



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

**FACTIBILIDAD TÉCNICA DE LA PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE  
UNA FÁBRICA INDUSTRIAL DE PANIFICACIÓN EN LA UNIVERSIDAD DE  
SAN CARLOS, FACULTAD DE INGENIERÍA**

Paolo Salvador Gramajo Polanco  
Asesorado por el Ing. César Ernesto Urquizú Rodas

Guatemala, julio de 2004

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**FACTIBILIDAD TÉCNICA DE LA PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE  
UNA FÁBRICA INDUSTRIAL DE PANIFICACIÓN EN LA UNIVERSIDAD DE  
SAN CARLOS, FACULTAD DE INGENIERÍA**

PRESENTADO A JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**PAOLO SALVADOR GRAMAJO POLANCO**

ASESORADO POR EL INGENIERO CÉSAR ERNESTO URQUIZÚ RODAS  
AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE  
INGENIERO INDUSTRIAL

Guatemala, julio de 2004

## UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



### FACULTAD DE INGENIERÍA

#### NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
VOCAL I	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL II	Lic. Amahán Sánchez Alvarez
VOCAL III	Ing. Julio David Galicia Celada
VOCAL IV	Bach. Kenneth Issur Estrada Ruiz
VOCAL V	Bach. Elisa Yazminda Vides Leiva
SECRETARIO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco

#### TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
EXAMINADOR	Ing. César Ernesto Urquizú Rodas
EXAMINADOR	Ing. Edgar Darío Álvarez Cotí
EXAMINADOR	Ing. Hernán Leonardo Cortés Urioste
SECRETARIO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco

## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

### **FACTIBILIDAD TÉCNICA DE LA PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE UNA FÁBRICA INDUSTRIAL DE PANIFICACIÓN EN LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS, FACULTAD DE INGENIERÍA**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial con fecha enero de 2002.

Paolo Salvador Gramajo Polanco

## **ACTO QUE DEDICO A**

### **A YO SOY EL QUE SOY**

A Ti, oh Dios de mis padres; confieso y te alabo que me diste sabiduría y fortaleza; porque Tú das la sabiduría y de tu boca viene el conocimiento y la inteligencia; Tú eres el que muda los tiempos y las oportunidades y hoy me has mostrado lo que te pedimos.

### **A MIS PADRES**

Por sus incomparables esfuerzos y su paciencia. Aún éste logro no les compensará todo cuanto me han demostrado en todos mis años.

### **A MIS HERMANOS**

Por compartir los mejores momentos de sus vidas conmigo y por su comprensión y aliento brindado.

### **A MI FAMILIA EN GENERAL**

Con cariño.

### **A MIS AMIGOS**

Imposible enumerarlos y a sus esfuerzos. Sabrán de sobra ser honorablemente aludidos.

## **AGRADECIMIENTOS**

### **A Jehová**

Contigo está el consejo y el ser; Tú eres la inteligencia; tuya es la fortaleza.

### **A la Universidad de San Carlos de Guatemala, a la Facultad de Ingeniería y al personal de SAE/SAP**

Magna casa de estudios que me brindó los conocimientos necesarios para mi formación profesional.

### **A los ingenieros**

Francisco Arturo Hernández Arriaza

César Ernesto Urquizú Rodas

Por la ayuda brindada en el desarrollo de este trabajo.

### **A los señores**

Oscar Raúl Castro Armas de INTECAP  
propietarios de las panaderías “Las Victorias” y “La Oriental”  
Héctor Martínez de DISEGUA  
Luis Fernando Ruano de RICZA, S.A.

Por su colaboración y orientación en la elaboración del presente trabajo.

### **A Familia Leiva Estrada**

Por ser siempre mis amigos, por su paciencia y su maestría sobre la vida. Les quiero mucho.

### **A arquitecta**

Ilse Anabelle Rivas García; por su colaboración técnica en este trabajo.

### **A Multiservicios Litográficos SHEKINÁ**

Por su generosa e invaluable colaboración para culminar este trabajo.

A todas las personas que colaboraron directa e indirectamente durante la investigación, desarrollo y presentación final del presente trabajo. Sus aportes fueron invaluableles.

# ÍNDICE GENERAL

<b>ÍNDICE DE ILUSTRACIONES</b>	VII
<b>GLOSARIO</b>	XIII
<b>RESUMEN</b>	XIV
<b>OBJETIVOS</b>	XV
<b>INTRODUCCIÓN</b>	XVI
<b>1. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROCESO DE PANIFICACIÓN</b>	<b>1</b>
1.1 Marco histórico	1
1.2 Ingredientes básicos para el proceso de panificación y sus funciones	3
1.2.1 Trigo	3
1.2.2 Harina	6
1.2.2.1 Harina de centeno	8
1.2.2.2 Harina de avena	8
1.2.2.3 Harina de cebada	8
1.2.2.4 Harina de maíz	9
1.2.2.5 Harina de soja	9
1.2.2.6 Harina de patata	10
1.2.2.7 Harina de arroz	11
1.2.3 Levaduras	11
1.2.4 Agua	12
1.2.5 Sal	13
1.2.6 Azúcar	14
1.2.7 Grasas	15
1.2.7.1 Tipos de grasas y aceites	16

1.2.7.2	Utilización de aceites y grasas en la panificación	17
1.3	Maquinaria y equipo utilizado en el proceso de panificación y sus funciones	18
1.3.1	Amasadoras	18
1.3.2	Cilindros	18
1.3.3	Horno	19
1.3.4	Cámara de prefermentación y fermentación	19
1.3.5	Cámara de fermentación	20
1.3.6	Cámara de enfriamiento o refrigerador	21
1.3.7	Batidora industrial	22
1.3.8	Mesa de trabajo	22
1.3.9	Bandejas	23
1.3.10	Clavijeros	23
1.3.11	Balanzas	24
1.3.1.2	Bolillos	24
1.3.13	Espátulas	24
1.4	El proceso de panificación y su evolución	25
<b>2.</b>	<b>DESARROLLO DEL PROCESO DE PANIFICACIÓN</b>	<b>29</b>
2.1	Desarrollo del proceso de panificación en la industria guatemalteca	29
2.1.1	Formación de las masas	31
2.1.2	Laminación y formación de la pasta	34
2.1.3	Fermentación	34
2.1.4	Cocción del pan	36
2.2	Importancia de un buen desarrollo del proceso de producción	37
2.3	Posibilidades del proceso de panificación para el proyecto	40
2.3.1	Amasadoras	41

