, va llevando al producto hasta la salida, en tanto que una corriente de agua lo lavará. Las cerdas contribuyen a frotar las patatas y a limpiarlas intensamente, sin deteriorarlas. La longitud del tornillo sin fin será de 15 ft. Consideramos que los túberculos ocupan el 15% de la capacidad total del tanque.

Las revoluciones por minuto a que debe girar la rosca, se calculan de la manera siguiente: Extrapolando en la carta de la página 226 del catálogo de la Stephens-Adamson, encontramos que para una capacidad del tanque del 15%, manejando material con un peso específico de 44 lbs/ft³, la carga es de 282.04 lbs/hr, a una revolución por minuto.

En consecuencia, para hallar las revoluciones por minuto hacemos:

$$\text{R.P.M.} = \frac{2755}{282.04} = 9.83. \text{ Tomamos } 10 \text{ R.P.M.}$$

La potencia del motor se calcula según la fórmula de la página 2234 del Manual de Perry:

$$\text{HP} = \frac{WLC}{33000}$$

En la que W es el peso del material en lb/min. L es la longitud del transportador de rosca en ft. C es una constante que, para patatas y materiales análogos, vale 1.3

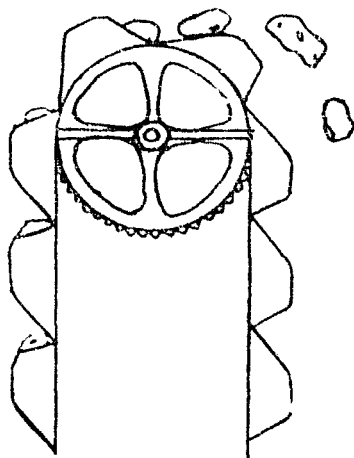
Entonces,

$$\text{HP} = \frac{2755 \times 15 \times 1.3}{60 \times 33000} = 0.028 \text{ HP}$$

esa potencia, corresponde, como en el caso anterior, a la estrictamente necesaria para efectuar el trabajo. Por las mismas razones expuestas - en el párrafo anterior, escogemos un motor de 1/4 de HP.

3.- Elevador de cubiletes: Tendrá una altura de 16 ft., que es la necesaria para subir el material hasta la parte superior del molino de martillos y que de - éste caiga al secador, cuyo diámetro será - de 2-1/2 ft.

Del catálogo de la Stephens-Adamson seleccionamos un elevador de cubiletes de tipo - continuo, es decir, que los cubiletes o - cangilones van uno a continuación de otro y su diseño es tal, que al descargar el material, el fondo de un cubilete guía al material descargado por el cubilete siguiente.-



El dibujo a la derecha sirve para ilustrar lo expuesto. Las dimensiones de los cangilones son: 10 in. de ancho, 7 in. de perfil y 11-3/4 in. de altura. Van unidos por una cadena que los sujeta por su parte posterior. Para encontrar la velocidad interpolamos en la tabla de la página 194 - del catálogo citado, y encontramos que para una carga de 1.3775 ton/hr. de un material cuyo peso específico sea de 44 lb/ft³, y que llene el 30% del volumen total de los cubiletes, la velocidad lineal de éstos será de 28 ft/min. Esta velocidad evita que los bordes de los cangilones deterioren a los tubérculos.

Potencia del motor: la encontramos haciendo uso de la fórmula:

$$HP = \frac{711}{550}$$

en la cual T es la carga en ton/hr., y H es la altura del elevador en ft.

$$HP = \frac{1.3775 \times 15}{550} = 0.04 \text{ HP}$$

Nuevamente tomamos un motor de 1/4 de HP, por las razones citadas al calcular las unidades anteriores.

4.- Molino de martillos: la función de esta máquina será reducir las patatas a una especie de puré, que facilita su secado.

Los datos fundamentales que se necesitan para calcular un molino de martillos, son: cantidad del producto a moler y tamaño de las partículas a que quedará reducido el material. Existen tres fórmulas al efecto, siendo la de Rittinger la más empleada.

En nuestro caso, desconocemos el segundo dato necesario, es decir, el tamaño de las partículas después de haber sufrido la molienda, puesto que, como acabamos de dejar indicado, el producto resultante de la molienda será una papilla, en la que no es factible determinar el diámetro de las partículas. Tenemos que guiarnos pues exclusivamente por las indicaciones que al efecto suministran los fabricantes de equipo.

En el catálogo de la casa Ateliers Bop, de Haren-Bruselas, Bélgica, encontramos que el molino "Agritop 3 F", tiene una capacidad de 1500 Kgs/hr de tubérculos frescos, empleando una malla exterior de 7 m/m. de diámetro de sus perforaciones redondas. Este es el que nos conviene emplear. Tiene 12 martillos libres, que deben girar a 4,500 R.P.M. — Estos martillos golpean el tubérculo, reduciéndolo a partículas que cuando tienen un tamaño que les permita salir por las perforaciones de

en la cual T es la carga en ton/hr., y H es la altura del elevador en ft.

$$HP = \frac{1.3775 \times 15}{550} = 0.04 \text{ HP}$$

Nuevamente tomamos un motor de 1/4 de HP, por las razones citadas al calcular las unidades anteriores.

4.- Molino de martillos: la función de esta máquina será reducir las patatas a una especie de puré, que facilita su secado.

Los datos fundamentales que se necesitan para calcular un molino de martillos, son: cantidad del producto a moler y tamaño de las partículas a que quedará reducido el material. Existen tres fórmulas al efecto, siendo la de Rittinger la más empleada.