2.3.1.1	Amasadoras de velocidad lenta	41
2.3.1.2	Amasadoras de alta velocidad	42
2.3.2	Tipos de horno	43
2.3.2.1	Hornos de mampostería	43
2.3.2.2	Hornos metálicos	44
2.3.2.3	Hornos eléctricos	44
2.3.2.4	Hornos de aire caliente	44
2.3.2.5	Hornos portátiles de mesa	45
2.3.2.6	Hornos de tubería de vapor de agua	45
2.3.2.7	Hornos de tambor	45
2.3.3	Alternativa seleccionada para el proceso de producción de la fábrica industrial propuesta	46
2.4	Desarrollo didáctico del proceso de panificación del proyecto	49
<b>3.</b>	<b>ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DEL PROCESO DE PANIFICACIÓN</b>	<b>53</b>
3.1	Descripción y desarrollo del diagrama de operaciones del proceso de panificación	54
3.2	Descripción y desarrollo del diagrama de flujo del proceso de panificación	67
3.3	Decisión sobre la capacidad de producción de la fábrica industrial	70
3.3.1	Capacidad de atención estudiantil dentro de la fábrica industrial propuesta	74
3.4	Análisis de los aspectos técnicos del proyecto	80
3.5	Factibilidad del proyecto	87
<b>4.</b>	<b>DESARROLLO DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO</b>	<b>101</b>
4.1	Localización de la planta de producción	101

4.2	Cotizaciones de materiales y equipos utilizados para el proceso de panificación	103
4.2.1	Materia prima	103
4.2.2	Maquinaria y equipo	106
4.3	Decisiones sobre compra de materiales y equipos	108
4.3.1	Materia prima	109
4.3.2	Maquinaria y equipo	111
4.4	Compra de materiales y equipos	113
4.5	Instalación y montaje de la fábrica industrial	113
4.5.1	Piso	114
4.5.2	Techo	115
4.5.3	Muros	116
4.5.4	Pasillos	117
4.5.5	Puertas	117
4.5.6	Iluminación	118
4.5.6.1	Área de amasado	121
4.5.6.2	Área de fermentado	124
4.5.6.3	Área de horneado	124
4.5.6.4	Área de producto terminado (bodega de producto terminado)	125
4.5.6.5	Área de materia prima (bodega de materia prima)	125
4.5.6.6	Área de oficinas	125
4.5.6.7	Área de parqueo	126
4.5.7	Ventilación	126
4.5.8	Almacenaje	128
4.5.9	Despacho	130
4.5.10	Oficinas	131
4.6	Cálculo de las áreas de la fábrica industrial	132

4.6.1	Recepción de materiales y embarques del producto terminado	132
4.6.2	Almacenes	133
4.6.3	Departamento de producción	135
4.6.4	Sanitarios	135
4.6.5	Oficinas	137
4.7	Distribución de maquinaria y equipo dentro de la fábrica industrial	138
4.8	Diseño organizacional de la fábrica industrial	144
4.8.1	Organigrama del área de producción de la fábrica industrial	145
<b>5.</b>	<b>EVALUACIÓN ECONÓMICA</b>	<b>149</b>
5.1	Recursos financieros para la inversión	150
5.1.1	Inversiones previas a la puesta en marcha	150
5.1.1.1	Inversiones en activos fijos	150
5.1.1.2	Inversiones en capital de trabajo	151
5.2	Opciones de financiamiento	153
5.2.1	Fuentes internas de financiamiento	153
5.2.1.1	Aportes de capital	153
5.2.1.2	Reservas voluntarias	154
5.2.2	Fuentes externas de financiamiento	154
5.2.2.1	Mercado de capital	155
5.2.2.2	Créditos bancarios	155
5.2.2.3	Crédito de proveedores	155
5.3	Vida útil del proyecto	156
5.4	Evaluación financiera	156
5.4.1	Proyección del flujo de caja	156
5.4.1.1	Valor presente neto (V.P.N.)	157

5.4.1.2	Relación beneficio costo (B / C)	159
5.5	Evaluación económica social	161
5.5.1	Condiciones de desarrollo del proyecto	161
5.5.1.1	Panorama presente	161
5.5.1.2	Panorama del proyecto en perspectiva	162
5.5.1.3	Panorama del proyecto sensibilizado	163
5.5.1.3.1	Valor presente neto sensibilizado	163
5.5.1.3.2	Relación beneficio costo sensibilizada	165
5.6	Valor social de la implementación del proyecto	166
<b>CONCLUSIONES</b>		167
<b>RECOMENDACIONES</b>		169
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>		170
<b>APÉNDICES</b>		171
<b>ANEXOS</b>		192

# ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

## FIGURAS

1	Simbología internacionalmente aceptada para la presentación de distribución de áreas por el método SLP	142
2	Diagrama del proceso de operaciones de la producción de pan francés	171
3	Cuadro resumen diagrama del proceso de operaciones de la producción de pan francés	171
4	Diagrama del proceso de flujo de las operaciones de la producción de pan francés	172
5	Cuadro resumen diagrama del proceso de flujo de las operaciones de la producción de pan francés	173
6	Diagrama del proceso de operaciones de la producción de pan de manteca	174
7	Cuadro resumen diagrama del proceso de operaciones de la producción de pan de manteca	174

8	Diagrama del proceso de flujo de las operaciones de la producción de pan de manteca	175
9	Cuadro resumen diagrama del proceso de flujo de las operaciones de la producción de pan de manteca	176
10	Diagrama del proceso de operaciones de la producción de pan tostado y desabrido	177
11	Cuadro resumen diagrama del proceso de operaciones de la producción de pan tostado y desabrido	177
12	Diagrama del proceso de flujo de las operaciones de la producción de pan tostado y desabrido	178
13	Cuadro resumen diagrama del proceso de flujo de las operaciones de la producción de pan tostado y desabrido	179
14	Diagrama del proceso de operaciones de la producción de pan en la fábrica industrial	180
15	Cuadro resumen diagrama del proceso de operaciones de la producción de pan en la fábrica industrial	180
16	Diagrama del proceso de flujo de las operaciones de la producción de pan en la fábrica industrial	181

17	Cuadro resumen diagrama del proceso de flujo de las operaciones de la producción de pan en la fábrica industrial	182
18	Diagrama de correlación de la fábrica industrial	183
19	Diagrama de hilos de la fábrica industrial	184
20	Distribución primer nivel de la fábrica industrial	185
21	Distribución luminarias primer nivel de la fábrica industrial	186
22	Distribución de ventilación primer nivel de la fábrica industrial	187
23	Distribución segundo nivel de la fábrica industrial	188
24	Distribución luminarias y ventilación segundo nivel de la fábrica industrial	189
25	Organigrama propuesto para la fábrica industrial	190

## TABLAS

I	Necesidades de consumo de pan, según etapa de crecimiento humano	4
II	Composición general de la harina según sus componentes	7
III	Recomendaciones sobre el tiempo de horneado para productos de panadería	36
IV	Actividades y tiempos requeridos para la fabricación de pan francés	61
V	Actividades y tiempos requeridos para la fabricación de pan de manteca	62
VI	Actividades y tiempos requeridos para la fabricación de pan tostado	63
VII	Actividades y tiempos requeridos para la fabricación de pan desabrido	63
VIII	Actividades y tiempos requeridos para la fabricación de pan en la fábrica industrial propuesta	66
IX	Producción obtenida en cada una de las opciones incrementales	73

X	Unidades producidas variando la jornada semanal de trabajo	74
XI	Programación de asistencia de estudiantes a la fábrica industrial	77
XII	Cantidad de personas atendidas por turno de trabajo incrementando el número de grupos y el tamaño de cada grupo por turno	78
XIII	Asistencia estudiantil por semestre a la fábrica industrial según duración de la jornada de trabajo semanal	80
XIV	Beneficios monetarios obtenidos por la venta del número de unidades producidas variando el precio de venta	97
XV	Empresas dedicadas a la venta de materias primas para la industria panificadora	104
XVI	Precios de mercado ofrecidos por las empresas distribuidoras de las materias primas utilizadas en la producción de pan	105
XVII	Empresas dedicadas a la venta de maquinarias y equipos para la industria panificadora	106
XVIII	Precio de las principales maquinarias y equipos utilizados en la fábrica industrial	107
XIX	Requerimientos y costos de materias primas para el proyecto por opción incremental	110

XX	Costo de maquinaria y equipos utilizados en la fábrica industrial	112
XXI	Valores monetarios de inversiones en activos fijos	151
XXII	Valores monetarios de inversión en capital de trabajo	152
XXIII	Valores presentes de ingresos y gastos durante la vida útil del proyecto	158
XXIV	Valores presentes de ingresos y gastos sensibilizados durante la vida útil del proyecto	164
XXV	Flujo de caja del proyecto	191
XXVI	Flujo de caja sensibilizado del proyecto	191

## **GLOSARIO**

<b>Cigoñal</b>	Pértiga enajenada sobre un pie de una horquilla, con una vasija atada a un extremo, para sacar agua de pozos poco profundos.
<b>Embeler</b>	Absorber un cuerpo sólido otro en estado líquido.
<b>Hojaldre</b>	Durante la preparación se forman capas continuas de grasa entre capas de masa; después de cocido se acumula vapor de agua entre las capas de masa que originan su expansión, formándose grandes espacios entre las capas delgadas del hojaldre.
<b>Imbibición</b>	Acción y efecto de embeler o embelecarse.
<b>Mies</b>	Cereal maduro.
<b>Organoléptico</b>	Que afecta a un sentido corporal; se emplea particularmente en relación con el sabor (percibido por la boca) y el olor (percibido por la nariz). Hay cuatro sabores: ácido, amargo, salino y dulce; un aspecto adicional es la astringencia.

## **RESUMEN**

Para los estudiantes de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos es importante contar con laboratorios experimentales en los cuales puedan llevar a la práctica los conocimientos que adquiere a lo largo de la carrera académica profesional que ha elegido.

Actualmente, la Escuela de Mecánica Industrial no cuenta con laboratorios prácticos para los estudiantes lo que dificulta a los estudiantes llevar a la realidad los conocimientos recibidos en clase. Así, el estudio presentado abarca los aspectos relevantes para la implementación de una fábrica industrial de panificación en la cual puedan llevar a la práctica los conocimientos recibidos y permitiéndoles aprender un oficio beneficiando a las familias y comunidades a las cuales pertenecen.

El estudio reveló que se requiere de una inversión inicial con carácter de donación, y que formará parte del presupuesto de gastos de la Facultad de Ingeniería, para permitir su implementación si se pretende que rinda los beneficios necesarios para su operación, estableciendo un ciclo de vida de 10 años como marco de tiempo para el análisis realizado.

Como sucede a los proyectos de beneficio social, el proyecto presentado rendirá únicamente los beneficios necesarios para el funcionamiento del mismo a través de la venta de las unidades producidas y de una pequeña contribución monetaria por parte de los estudiantes asistentes a la fábrica industrial.

# **OBJETIVOS**

## **GENERAL**

Determinar la factibilidad de la implementación de una fábrica industrial de panificación en la Facultad de Ingeniería para que los estudiantes puedan llevar a la práctica los conocimientos adquiridos en su carrera.

## **ESPECÍFICOS**

1. Describir el proceso de panificación.
2. Describir la maquinaria y equipo así como la tecnología del proceso de panificación.
3. Desarrollar un proceso de producción óptimo para el proyecto y que sea el más rentable.
4. Realizar los estudios de factibilidad para la fábrica industrial propuesta.
5. Desarrollar la estructura organizacional operativa del proyecto.
6. Desarrollar un programa efectivo para el desarrollo de las prácticas estudiantiles dentro de la fábrica industrial.
7. Determinar el beneficio social que el beneficio ofrece a la comunidad guatemalteca.

## INTRODUCCIÓN

Debido a la falta de laboratorios dentro de la Facultad de Ingeniería y para promover una mejora educativa dentro de la misma, se ha considerado la creación de una fábrica industrial de panificación en la cual puedan impartirse prácticas a los estudiantes de la Escuela de Mecánica Industrial.

Con la realización del proyecto se pretende cubrir la demanda estudiantil insatisfecha de laboratorios prácticos, en donde se pueda llevar a cabo una actividad de producción real brindando así nuevas oportunidades en el campo académico y laboral. Además se mejorarán las expectativas económicas de los profesionales egresados y de sus familias con la consecuente mejora en la productividad social de la comunidad guatemalteca.

Para orientar al lector hacia los conocimientos sobre el proceso de panificación, en el capítulo uno se presenta una breve descripción del mismo así como los avances que recientemente ha tenido. Para una mejor comprensión del desarrollo del proceso de panificación en el medio guatemalteco y el que se realizará dentro de la fábrica industrial es necesaria la lectura del capítulo dos. En el capítulo tres se presenta un estudio sobre la capacidad y tecnología propuestas para el proyecto. La información concerniente a la instalación y montaje de la fábrica industrial se presenta en el capítulo cuatro. Finalmente, en el capítulo cinco se encuentran el análisis económico y financiero del proyecto.

# 1. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROCESO DE PANIFICACIÓN

Con el propósito de orientar al lector al conocimiento y comprensión del proceso de producción de pan se describe, en este capítulo, una historia general acerca del desarrollo del proceso de panificación; además, se describen los ingredientes utilizados en la fabricación de pan y la maquinaria y equipos utilizados en el proceso de panificación.

## 1.1 Marco histórico

Si existe un alimento olvidado en casi todos los tratados de cocina y en todos los recetarios es el humilde pan; actualmente, denostado y al que tanto se debe la civilización occidental.

Las primeras noticias que se tienen sobre este manjar se remontan a Babilonia y al antiguo Egipto, de hecho se conocen por lo menos hasta quince palabras para designar distintas variedades de panes y de pastelería en Egipto según las variedades de harina, el grado de cocción o los productos que se le añadían, miel, huevos, leche, manteca, fruta, etcétera.

Se sabe que en Mesopotamia se consumía una masa preparada con cereales machacados y molidos y que se vendía no por piezas sino valiéndose de medidas de capacidad. Los asirios, más tarde, comían unas galletas cocidas al rescoldo del fuego y que los pobres la acompañaban con cebolla.

Los griegos fueron esmerados y exquisitos panaderos. La diosa Demeter era la protectora de la nutrición, tenía una rubia cabellera de espigas de trigo maduro, en Roma el equivalente era la diosa Ceres.