En nuestro caso, desconocemos el segundo dato necesario, es decir, el tamaño de las partículas después de haber sufrido la molienda, puesto que, como acabamos de dejar indicado, el producto resultante de la molienda será una papilla, en la que no es factible determinar el diámetro de las partículas. Tenemos que guiarnos pues exclusivamente por las indicaciones que al efecto suministran los fabricantes de equipo.

En el catálogo de la casa Ateliers Bop, de Haren-Bruselas, Bélgica, encontramos que el molino "Agribop 3 F", tiene una capacidad de 1500 Kgs/hr de tubérculos frescos, empleando una malla exterior de 7 m/m. de diámetro de sus perforaciones redondas. Este es el que nos conviene emplear. Tiene 12 martillos libres, que deben girar a 4,500 R.P.M. — Estos martillos golpean el tubérculo, reduciéndolo a partículas que, cuando tienen un tamaño que les permita salir por las perforaciones de

en la cual T es la carga en ton/hr., y H es la altura del elevador en ft.

$$HP = \frac{1.3775 \times 15}{550} = 0.04 \text{ HP}$$

Nuevamente tomamos un motor de 1/4 de HP, por las razones citadas al calcular las unidades anteriores.

4.- Molino de martillos: la función de esta máquina será reducir las patatas a una especie de puré, que facilita su secado.

Los datos fundamentales que se necesitan para calcular un molino de martillos, son: cantidad del producto a moler y tamaño de las partículas a que quedará reducido el material. Existen tres fórmulas al efecto, siendo la de Rittinger la más empleada.

En nuestro caso, desconocemos el segundo dato necesario, es decir, el tamaño de las partículas después de haber sufrido la molienda, puesto que, como acabamos de dejar indicado, el producto resultante de la molienda será una papilla, en la que no es factible determinar el diámetro de las partículas. Tenemos que guiarnos pues exclusivamente por las indicaciones que al efecto suministran los fabricantes de equipo.

En el catálogo de la casa Ateliers Bop, de Haren-Bruselas, Bélgica, encontramos que el molino "Agribop 3 F", tiene una capacidad de 1500 Kgs/hr de tubérculos frescos, empleando una malla exterior de 7 m/m. de diámetro de sus perforaciones redondas. Este es el que nos conviene emplear. Tiene 12 martillos 1 libras, que deben girar a 4,500 R.P.M. — Estos martillos golpean el tubérculo, reduciéndolo a partículas que, cuando tienen un tamaño que les permite salir por las perforaciones de

la criba, abandonan la cámara de molienda. El agua que sale de las patatas, arrastra estas partículas, impidiendo que se atasque la criba. el motor necesario, también según datos del catálogo citado, es de 7-1/2 HP.

5.- Secador a gases de combustión: Cálculo de la cantidad de calor necesaria para el secado:

Mediante una balance de calor, llegamos a la conclusión de que el calor necesario para el secado, será la suma de cuatro factores, a saber: 1) Calor para elevar la temperatura del material sólido desde la temperatura de entrada hasta la de secado. 2) Calor para elevar la temperatura de la humedad residual en el material desde la temperatura de entrada hasta la de secado. 3) Calor para hacer pasar el agua al estado gaseoso. 4) Calor para llevar al vapor de agua desde la temperatura de ebullición hasta la de salida de los gases.

Llamando q_1 , q_2 , q_3 , q_4 a cada una de estas cantidades de calor, tenemos que, $Q_{total} = q_1 + q_2 + q_3 + q_4$.

$$q_1 = SC_{p1}(t_1 - t_0)$$

$$q_2 = S W_1 C_{p2}(t_1 - t_0)$$

$$q_3 = S(W_0 - W_1)C_{p2}(t_0 - t_0) + S(W_0 - W_1) \text{ Lambda} t_0$$

$$q_4 = S(S_0 - W_1) 0.48(T_1 - t_0)$$

En donde S es la cantidad de producto completamente seco, es decir 2755 (1-0.8) = 551 lb.

C_{p1} es el calor específico de las patatas, estimado en 0.6 Btu/lb.°F

C_{p2} es el calor específico del agua, que vale 1.

t_0 es la temperatura de alimentación. La tomamos como 21°C , es decir, 70°F .

t_1 es la temperatura final. Vale $76.6^\circ\text{C} = 17^\circ\text{F}$.

t_g es la temperatura de ebullición, tomada como $92.3^\circ\text{C} = 198^\circ\text{F}$.

T_1 es la temperatura de salida de los gases. $110^\circ\text{C} = 220^\circ\text{F}$.

λ_{t_g} es el calor latente de evaporación del agua a 198°F , que vale 979.5 Btu/lb .

W_0 es la cantidad de agua en el material al entrar al proceso, expresada por libra de material seco. Para hallarla, hacemos:

$$W_0 = \frac{W_{h_0}}{1 - W_{h_0}}$$

siendo W_{h_0} la humedad inicial en la patata fresca tomando como base 1,

es decir, que W_{h_0} vale 0.8. Entonces, $W_0 = \frac{0.8}{1-0.8}$

$W_0 = 4\text{ lbs. agua/lb patata seca}$.

W_1 es la cantidad de agua en el material a la salida del proceso, expresada igualmente por libra de material seco. Hacemos:

$$W = \frac{W_{h_1}}{1 - W_{h_1}}$$

siendo W_{h_1} la humedad final de producto tomando como base 1, o sea, 0.1.