Los primeros cocineros griegos fueron panaderos, fabricaban una galleta de pasta sin levadura tal y como la conocemos hoy, preferían el trigo a cualquier otro cereal. En el Siglo II d.C. un escritor grecorromano describe hasta setenta y dos formas distintas de hacer pan. Un griego de la época clásica podía encontrar en el mercado pan de centeno, de salvado egipcio, de trigo negro o sarraceno, de avena, etcétera y también con distintos tipos de elaboración, cocido en molde, al rescoldo, entre dos planchas de hierro, a la sartén, amasado con leche, con especias, etc. Hipócrates recomendaba el hecho con especias o hierbas aromáticas y vinagre como curativos.

Mientras que estudiosos como el botánico suizo Alphonse Candolle dice que el pan nace en las riberas del Eufrates hasta el ruso Vavilov que parece haber probado que fue en Abisinia, pero lo cierto es que fue Egipto quien tuvo las primeras grandes cosechas de trigo entre el quinto y sexto milenio a.C.

La religión cristiana está llena de referencias y simbolismos hacia este alimento, desde el Génesis hasta el Nuevo Testamento. Hacia el Siglo XIX - XVIII a.C. Abraham celebra su victoria sobre Codorlaomar y su aliado Salem tomando pan y vino.

En la Edad Media el pan alimenta y mata a la población, el gorgojo causa estragos y las sequías producen bajas significativas en una ciudadanía que vivía en precario alimenticiamente hablando.

Llegamos a la época donde vivimos y el pan vive una cruzada y se le acusa de ser un elemento que engorda, pero pensamos que es una moda y que pronto se pasará.

## **1.2 Ingredientes básicos para el proceso de panificación y sus funciones**

A continuación se enuncian los principales ingredientes utilizados en el proceso de panificación y se describe la función que cada uno realiza dentro del mismo.

### **1.2.1 Trigo**

Los cereales son una especie vegetal perteneciente a la familia de las gramíneas; los más cultivados son el trigo, el maíz, el arroz, la cebada, la avena, el sorgo y el mijo.

El trigo (*Triticum*) es, desde la prehistoria, el más importante de todos los cereales; este crece en cualquier tipo de suelo y en climas moderadamente templados. La calidad del trigo depende esencialmente de las condiciones climáticas. Los trigos más fuertes que se emplean son los cultivados en Canadá y Norteamérica.

El trigo contiene cantidades apreciables de ciertas vitaminas tales como la tiamina (B1), la riboflavina (B2), la niacina, el ácido pantoténico, el ácido fólico, la biotina, la colina, el inositol, los tocoferoles y la xantofilia, precursores de la vitamina A; y a la vez es completamente carente en otras como las vitaminas C y D.

La Asociación de Especialistas en Dietética de Francia recomienda el consumo de pan diario, como se observa en la tabla siguiente.

**Tabla I. Necesidades de consumo de pan, según etapa de crecimiento humano**

CONSUMO DIARIO RECOMENDADO DE PAN	
Niños	150 a 200 gramos
Adolescentes	250 a 400 gramos
Adultos	250 a 400 gramos
Ancianos	200 a 250 gramos

Fuente: INTECAP. Manual de Panificación. Guatemala 1976. p. 3

El trigo puede clasificarse, generalmente, de acuerdo con el tiempo de siembra, dureza o blandura del grano, color del grano, y según la variedad botánica.

a) Según el tiempo en que crece, el trigo se divide en:

- **Trigo de invierno:** es sembrado en el otoño, crece algo hasta que la llegada del frío del invierno le pone en estado durmiente y se cosecha el siguiente verano.
- **Trigo de primavera:** se siembra al comienzo de la primavera, crece en el verano y se cosecha a finales del verano, así la helada no lo mata antes de que tenga que madurar oportunamente.

b) Según la dureza del grano, el trigo se divide en:

- **Trigos duros:** tiene granos que son duros, son especiales para la elaboración de pan blanco. Poseen elevado grado de protección, que son la fuente del gluten en la masa, este tipo de trigo generalmente proviene de climas fríos.
- **Trigos blandos:** tiene granos muy blandos. Son muy buenos para la elaboración de pan dulce. Poseen menor grado de protección, proviene generalmente de climas menos fríos o templados. Sin embargo, ambos pueden nacer y crecer en ambos climas.

c) Según el color del grano se distinguen 4 colores:

- Blanco
- Rojo
- Amarillo
- Ámbar

d) Según la variabilidad botánica, el trigo se divide en:

- **Trigo común:** es el más corriente y se usa en pan dulce, bizcochos y galletas.
- **Trigo *durum*:** se utiliza principalmente para la confección de macarrones puesto que su gluten es lo que se llama corto y la harina tiene un alto porcentaje de azúcar.

- **Trigo clab.**

Entre los factores que determinan la calidad del trigo se encuentran el clima, la variedad y el suelo.

### 1.2.2 Harina

La harina se clasifica en:

- **Dura:** las harinas de trigo duro que llamamos harinas fuertes poseen un elevado grado de protección y tienen un color crema. Tienen gran poder de absorción, es decir, "absorben" mucha agua durante la preparación de la masa.
- **Suave:** las harinas blandas son el producto de los trigos blandos y contienen bajo porcentaje de proteínas y, consecuentemente, bajo poder de absorción. Son de un color más claro y sedosas al tacto. Este tipo de harina se destina para pan dulce, bizcochos, galletas, etcétera.

Las harinas utilizadas en panificación tienen la composición mostrada en la siguiente tabla.

**Tabla II. Composición general de la harina según sus componentes**

Composición general de la harina en porcentajes	
Proteína de gluten	11.00
Almidón	1.00
Proteínas solubles	1.00
Grasa	2.50
Azúcares	2.50
Sales minerales	0.50
Humedad	15.00
Pequeñas cantidades de celulosa	

Fuente: INTECAP. Manual de Panificación. Guatemala, 1976. p. 5

La calidad de una harina se puede definir como su capacidad para dar un producto final de excelentes características organolépticas como el sabor y el olor, de buen valor nutritivo y de costo competitivo. Los factores que influyen en la calidad están en gran parte ligados a los componentes genéticos de las diversas variedades y a su eventual variación, debidas a la fertilización, al clima, y a las infecciones de la planta.

Existen otras harinas empleadas en la panificación tales como: la de centeno, la de avena, la de cebada, la de maíz, la de soja, la de patata, y la de arroz.

### **1.2.2.1 Harina de centeno**

La harina de centeno es la segunda en importancia después del trigo en la producción de pan. La cariósida del centeno tiene una estructura similar a la del trigo, aunque un poco más larga y estrecha y de color marrón verdoso.

La harina de centeno es más oscura que la de trigo, el gluten extraído con el agua de la harina se presenta como una masa coherente y contiene las mismas proteínas que el trigo, aunque en proporciones diferentes. Las proteínas son de características muy diferentes y de escasa estabilidad, pero es posible obtener un pan de volumen suficientemente aceptable. El pan de centeno tiene una estructura muy fina, es difícil de cocer y tiene un olor característico; usualmente, la harina de centeno se mezcla con la de trigo lo que permite obtener así un pan muy sabroso.

### **1.2.2.2 Harina de avena**

Este cereal, por ser también rico en proteínas, tiene un buen valor nutritivo, pero no posee las características necesarias para la formación del gluten, por lo que su harina no es apta para la producción de pan.

### **1.2.2.3 Harina de cebada**

Aunque este cereal contiene buena cantidad de proteínas, carece de gliadina y glutelina, no es utilizable para la producción de pan. La principal influencia de la harina de cebada sobre el pan es que produce una masa que requiere una mayor cantidad de agua y al mismo tiempo una menor capacidad de fermentación.

#### **1.2.2.4 Harina de maíz**

Pequeñas cantidades de productos derivados de la molienda de maíz se utilizan como ingredientes en la preparación de panes especiales. Es importante mencionar que el maíz contiene cantidades significativas de tiamina (2.4 - 4.4 mcg/g) y riboflavina (1.3 mcg/g).

#### **1.2.2.5 Harina de soja**

La soja (*Glycine max*) es una leguminosa que durante varios milenios ha constituido una de las principales fuentes proteicas del Extremo Oriente. Su importancia deriva del hecho de ser sin duda la fuente proteica más productiva en términos de proteínas por unidad de superficie cultivada.

La semilla contiene aproximadamente el 20% de aceite, y el 40% de proteínas, con una casi óptima composición de aminoácidos. El restante 40% son carbohidratos. Vitaminas y minerales como el hierro y el calcio también están presentes.

Recientemente, la harina de soja, sobre todo como concentrado, se ha utilizado como ingrediente en la industria del pan, para aumentar la cantidad y mejorar la calidad de las proteínas del pan. En panificación la harina de soja se usa comúnmente en cantidad comprendida entre el 1 - 3% respecto a la harina de trigo.

Las ventajas atribuidas a la harina de soja son las siguientes:

- Prolongación de la conservación de los productos de horno
- Mejora de la estructura de la miga por efecto de una expansión más uniforme en la masa
- Confiere cuerpo o estabilidad a la miga
- Producción de una miga con estructura fina
- Aumento de la calidad nutricional de las proteínas de tal forma que el pan tenía un valor nutritivo igual o superior al elaborarlo sólo con trigo.

#### **1.2.2.6 Harina de patata**

La harina de patata se emplea en panificación por varios motivos: como agente aromatizante en cuanto imparte al pan sabor y olor característicos que desarrolla la patata durante la cocción; como agente antiendurecimiento, ya que se ha visto que por la composición característica del almidón, una pequeña proporción de harina de patata tiende a reducir la velocidad de resecamiento de la harina; como medio para reducir el consumo de harina en caso de emergencia económica.

### 1.2.2.7 Harina de arroz

De todos los cereales, el arroz es el más escaso de proteínas y el más rico en almidón. El valor biológico de la proteína contenida en el arroz es muy alto respecto de la proteína de otros cereales y su fácil digestibilidad hacen que este cereal tenga fundamental importancia en la alimentación, si bien su empleo en la industria de la panificación es modesto.

### 1.2.3 Levaduras

También conocida como fermento. Es una planta microscópica perteneciente a la familia de los hongos. Los tipos de levadura existente son levadura activa seca (L.A.S.) y levadura compresa (L.C.) o en pasta.

Las funciones de la levadura en el proceso de panificación son dos: producir gas, que esponja la masa y el pan acabado y ayudar a la maduración o acondicionamiento de la masa. Para actuar la levadura necesita:

- **Humedad:** necesita tener contacto con el agua.
- **Azúcar:** como por ejemplo, levulosa y dextrosa.
- **Materias nitrogenadas:** las toma de la harina.
- **Minerales:** necesita sales minerales.

#### **1.2.4 Agua**

El agua es uno de los ingredientes fundamentales en la elaboración del pan; basta pensar que una industria de pan necesita una cantidad de agua de 2,650 litros por tonelada de producto y su calidad tiene una influencia notable en la tecnología de la panificación y en los productos de ella obtenidos.

El agua que se emplea en la industria de los productos horneados y en particular en la formación de la masa debe ser potable.

Es el elemento más útil y más lucrativo en una fórmula. Por su intermedio los ingredientes se distribuyen uniformemente en la masa. El agua es responsable por el sabor y porosidad característica del pan. El pan envejece por la pérdida de humedad, por lo tanto, su conservación depende de una menor o mayor presencia del agua en el cocimiento final.

Las sustancias minerales disueltas en el agua representan sólo una pequeña fracción de las sustancias inorgánicas contenidas en los productos horneados; sin embargo, su cantidad y calidad tienen a menudo una notable influencia sobre la facilidad de trabajar la masa, sobre su aspecto y sobre la consistencia de los productos acabados. Por ejemplo, un agua dulce puede influir creando una masa pegajosa, fenómeno que puede evitarse adicionando un mejorante de la masa o una cantidad mayor de sal.

Un índice analítico que tiene importancia por su influencia en la tecnología de la panificación, es el pH, ya que para un desarrollo óptimo de la masa, su valor debe estar comprendido entre 5 y 6.

En definitiva, las características del agua tienen una notable influencia en el desarrollo de las diversas fases del proceso de panificación y sobre la calidad del producto final, por lo que es necesario emplear un agua apropiada.

Las principales funciones del agua en la fabricación del pan son las siguientes:

- Humedecer las proteínas de la harina. Esto hace posible la formación de gluten y el acondicionamiento de los almidones.
- Disolver todos los ingredientes secos de la masa.
- Regula la temperatura de la masa.
- Hace posible el desarrollo de levaduras.
- Permite un mayor desenvolvimiento o crecimiento del pan en el horno.

### **1.2.5 Sal**

La sal de cocina, o cloruro sódico constituye un elemento indispensable para la masa del pan. La sal está compuesta de cloro y sodio (cloruro de sodios). Se obtiene comercialmente de salinas, lagos subterráneos y minas.

El porcentaje correcto de sal a ser usado depende del tipo de harina, composición de la receta, tiempo de fermentación, sabor del producto final.

La sal evita el desarrollo de fermentaciones silvestres la cual al aparecer le darán al pan un sabor ácido y agrio. El empleo de cantidades adecuadas de sal, no sólo mejora el gusto del pan, sino que ayuda a dar un color más blanco a la miga, así como un mejor color a la corteza, esto se debe a que el azúcar que contiene la masa acaramela la presencia de sal.

La sal que se utiliza en la panificación debe tener las siguientes características: completamente soluble en el agua, que haga una solución clara una vez disuelta en el agua, que no sea de sabor amargo y sus granos deben ser blancos.

Las funciones de la sal en el proceso de panificación son: dar sabor al pan, dar aspecto atractivo al pan terminado, contraer y estabilizar el gluten de la harina, en las fermentaciones prolongadas impedir que la levadura trabaje demasiado rápido, coadyuvar a mantener la humedad de la pieza una vez que ésta ha salido del horno y controlar la acción de las enzimas y de la levadura.