Entonces,

$$W_1 = \frac{0.1}{1-0.1} = 0.11\text{ lb. agua/lb. patata seca}$$

Con todos estos datos, transformamos en valores numéricos las ecuaciones del balance de calor.

$$q_1 = 551 \times 0.6 (170 - 70)$$

$$q_2 = 551 \times 0.11 \times 1(170 - 70)$$

$$q_3 = 551(4 - 0.11) \times 1(198 - 70) + 551(4 - 0.11) \times 979.5$$

$$q_4 = 551(4 - 0.11) \times 0.48(220 - 198)$$

$$Q_{total} = 2435560 \text{ Btu/hr.}$$

En el secador, puesto que es a gases de combustión, necesitaremos un quemador que proporcione esta cantidad de calor, mediante gases que entren a la temperatura de 1500° F. El combustible usado será aceite Diesel, de Petróleos Mexicanos, con la siguiente composición elemental:

C : 84.5%

H : 13.5 %

S : 2.0 %

El poder calorífico de este combustible es de 19500 Btu/lb.

Necesitamos conocer la cantidad de oxígeno necesaria para la combustión total de este Diesel. La encontraremos mediante un balance de material.

Tomamos como base 1 lb. de aceite Diesel, y hacemos:

elemento	%	en 1 lb.	moles/lb.
C	84.5	0.845	0.0704
H	13.5	0.135	0.0675
S	2	0.020	0.0007

La cantidad de oxígeno que se combinará con estos elementos, será: para el C : 0.0704; para el H: $\frac{0.0675}{2} = 0.03475$; para el S ; 0.0007. El total es la suma de estos tres términos, es decir,

$$0.10485 \text{ moles/lb. de Diesel}$$

Como este oxígeno se tomará del aire, la cantidad de nitrógeno que le acompañará es, despreciando el porcentaje debido a gases nobles e impurezas del aire: $0.10485 \times 79/21 = 0.39444$ moles/lb. Diesel.

El aire que se necesita para efectuar la combustión, será pues:

$$0.10485 + 0.39444 = 0.49929 \text{ moles/lb. de Diesel}$$

Ahora necesitamos conocer el exceso de aire que hace falta para alcanzar la temperatura de los gases al entrar al secador, que será, como ya hemos dicho, de 1500° F. La temperatura a la que entran al quemador tanto el aire como el combustible, es de 70° F.

Como sabemos el poder calorífico del aceite diesel, hacemos un balance de calor y despejamos las moles de aire en exceso.

Balance de calor: (base : 1 lb. de combustible).

$$P.C. = N_{CO_2} C_p CO_2 (1500 - 70) + N_{H_2O} C_p H_2O (1500 - 70) + N_{N_2} C_p N_2 (1500 - 70) \\ + N_{SO_2} C_p SO_2 (1500 - 70) + N_{aire} C_p aire (1500 - 70)$$

Aquí, C_p es la capacidad calorífica media en el margen de temperaturas indicado, y N es el número de moles de cada componente gaseoso, tomado por lb. de Diesel.

Tanto el aire que interviene en la combustión, como el aire que entra en exceso, tienen cierta humedad; habrá que incluir a esta humedad entre las moles de H_2O . Suponemos que el aire tiene una humedad relativa del 40%. En la tabla de humedades vemos que, para la temperatura de entrada señalada, la humedad absoluta será de 0.0062 lb. de agua/lb. de aire seco.

El agua que acompaña al aire que se necesita para la combustión es:

$$\frac{0.5 \times 29 \times 0.0062}{18} = 0.005 \text{ moles de } H_2O/\text{lb. de Diesel}$$

Y el agua contenida en el exceso de aire, será:

$$\frac{N_{aire} \times 29 \times 0.0062}{18} = 0.01 \times N_{aire} \text{ moles } H_2O/\text{lb. Diesel}$$

El total de moles de agua será:

$$0.0075 + 0.005 + 0.01 \times N_{aire} = 0.0125 + 0.01 \times N_{aire}$$

En la página 213 del "Chemical Process Principles", de Hougen & Watson, tomamos las capacidades caloríficas medias entre 70° F y 1500° F, como sigue:

		Btu
		lb. mol °F
$C_p \text{ CO}_2$: 11.6	"
$C_p \text{ H}_2\text{O}$: 8.96	"
$C_p \text{ N}_2$: 7.4	"
$C_p \text{ SO}_2$: 11.81	"
C_{Paire}	: 7.44	"

Substituyendo estos valores en la ecuación de balance de calor, tenemos:

$$19500 = 0.070 \times 11.6 \times 1430 + (0.0725 + 0.01N_{\text{aire}}) 8.96 \times 1430 + 0.4 \times 7.4 \times 1430 + 0.0007 \times 11.81 \times 1430 + N_{\text{aire}} \times 7.44 \times 1430.$$

De donde despejamos N_{aire} y tenemos:

$$N_{\text{aire}} = 1.2151 \text{ moles/lb. de Diesel}$$

De este aire corresponderán 0.959929 moles/lb. al nitrógeno, y 0.255173 moles/lb. al oxígeno.

Y ya podemos saber el total de moles de agua, sustituyendo las moles de aire en $0.0725 + 0.01N_{\text{aire}}$

$$\text{Moles de agua: } 0.084651 \text{ moles/lb. de Diesel}$$

A continuación, podemos determinar la composición molar de los gases — al entrar al secador (conservando, como es natural la base de 1 lb. de Diesel).