#### **1.2.6 Azúcar**

Los azúcares que se añaden a la masa para elaborar algunos productos horneados, además de la función de conferir un sabor dulce y ser alimento para las levaduras, tienen efecto sobre la propiedad de absorción, sobre el tiempo de desarrollo de la masa y sobre las características organolépticas del producto.

El azúcar añadido en cantidad normal tiene un efecto muy limitado sobre la absorción de la masa: sin embargo a medida que aumenta la cantidad de azúcar adicionado, el tiempo de amasado es más largo. Este factor es especialmente importante cuando se hacen masas dulces con 20-25% de azúcar. En tal caso, si la masa no se mezcla durante un tiempo suficiente, el producto final se caracterizará por un volumen pequeño, miga seca y escaso sabor y poca conservabilidad. El aumento del tiempo de amasado exigido cuando se añade azúcar se explica por un mecanismo competitivo entre el azúcar y el gluten.

El azúcar actúa también en la formación del aroma; por este motivo en los panes especiales donde se permite el empleo del azúcar se añade en cantidad mayor (2 - 7%) de la necesaria para producir anhídrido carbónico.

El azúcar asegura también una mejor conservación del producto ya que permite una mejor retención de la humedad, manteniendo más tiempo su blandura inicial y retrasando el proceso de endurecimiento.

### **1.2.7 Grasas**

Las grasas se dividen en:

**a) Mantequilla:** la mantequilla es un producto que se obtiene de la materia grasa de la leche, de la que se separa por medio de un proceso de desnatado mediante centrifugación. La mantequilla contiene 80 - 85% de grasas, el 14 - 16% de agua, el 0.5 - 0.6 de lactosa, el 0.1 - 3% de sales minerales (en la mayor parte adicionadas), el 0.3 - 0.5% de proteínas y es rica en vitamina A.

**b) Manteca vegetal:** la manteca, cuando es de origen animal está formada por aproximadamente 99.5% de grasa, el resto es agua y proteínas, tiene un color blanco, inodoro e insípido. La manteca vegetal, proviene de vegetales, y se emplea en mayor cantidad debido a su menor precio.

### 1.2.7.1 Tipos de grasas y aceites

Las grasas y los aceites animales y vegetales son conocidos como triglicéridos. Son denominados así, pues en su composición entran tres moléculas de ácidos grasos y una molécula de glicerina.

Los triglicéridos tienen poco poder emulsionante y son prácticamente insolubles en el agua y por lo tanto se mezclan fácilmente con el agua o masas. Los diglicéridos y los monoglicéridos son altamente emulsionantes, es decir, se mezclan fácilmente con el agua. Dado su poder emulsionante, estos tipos de grasa son los ideales para tortas y panes o masas dulces.

Las grasas y aceites más comunes son las siguientes.

**a) Manteca vegetal hidrogenada:** las grasas o mantecas vegetales son fuentes de grasas hidrogenadas. El grado de plasticidad o solidez de las grasas hidrogenadas es controlado por el grado de adición del gas hidrogenado, y la presencia de pequeñas partículas de níquel (catalizador).

**b) Manteca vegetal emulsionada:** emulsión es la mezcla de grasa en agua o de agua en grasa. Los dos elementos están unidos de tal forma que la apariencia es de un solo elemento.

**c) Grasas emulsionadas:** las grasas emulsionadas generalmente son hechas de grasas vegetales hidrogenadas, con la adición de un emulsionante tal como los di glicéridos. Esta grasa es ideal para la fabricación de tortas y de productos de panadería.

### **1.2.7.2 Utilización de aceites y grasas en la panificación**

El efecto principal que se persigue mediante la incorporación de aceite o grasa al pan, es físico, aunque según la cantidad y calidad empleada, también dará por resultado un enriquecimiento. Las grasas son mejoradores superiores a los aceites vegetales, pero las emulsiones, según su composición, pueden ser satisfactorias.

Entre las funciones más importantes de la grasa en el proceso de panificación se encuentran: mayor valor nutritivo, mejor conservación (pan más suave debido a la mayor retención de humedad), mayor volumen cuando se emplea en un porcentaje superior a 3%, corteza más suave y mejor sabor, mejor textura y miga más suave, mejor aroma y desarrollo más uniforme.

Debe tenerse cuidado de no sobrepasar el porcentaje necesario de grasa ya que como efectos del exceso de grasa puede obtenerse pérdida de volumen, textura grasosa o gusto grasoso.

### **1.3 Maquinaria y equipo utilizado en el proceso de panificación y sus funciones**

Dentro del proceso de panificación, la maquinaria y equipo ocupa un lugar importante debido a utilidad en tiempo y costos que permiten a la industria panificadora. Entre la maquinaria y equipo más importantes se encuentran los que se mencionarán enseguida.

#### **1.3.1 Amasadoras**

Las amasadoras mecánicas cuyo empleo ha sustituido completamente el amasado manual se componen de: motor eléctrico de una o dos velocidades que acciona los órganos amasadores, basamento que sostiene los órganos amasadores, depósito de la masa, que puede ser rotativo o fijo, abierto o cerrado herméticamente y montado sobre un carro móvil o sobre un basamento fijo, brazos para amasar y órganos de transmisión del movimiento al depósito de la masa y a los órganos de elaboración. El depósito o cuba para la masa puede estar fijo o dotado de movimiento de rotación o levantamientos y volteamientos para la salida de la masa.

#### **1.3.2 Cilindros**

Los cilindros son máquinas que se utilizan en las grandes y pequeñas industrias panificadoras, dado el servicio que prestan. Su estructura es de hierro, forrada de lámina, se presentan en varios tipos y tamaños, en el centro tienen una cavidad en donde van colocados los rodillos.

Tienen una manecilla volante que sirve para la graduación de apertura de los rodillos, los volantes los tienen a los laterales o al frente. En la parte de atrás va colocado el respaldo, ésta puede ser de metal o de madera.

En el respaldo se coloca la masa, cuando el cilindro funciona, la masa es halada hacia el adentro pasando por en medio de los rodillos, proyectándola hacia delante, depositándola en la mesa que forma parte del cilindro y que está colocada en el frente donde el operario la recibe. También algunas pastas necesitan de afinarse por la calidad de panes especiales, después de haber sido trabajadas en las máquinas usuales, principalmente si son pastas duras.

### **1.3.3 Horno**

Un horno eficaz es un requisito previo en cualquier panadería. Por eficaz se entiende que es capaz de cocer bien todos los tipos de pan con bajo costo, tanto en lo que se refiere a su consumo de combustible o de energía como a los costos de operación.

### **1.3.4 Cámara de prefermentación y fermentación**

La cámara de prefermentación y fermentación son esencialmente espacios delimitados, proyectados con el fin de poder satisfacer las exigencias cuantitativas de la masa de una determinada línea de producción y de proporcionar las condiciones óptimas de temperatura y humedad para una fermentación y leudamiento adecuados.

Es esencial, para crear dentro del sistema las condiciones atmosféricas deseadas, que la cámara de fermentación esté provista de un sistema aislante adecuado y de un sistema de regulación del aire, para mantener uniformes las condiciones predeterminadas que la experiencia nos indica como necesarias para la fermentación controlada de un determinado producto.