CO_2 : 0.0704
 H_2O : 0.084651
 N_2 : 1.45437
 SO_2 : 0.0007
 O_2 : 0.255173

Calor que se aprovecha: La temperatura de los gases de combustión a la salida del secador, será de 220° F. Hacemos otro balance de calor según el cual, el poder calorífico del combustible es igual al calor que se aprovecha en el secado, menos el calor que se llevan los gases al salir del secador. Si llamamos q_a al calor que se aprovecha, tenemos:

$$\text{P.C.} = q_a + \sum N C_p (220 - 70)$$

De allí despejamos q_a :

$$q_a = \text{P.C.} - \sum N C_p (220 - 70)$$

$$\begin{aligned}
 q_a = \text{P.C.} - & N_{\text{CO}_2} C_{p\text{CO}_2} (220 - 70) - N_{\text{H}_2\text{O}} C_{p\text{H}_2\text{O}} (220 - 70) - N_{\text{N}_2} C_{p\text{N}_2} (220 - 70) - \\
 & N_{\text{SO}_2} C_{p\text{SO}_2} (220 - 70) - N_{\text{O}_2} C_{p\text{O}_2} (220 - 70)
 \end{aligned}$$

Del libro de Hougen & Watson que hemos citado, tomamos también las capacidades caloríficas medias, esta vez en el intervalo de 70° F. a 220° F, para cada uno de los gases involucrados en el balance. Estos valores son:

		$\frac{\text{Btu}}{\text{lb. mol } ^\circ \text{F}}$
$C_{p\text{CO}_2}$: 9.25	
$C_{p\text{H}_2\text{O}}$: 8.03	"
$C_{p\text{N}_2}$: 6.97	"
$C_{p\text{SO}_2}$: 9.28	"
$C_{p\text{O}_2}$: 6.96	"

Y entonces, el calor que se aprovecha es:

$$q_a = 19500 - 0.0704 \times 9.25 \times 150 - 0.084651 \times 8.03 \times 150 \\ - 1.45437 \times 6.97 \times 150 - 0.0007 \times 9.82 \times 150 - 0.255173 \times 6.96 \times 150$$

$$q_a = 17503 \text{ Btu/lb.}$$

La eficiencia térmica es:

$$\frac{q_a \times 100}{P.C.}$$

Que en nuestro caso resulta:

$$\frac{17503 \times 100}{19500} = 89.6 \%$$

Cálculo del combustible: Está dado por $\frac{Q_{total}}{q_a}$, al cual se agrega un 15%, ya que habrá una cierta pérdida por radiación, además de que la combustión no se llevará a cabo completamente. Entonces, la cantidad de combustible será:

$$\frac{2435560 \times 1.15}{17503} = 160.01 \text{ lb. de Diesel/hr.}$$

El aceite Diesel que se empleará, tiene una densidad de $0.845 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}$ luego, la cantidad de combustible dada en litros que consumirá el quemador en una hora, será:

$$\frac{160.01}{0.845 \times 2.2} = 86.073 \text{ lts/hr.}$$

Cálculo de las dimensiones del secador: El secador que se usará, será rotatorio, cilíndrico, a gases de combustión que lleven una corriente paralela a la del material por secar. La cantidad de éste que secará, será 2775 lbs/hr, para producir 611.61 lb/hr de harina de patata con un contenido de humedad de 10%.

El manual de Perry proporciona la fórmula siguiente para calcular el diámetro del secador rotatorio:

$$D = \sqrt{\frac{w}{0.785 G}}$$

en la cual, D es el diámetro del secador en ft ; G es la masa velocidad de los gases que entran en el secador. Según el Perry, es recomendable 550 lb/hr.ft² ; w es la cantidad total de gases que entran al secador en lb/hr.

Esta cantidad total de gases que entran al secador, será:

$$w = (N_{CO_2}^{PM} CO_2 + N_{H_2O}^{PM} H_2O + N_{N_2}^{PM} N_2 + N_{SO_2}^{PM} SO_2 + N_{O_2}^{PM} O_2) 160.01$$

$$w = (0.0704 \times 44 + 0.084651 \times 18 + 1.45437 \times 28 + 0.0007 \times 64 - 0.255173 \times 32) \times 160.01$$

$$w = 2691.26 \text{ lb. de gases/hr.}$$

Y ahora ya podemos calcular el diámetro:

$$D = \sqrt{\frac{2691.26}{0.785 \times 550}}$$

$$D = 2.49 \text{ ft. Tomamos } 2\text{-}1/2 \text{ ft.}$$

El largo del secador rotatorio se calcula según la siguiente fórmula -- del manual de Perrys:

$$L = 0.1 C_p G^{0.84} D N_t$$

En la cual L es el largo del secador en ft. ; Cp es la capacidad calorífica media por lb. de gases entre 1500° F y 220° F, la cual se halla así:

$$\text{para el } CO_2 : 0.0704 \times 44 = 3.0976 ; \quad \frac{3.0976}{53.55} = 0.057845$$

$$\text{para el } H_2O : 0.084651 \times 18 = 1.523718 ; \quad \frac{1.523718}{53.55} = 0.02845$$

$$\text{para el } N_2 : 1.45437 \times 28 = 40.72236 ; \frac{40.72236}{53.55} = 0.7604$$

$$\text{para el } SO_2 : 0.0007 \times 64 = 0.0448 ; \frac{0.0448}{53.55} = 0.0008366$$

$$\text{para el } O_2 : 0.255173 \times 32 = 8.165536 ; \frac{8.165536}{53.55} = 0.15248$$

$$0.266 \times 0.057845 = 0.01538677$$

$$0.500 \times 0.02845 = 0.01422500$$

$$0.264 \times 0.7604 = 0.199546560$$

$$0.186 \times 0.0008366 = 0.00015561$$

$$0.262 \times 0.15248 = 0.03994976$$

$$C_p \text{ media/lb. gases} = \frac{0.26518274}{0.26518274} ; \text{ la tomamos como } 0.27$$

G es la masa-velocidad, que hemos tomado como 550 lb/hr.xft²

N_t es el número de unidades de transferencia de calor. Según el Perry, se toma como 1.5, siendo económico trabajar en esas condiciones.