La función de la instalación de acondicionamiento de aire es hacer circular el aire encerrado dentro del sistema y la de proporcionar calor, humedad y refrigeración adecuados, de modo que pueda satisfacer las condiciones preestablecidas.

El sistema de acondicionamiento del aire debe tener la suficiente capacidad para prevenir un mínimo de 6 renovaciones de aire por hora. Los difusores de aire o los otros conductos de distribución deben tener las dimensiones y ser del tipo adecuado para producir la circulación uniforme del aire acondicionado a través de toda la cámara, evitando así la formación de corrientes o estratificaciones.

### **1.3.5 Cámara de fermentación**

El modelo para la fermentación final más ampliamente utilizado es una cámara de fermentación que consiste esencialmente en un espacio delimitado y en un sistema de aire acondicionado, de dimensiones adecuadas para poder satisfacer una determinada cuota de producción. La cámara de fermentación se hace de forma que pueda contener en su interior cierto número de carritos porta moldes, de dimensiones y carga determinadas.

La cámara de fermentación se proyecta con una puerta situada en un extremo o no, según la conformación del establecimiento. Cuando la disposición del establecimiento requiera una cámara de fermentación de gran profundidad, los carritos deberán estar suspendidos de un monocarril permitiendo así una mayor maniobrabilidad.

### **1.3.6 Cámara de enfriamiento o refrigerador**

Empleando el frío, puede conseguirse una programación racional del ciclo productivo a través de la conservación de masas, retrasando o impidiendo la fermentación. Las ventajas de esta técnica pueden resumirse así:

- incremento de la producción en los momentos de poca demanda
- reducción de la producción en los períodos de punta
- siempre que el programa de producción lo permita, cocción de las masas durante todo el día, según la demanda, pudiendo de este modo, reducir la cantidad de pan que queda sin venderse al final del día
- supresión del trabajo nocturno.

Pueden conservarse las masas enfriándolas o congelándolas; en el primer caso el producto se define como masa retardada; y en el segundo, masa congelada.

La finalidad de la masa retardada es, como su nombre lo indica, moderar la velocidad de fermentación de la masa bajando su temperatura para la fermentación final y la cocción en el momento deseado por el panadero. Sin embargo, en general ésta técnica no ha encontrado hasta hoy la aplicación prevista, ya que también en el pan obtenido por medio de masa retardada se encuentran defectos que se deben a errores en la ejecución del proceso.

### **1.3.7 Batidora industrial**

La diferencia esencial entre una amasadora industrial y una batidora industrial radica en que la primera incorpora agua al proceso de mezclado, por lo que su uso es recomendable para masas más pesadas o de mayor volumen. Mientras tanto, una batidora industrial proporciona aire a la mezcla, es recomendable para amasado rápido y de menor volumen.

Las principales características que deben tomarse en cuenta al seleccionar una batidora son su capacidad y carga. Sin embargo, actualmente existe en el mercado una gran variedad de estas que permiten una selección óptima para garantizar el proceso de mezcla de las materias primas de panadería.

### **1.3.8 Mesa de trabajo**

La mesa de trabajo es imprescindible en toda fábrica panificadora porque sobre ellas se elaboran las masas para pan. En la mayoría de panaderías de nuestro medio, se utilizan también para el almacenaje de masas sin formar, masas que esperan ser fermentadas y otros elementos utilizados en el proceso de panificación como son las espátulas, las balanzas, los alimentos ingeridos, etcétera.

Se fabrican en madera, acero y acero inoxidable. Las mesas de madera ofrecen menor costo pero su vida útil es menor. Estas mesas se rompen, pudren y escaman con facilidad por lo que su uso no es recomendable en nuestro taller. Las mesas de acero y acero inoxidable tienen mayor vida útil y proporcionan superficies más uniformes cuya limpieza es más fácil. Además, evitan la adición de elementos indeseables en las masas de panadería.

### **1.3.9 Bandejas**

Las bandejas, latas o moldes como se les conoce en el medio artesanal, son los elementos utilizados para contener las masas formadas para obtención de pan. Estas son introducidas en el horno y en las cámaras de enfriamiento y fermentación. Se utilizan también para mantener los diversos productos de panadería ordenados hasta que son llevados a otro destino.

Se presentan en aluminio y en acero inoxidable según el propósito que se requiera en la fabricación del pan. Sin embargo, estas deben ser adquiridas, como mínimo, en aluminio y tratadas con sumo cuidado durante toda su vida útil, la cual puede llegar hasta unos 7 años. Sus dimensiones dependen de la cantidad de pan a fabricar y del tamaño de la cámara de horneado, básicamente.

### **1.3.10 Clavijeros**

Equipo utilizado para organizar las bandejas en las que se hornea el pan y que permiten el almacenamiento y traslado de las mismas así como mantener ordenada el área de trabajo. Las hay de diversas capacidades, desde 8 hasta 24 bandejas. Su construcción es en aluminio o acero inoxidable. Los más recomendables son los de acero por razones de duración y fácil limpieza.

### **1.3.11 Balanzas**

Dispositivos utilizados para el pesaje de las materias primas utilizadas en el proceso de elaboración de pan. Las hay manuales y digitales. Las manuales son las más usadas y económicas. Sin embargo, las digitales ofrecen mayor exactitud en la medición de los elementos pesados hasta de centésimas.

### **1.3.12 Bolillos**

Los bolillos son utilizados con diversos propósitos dentro de la industria panadera. Mayormente, se los utiliza para el estiramiento de masas de panadería y se fabrican en madera, en diversas medidas para ofrecer mayor comodidad en su manejo y uso por parte de los panaderos.

### **1.3.13 Espátulas**

Las espátulas son utilizadas en el proceso de panificación para remover restos de masas que se encuentran sobre las mesas de trabajo, las bandejas, cilindros refinadores, amasadoras y batidoras industriales y en toda superficie susceptible de limpieza. La limpieza de las manos con las espátulas se encuentra generalizada en la industria guatemalteca.

Su fabricación es en plástico o acero, ambas son de igual utilidad. Sin embargo, las de acero ofrecen mayor resistencia al eliminar masas o elementos demasiado impregnados a otra superficie.

## 1.4 El proceso de panificación y su evolución

En los tiempos primitivos los granos de los cereales eran simplemente triturados entre piedras, según se encontraron evidencias en algunos restos de la Edad de piedra y en excavaciones hechas en Troya. Cuando el ser humano descubrió el arte de triturar las duras semillas de los cereales silvestres, mezclaba con agua la tosa harina obtenida y cocía la masa sobre piedras calientes. Este tipo de pan elaborado con la rústica molienda del trigo y la cebada, se han hallado en Suiza entre los restos palafíticos de hace 10,000 años.

Los egipcios ayudaron al fermento de la masa incorporándole a la levadura un trozo de masa que guardaban de la horneada anterior con lo que aseguraban la fermentación. Inventaron también el horno e introdujeron la costumbre de tamizar la harina ordinaria. Negar, para los egipcios, el pan a alguien era una ofensa. Aún en las tumbas lo ponían. Pagaban los salarios con pan y cobraban las contribuciones en grano.