Substituímos los valores en la fórmula y tenemos:

$$L = 0.1 \times 0.27 \times 550 \quad \times 2.5 \times 1.5$$

$$L = 20.313 \text{ ft.}$$

Tomamos la longitud del secador como de 20-1/2 ft.

Estas dimensiones (diámetro y largo), están dentro de lo aceptable, ya que, según el manual de Perry, debe haber una relación de 4 á 10 para el cociente L/D.

Cálculo de la potencia del motor:

Lo llevamos a cabo por medio de la fórmula:

$$HP = 0.5 D^2 \quad (\text{Perry})$$

$$\text{Entonces: } HP = 0.5 \times 2.5^2 ; \quad HP = 3.125$$

Tomamos un motor de 5 HP.

6.- Ciclón separador: Este dispositivo tendrá por objeto separar la harina de patata de los gases de combustión, los cuales llevan consigo el vapor de agua desprendido durante el secado. El ciclón separador tendrá la forma y dimensiones que ilustra la figura de la página 36.

Por medio de un balance de material, sabemos la cantidad total de gases que entra al ciclón por hora:

$$(N_{CO_2} + N_{H_2O} + N_{N_2} + NO_2) \times \text{lb. de Diesel} + a(W_1 - W) \times \frac{1}{18} = \text{moles de gases/hr.}$$

$$(0.0704 + 0.084651 + 1.45437 + 0.0007 + 0.255173) 160.01 + 551$$

$$(4-0.11) \times 0.05556 = 417.553 \text{ moles/hr. de gases.}$$

Para tener la cantidad de gases expresada en ft³/seg, hacemos:

$$\frac{417.553 \times 359 \times 680 \times 760}{3600 \times 492 \times 586} = 74.639 \text{ ft}^3/\text{seg.}$$

Este dato nos permite encontrar las dimensiones del ciclón separador.

El ciclón separador tendrá un tubo de entrada de sección cuadrada, cuya área será:

$$A = \frac{B^2}{c}$$

La velocidad de los gases será:

$$v = \frac{\text{cantidad total de gases}}{A}$$

$$v = \frac{74.639}{A}$$

Tomamos una velocidad de los gases a la entrada igual a 35 ft/seg., ya que el manual de Perry recomienda que la velocidad esté comprendida entre 30 y 40 ft/seg. Resolvemos la igualdad que acabamos de establecer teniendo:

$$A = \frac{74.639}{35}$$

$$A = 2.1326 \text{ ft}$$

$$\text{Como } A = B_c^2$$

$$B_c = (A)^{1/2}$$

$$B_c = (2.1326)^{1/2}$$

$$B_c = 1.465 \text{ ft.}$$

Tomamos $B_c = 1.5 \text{ ft.}$ De aquí -
partimos para calcular todas -
las demás medidas del ciclón -
separador, que son:

$$B_c = 6 \text{ ft}$$

$$D_c = 2.5 \text{ "}$$

$$L_c = 12 \text{ "}$$

$$Z_c = 12 \text{ "}$$

$$J_c = 1.5 \text{ "}$$

$$S_e = 0.75 \text{ "}$$

Z_c Potencia del motor del ventila-

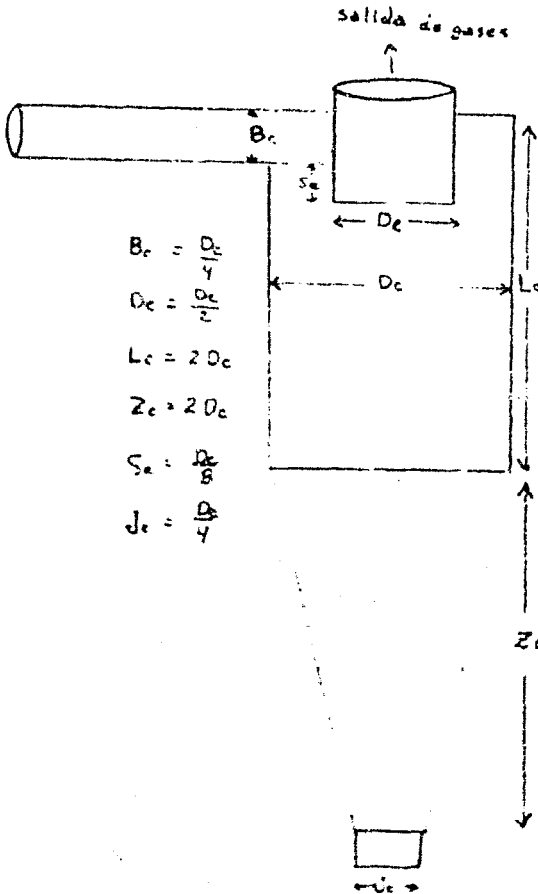
dor: El ventilador usado para
succionar el aire, el material

y los gases de combustión que
salen del secador, será del tí-

po apropiado para la conduc-

ción de materiales finamente de-

cididos por una corriente de -
aire.



$$B_c = \frac{D_c}{4}$$

$$D_c = \frac{D_c}{2}$$

$$L_c = 2 D_c$$

$$Z_c = 2 D_c$$

$$S_e = \frac{D_c}{8}$$

$$J_c = \frac{D_c}{4}$$

En estos ventiladores, la hélice giratoria está formada por placas de acero cuyas superficies son perpendiculares al sentido de rotación. La potencia del motor se calcula mediante las indicaciones que proporciona el folleto de la Buffalo Forge Co., de Buffalo, N.Y., para este tipo de ventiladores.

El ventilador llevará la harina de patata al ciclón separador; se colocará a la entrada de éste. La cantidad de gases que manejará por minuto, es:

$$74.639 \times 60 = 4,478.34 \text{ ft}^3/\text{min.}$$

Necesitamos conocer la pérdida de presión por fricción de los gases y el material a través del quemador, del secador rotatorio, del tubo de conducción al ciclón, y del ciclón separador. El dato preciso sólo lo tendremos una vez sabida con toda exactitud la localización del equipo, los codos que hace la tubería, etc. Tomamos, de acuerdo con datos obtenidos en equipos similares que se encuentran en funcionamiento, una pérdida de presión de 7 in. de agua manométricas.

También tendremos que corregir el volumen de gases tanto por temperatura como por presión, ya que los datos de las tablas están dados para 70° F y 0 metros sobre el nivel del mar, mientras que tenemos nosotros 220° F y 2458 m = 7491 ft., que es la altura sobre el nivel del mar de la Ciudad de México.

Empleamos los siguientes factores de corrección:

$$KT \text{ para } 220^\circ \text{ F} = 1.13 \quad ; \quad KA \text{ para } 7491 \text{ ft.} = 1.15$$

$$KT \times KA = 1.2995$$

Volumen corregido: $\frac{2476.24}{1.2995} = 2446.21 \text{ ft}^3/\text{min.}$

en la tabla que el folleto de la Buffalo Forge Co., tiene en su página 10, encontramos que, para el ventilador tipo MW 35, a 7 in. de agua de presión estática y a una velocidad de $35 \times 60 = 2100 \frac{\text{ft}}{\text{min}}$, el volumen es de $2532 \text{ ft}^3/\text{min.}$ El es más cercano al nuestro. Las revoluciones por minuto serán 1465, y la potencia teórica necesaria será 4.36 HP.

Corregimos las R.P.M. y tenemos: $1465 \times 1.2995 = 1900$

Corregimos los HP, y tenemos: $4.36 \times 1.2995 = 5.67$

Tomamos un motor de 6 HP.

7.- Tolva de almacenamiento: Tendrá una capacidad tal que permita almacenar la cantidad de producto correspondiente a 4 horas de operación.

La cantidad de producto con una humedad final de 10%, producido por hora, será: $S W_1 + S$, es decir: $551 \times 0.11 + 551 = 611.61 \text{ lb/hr.}$

Como la tolva almacenará el producto de 4 horas de trabajo:

$$611.61 \times 4 = 2446.24 \text{ lb.}$$

El volumen que ocupará corresponde a $V = \frac{\text{peso}}{\text{densidad}}$

Densidad de la harina de patata: 29 lb/ft^3

Entonces, $V = \frac{2446.24}{29} = 84.36 \text{ ft}^3$

La tolva tendrá la forma de una pirámide de base cuadrada, con la base hacia arriba, y el vértice, que estará truncado, hacia la parte de abajo.

En la fórmula $V = \frac{h}{3} (A_1 + A_2 + A_1 A_2)$ (Perry)

Sabemos V, es decir, el volumen de la tolva. h es la altura de la tolva en ft. A_1 y A_2 son, respectivamente, las áreas de las bases mayor y menor.

Damos una longitud de 5 ft. a cada uno de los 4 lados que forman la base superior (la mayor), teniendo que: $A_1 = 5^2 = 25 \text{ ft}^2$

Para la base inferior (la menor), en vista de que colocaremos en su final una báscula ensacadora, nos conviene tomar una longitud de 1.5 ft para cada uno de sus lados.

Entonces, $A_2 = 1.5^2 = 2.25 \text{ ft}^2$

Substituímos los valores en la fórmula para encontrar la altura de la tolva:

$$84.36 = \frac{h (25 + 2.25 + 25 \times 2.25)}{3}$$

De donde $h = 7.3 \text{ ft.}$

La tolva será de lámina de hierro galvanizada, pintada exteriormente — con esmalte.

C A P I T U L O IV

INVERSION: La inversión necesaria para erigir la planta de fabricación de harina de patata que acabamos de proyectar, estará dada por:

Costo de terreno y construcción + costo de adquisición del equipo + costo de instalación del equipo.

Consideraremos, pues, cada uno de estos renglones, separadamente.

Costo de terreno y construcción.— La planta proyectada requerirá un terreno de 850 m². Dado que se instalará en lugares próximos a los de cosecha, suponemos un valor de \$ 25.00 el metro cuadrado. El valor del terreno será: 850 x 25.00 = \$ 21,250.00

El edificio será de construcción ligera, con cimentación y refuerzos de concreto armado, suelo de cemento, techo de armaduras metálicas recubiertas de láminas de asbesto, y tendrá ventanería metálica. La superficie construida será de 450 m², de los cuales corresponderán 110 m² a la bodega de materia prima, 70 m² a la bodega de producto terminado, y los 270 m² restantes se repartirán entre sala de fabricación, oficinas y servicios varios. Tomando el costo de la construcción a razón de \$ 230.00 por metro cuadrado de superficie construida, tenemos: 450 x 230.00 = \$ 103 500.00

Total de costo de terreno y construcción:

$$\$ 21,250.00 + \$103,500.00 = \$ 124,750.00$$

Costo de adquisición del equipo: A continuación tendremos el costo de cada una de las máquinas que intervienen en la fabricación, citadas en el mismo orden en que fueron calculadas:

- 1.- Un transportador-elevador de banda, de 21 ft. de largo, con banda - de lona de 12 in. de ancho, de 3 capas, con peso de 32 oz. Con arma zón metálica, guías de madera, motor eléctrico de 1/4 de HP, con re ductor de velocidad \$ 3,800.00
- 2.- Un tanque lavador, de 15 ft. de largo, con cuerpo de lámina galvani zada, fondo de lámina de acero con perforaciones redondas de 1/4 in. de diámetro, con tornillo de cerda con alma de madera, de 12 in. de diámetro. Motor eléctrico de 1/4 de HP, y reductor de velocidad. \$ 5,000.00
- 3.- Un elevador de cubiletes de 16 ft. de alto, con base, cabeza y flan cos de madera de haya, con cangilones tipo 22 A, de 10x7x11 3/4 in., unidos mediante cadenas. Con poleas dentadas, de fundición, motor eléctrico de 1/4 HP y reductor. \$ 6 800.00
- 4.- Un molino de martillos "Agribop 3 F", completo, incluso motor eléc- trico de 7-1/2 HP, con mando mediante poleas y banda plana \$ 15,300.00
- 5.- Un secador a gases de combustión, de 2-1/2 ft. de diámetro por 20-1/2 ft. de largo. Con quemador para aceite Diesel, y el engranaje nece sario para hacerlo girar. Incluso motor eléctrico de 5 HP con reduc tor de velocidad. Completo, aislado \$ 123,000.00
- 6.- Un ciclón separador, de lámina galvanizada y pintada. Con ventila-- dor tipo MW 35, con motor eléctrico de 6 HP, mando mediante poleas y banda plana. Incluso ductos \$ 14,700.00

Como ya se ha visto, a cada hora se producen 611.61 lbs. de harina de patata. Por consiguiente, el número de toneladas métricas de producto terminado que se elaborarán por temporada, es:

$$\frac{611.61 \times 0.4537 \times 4000}{1000} = 1132 \text{ toneladas m/año}$$

Y los gastos fijos por tonelada de harina de patata, serán:

$$\frac{32,480.00}{1132} = \$ 28.60/\text{Ton.}$$

Gastos de operación: Consideraremos en ellos:

Materia prima

Energía

Mano de obra

Gastos administrativos

Reparaciones, imprevistos y gastos generales

Material de empaque

Materia prima: El precio de la materia prima, es decir, de la patata fresca, está sujeto a grandes fluctuaciones, que obedecen a un sinnúmero de factores. Con objeto de establecer un precio aproximado, podemos tomar, como precio por tonelada métrica:

\$ 520.00

Por consiguiente, suponiendo constante este precio a través de toda la temporada, el total en ésta será:

$$10 \times 170 \times 520.00 = \$ 2,652,000.00/\text{año}$$

Energía: La energía se divide en eléctrica y térmica.

Energía eléctrica :

1 motor para el transportador-elevador
de banda : 0.25 HP

1 motor para el transportador-elevador de banda:	0.25 HP
1 motor para el tanque lavador :	0.25 HP
1 motor para el elevador de cubiletes:	0.25 HP
1 motor para el molino de martillos:	7.50 HP
1 motor para el secador:	5.00 HP
1 motor para el ciclón separador:	6.00 HP
1 motor para la máquina cosedora:	<u>0.25 HP.</u>
	19.50 HP.

Como estos motores trabajarán durante 24 horas, el consumo al día es:-

$$19.5 \times 24 \times 0.745 = 348.7 \text{ kilovatios-hora}$$

A esto habrá que agregar el consumo de electricidad por el alumbrado nocturno. Se considera servido éste por 15 lámparas de 100 vatios cada una, que trabajen durante 10 horas diarias.

$$15 \times 100 \times 10 = 15000 \text{ vatios-hora} = 15 \text{ Kw-hr.}$$

El total de consumo de energía eléctrica por temporada resulta:

$$(348.7 + 15) \times 170 = 61829 \text{ Kw-hr.}$$

Que, a un costo de \$ 0.27 el kilovatio-hora, representan un total de - gastos anuales por concepto de energía eléctrica de:

$$61829 \times 0.27 = \$ 16,694.00/\text{año}$$

Energía térmica: El consumo de aceite Diesel por hora, en el quemador del secador a gases de combustión es: 86.072 lt.

Si el precio por litro de combustible es de \$ 0.13, tenemos:

$$86.073 \times 0.13 = \$ 11.19/\text{hr}$$

Lo cual resulta, al año: $11.19 \times 4080 = \$ 45,653.00/\text{año}$

Total de gastos de energía:

$$16,694.00 + 45,653.00 = \$ 62,347.00/\text{año}$$

Mano de obra: El personal requerido en la planta es: 4 operarios en cada turno. El salario al día por cada operario es de \$ 12.00

Por lo que el gasto anual por mano de obra será:

$$4 \times 3 \times 12.00 \times 170 = \$ 24,480.00$$

Gastos administrativos: En este renglón intervienen los empleados requeridos para la administración y control de la planta:

3 jefes de producción (1 x turno) a \$ 90.00/día	\$ 270.00
1 contador, a \$ 60.00/día.	\$ 60.00
2 empleadas de oficina, c/u a \$ 30.00/día	\$ 60.00
	<u>\$ 390.00</u>

Total por temporada: 390.00 x 170 = \$ 6,630.00/año

Reparaciones, imprevisto y gastos generales:

Reparaciones.- Se considera un 5% anual sobre la inversión de edificio y maquinaria: $(103,500.00 + 187,000.00) \times 0.05 = \$ 14,525.00$

Imprevisto.- Para situarnos en un margen de seguridad, consideraremos por temporada: \$ 40,000.00

Gastos Generales.- Incluimos en este epígrafe los gravámenes, tales como impuestos sobre la renta y utilidades excedentes (cédula I), cédula IV, impuesto sobre dividendos, etc. El monto total es muy difícil de precisar, ya que está fijado por el Fisco a base de tabuladores en que intervienen diferentes conceptos. Podemos considerarlo "a priori" como de: \$ 50,000.00/año

Total de gastos por reparaciones, imprevistos y gastos generales:

$$14,525.00 + 40,000.00 + 50,000.00 = \$ 104,525.00/\text{año}$$

Material de empaque: Incluye los sacos de papel y el hilo necesario para coserlos. También es difícil de determinar. Se supondrá como de —
\$ 20.00 por tonelada métrica de producto final.

Por consiguiente, el total de gastos por material de empaque, en la temporada, es: $1132 \times 20.00 = \$ 22,640.00$

El total de gastos de operación, es:

$$2,652,000.00 + 62,347.00 + 24,480.00 + 6,630.00 + 104,525.00 - 22,640.00 = \$ 2,872,622.00/\text{año}.$$

Los gastos de operación por tonelada métrica de harina de patata serán:

$$\frac{2,872,622.00}{1132} = \$ 2,581.25$$

Gastos totales: Son: gastos fijos - gastos de operación.

$$28.60 + 2,581.25 = \$ 2,610.45/\text{Ton}.$$

Precio de venta: Situándonos fuera del terreno de un lucro exagerado, - tomamos un margen de utilidad de aproximadamente 15%. Tenemos entonces que el precio de venta por tonelada de harina de patata es:

$$2,610.45 \times 1.15 = \$ 3,002.02 \text{ Fijamos el precio de venta en: } \$ 3,050.00$$

Este precio, a nuestro criterio, puede entrar de una manera fácil en el mercado de productos alimenticios.

Ingresos totales al año: $3,050.00 \times 1132 = \$ 3,462,600.00$

Utilidad anual: $\$ 3,462,600.00 - (2,610.45 \times 1132) = \$ 507,570.60$

Porcentaje de utilidad: Lo damos con respecto al capital total. Consideramos el capital total como: inversión - gastos fijos - gastos de operación, y entonces, el porcentaje de utilidad es, al año:

$$\underline{15.77\%}$$

C A P I T U L O V

Los volúmenes actuales de producción de patatas en la República Mexicana, no permiten en un futuro muy cercano, la erección de una planta para fabricar harina de patata, dado que todos los tubérculos que se cosechan se destinan al consumo directo.

Cuando la producción sobrepase al consumo, el medio más económico y seguro de almacenar la patata en una forma estable, es convertirla en harina.

La harina de patata, por su precio, compite con otros materiales de carga utilizados en varias industrias alimenticias, como por ejemplo, en la fabricación de sopas en polvo; sin embargo, en los momentos actuales no resulta económica para utilizarla como elemento de mezcla en la fabricación de concentrados para animales, ni como agregado durante la fabricación de la cerveza.

El emplazamiento de una planta piloto, dirigida y auspiciada por un organismo gubernamental especializado, sería conveniente como material didáctico, para hacer comprender objetivamente a los campesinos que sus cosechas tendrían de todos modos aplicación, por grandes que fuesen. De esta manera, se llegaría a estabilizar el precio de la materia prima, tanto para uso doméstico como para su empleo en las industrias.

CAPITULO VI

OBRA S CONSULTADAS.

- | | |
|-----------------------------|---|
| Cravioto O., Roberto et al. | Composición de Alimentos Mexicanos, México, 1951. |
| Edwards, W., Paul | AIC-209 Bulletin of United States Department of Agriculture. Philadelphia 1948 |
| Escobar, Rómulo | Enciclopedia Agrícola Chihuahua, 1947 |
| Gajón Sánchez, Carlos | Cultivo de la patata o papa, México, 1946 |
| Hougen & Watson | Principles of Chemical -- Processes. Nueva York, 1948 |
| Kerr W., Ralph | Chemistry and Industry of Starch. Nueva York, 1948. |
| Loesecke W., Harry von | Drying and Dehidration of Foods. Nueva York, 1955 |
| Misán, José | Cultivo intensivo de la <u>pa</u> tata, Sevilla, 1922 |
| Morrison B., Frank | Alimentos y Alimentación -- del Ganado. México, 1951 |
| Niederhausen y Cervantes | La papa como cultivo de -- temporal en los valles altos de México. México, 1956 |
| Perry H., John | Chemical Engineer's Handbook Nueva York, 1941 y 1948 |
| Winton L., Andrew | The Structure and Composition of Foods. Nueva York, 1935 |