Entre los israelitas el común de la gente comía con frecuencia pan y pescado. Los hornos de los judíos estaban contruidos por cilindros de arcilla sin fondo de unos 0.70 a 0.90 metros de alto y se calentaban con el auxilio de carbones ardientes. La pasta se cocía en forma de discos. Los judíos amasaban tortas fabricadas con flor de harina mezclada con aceite. Para los judíos todos los víveres que han de comerse en *Sabbath* se preparan y cocinan con anticipación, de acuerdo a los principios de que ese debe ser un día de descanso. Los platillos tradicionales de este día son dos piezas de pan llamado *challah*.

Puede observarse la preparación de este alimento en la fe judaica en los ritos tradicionales de la festividad de 8 días conocida como *Pesach* (el Paso, o la Pascua). Durante este tiempo no se puede comer pan con levadura en acatamiento al precepto dado por Dios a Moisés. Los judíos han venido haciendo durante mucho tiempo un pan de trigo sin levadura, que llaman *matzo*, el *Talmud* da instrucciones detalladas para su preparación.

Tardaron mucho tiempo los romanos en aprender que el pan fermentado es mejor que el grano tostado. Pero una vez convencidos, apreciaron y respetaron el pan. La panadería se volvió en Roma un arte calificado. Los romanos desarrollaron un complicado sistema de molienda y cocción.

Muchas de las actuales combinaciones norteamericanas de harinas, como las tortas y los barquillos planos (*pancakes* y *waffles*), las roscas, los pasteles de miel y jengibre y los de té y canela tienen su origen en la cocina holandesa.

Entre los alemanes, las mujeres hacían, en mayor número del necesario, pasteles, tortas rellenas, y pan que se vendían en los mercados de las poblaciones. El pastel de legumbres tenía fama; las pastas “para mascar” y sus variadas galletas eran muy solicitadas por los vecinos de la población.

Del amasado a mano, que aún sigue vigente, se ha pasado al amasado mecánico y a la turbo molturación y enriquecimiento de la harina con vitaminas y aminoácidos. La leña, que en un principio se usaba exclusivamente para obtener el fuego, fue sustituida por el carbón, el gas, el gas oil y la electricidad.

Hasta este punto, se ha visto la cultura del pan que se le confiere a diferentes épocas y lugares alrededor del mundo; también hemos analizado los ingredientes utilizados en la fabricación de los productos de panadería y enumerado y descrito las diferentes maquinarias y equipos utilizados en el arte de la panificación. Sin embargo, es necesario hacer notar el proceso por medio del cual el pan es realizado y como ha evolucionado durante el desarrollo de este arte milenario.

Para comprender el proceso de panificación es necesario explicar, de manera breve, cada uno de los pasos que se llevan a cabo con el fin de obtener el pan. A este respecto, debe hacerse notar que primero debe formarse una masa apta para el trabajo de amasado. Este último es el segundo paso en el proceso de panificación. Luego la pasta debe laminarse de ser necesario, posteriormente deberá fermentarse y por último deberá procederse a la cocción en horno de la masa obtenida luego de realizar cuidadosamente los pasos anteriores.

## **2. DESARROLLO DEL PROCESO DE PANIFICACIÓN**

Es necesario estudiar el proceso de producción del pan para comprender la relación y secuencia entre las actividades que se llevan a cabo para la obtención del pan, así como las condiciones en que se elaborará dentro de la fábrica industrial propuesta. A continuación se describen los aspectos relevantes que conciernen al desarrollo del proceso de panificación.

### **2.1 Desarrollo del proceso de panificación en la industria guatemalteca**

El proceso de panificación en la industria guatemalteca se desarrolla con base en los procesos aplicados por industrias de otros países, debido al gran auge de normas y estándares internacionales en la industria alimenticia así como por razones de facilidad al momento de producir el producto final.

Entre las diferentes razones por las cuales se utiliza, en Guatemala, procesos similares a los de los países extranjeros, toma gran importancia el equipo industrial utilizado para la producción. Debido a que los equipos y maquinarias de mayor rendimiento se producen en otros países, y viendo el ahorro de capital que representa el utilizarlos, se acostumbra en nuestra cultura utilizar equipo de ese origen o que proporcione un rendimiento similar y, en algunos casos equipo y maquinaria que han sido remodelados o ajustados a los diversos procesos con que cuentan las panificadoras.

No debe dejarse de considerar que a pesar de que la tecnología puede determinar el proceso de producción, también lo hace el conocimiento que de antaño ha sido transmitido a nuestras generaciones tal y como fueron en sus orígenes y que nos permite obtener productos diferentes a los de otros países. Ésta es la principal razón por la que en Guatemala se sigue utilizando procesos manuales en las diversas actividades que conllevan el desarrollo de productos de panadería aún en panaderías que elaboran el producto a gran escala; tal es el caso de panaderías Las Victorias y Pan Pavailer; entre otras.

En general, en las panaderías populares se desarrolla el proceso de amasado en forma manual, sin ayuda de amasadoras o batidoras industriales ya sea por razón de economía en costos o bien por falta de orientación en cuanto a las ventajas que el uso de equipo y maquinaria modernos pueden ofrecer. Asimismo, el fermentado se lleva cabo por intermedio de la temperatura ambiente imperante en el lugar de trabajo y el horneado se realiza en horno de leña.

Las medidas requeridas en pasos como el pesado de los ingredientes individuales y de las masas boleadas se realizan por tanteo, es decir, con base en el cálculo que la experiencia le ha conferido a los panaderos durante largos años de aprendizaje.

Estos procedimientos son, en general, manuales; sin embargo, se aplican deliberadamente. Incluso cuando se tiene conocimiento del equipo y maquinaria de punta se siguen aplicando por razones de comodidad o resistencia al cambio.

A continuación se presenta el desarrollo del proceso de panificación que regularmente se utiliza en nuestro medio.

### **2.1.1 Formación de las masas**

La primera fase de la elaboración consiste en mezclar el agua y la harina y los demás ingredientes previstos, que variarán según el tipo de elaboración y el producto que se quiera obtener.

Durante el amasado la harina absorbe el agua; la cantidad de agua absorbida depende de diversos factores como la granulometría, el contenido proteico, calidad, humedad de la harina, y la presencia simultánea de otras sustancias, el grado higrométrico del ambiente y el grado de consistencia que se quiera dar a la masa.

El porcentaje de hidratación de la harina es, en términos medios, del 60%; en harinas de trigo de fuerza, provenientes del extranjero con elevado tenor proteico, el porcentaje de hidratación llega hasta el 68-70%.

Antes del amasado propiamente dicho, es necesario realizar unas operaciones previas como son determinar el agua a añadir y la temperatura adecuada. La cantidad de agua se fija dependiendo de las características de la harina y de la consistencia que se quiera dar a la masa.

El agua adicionada tiene una considerable importancia práctica, ya que su cantidad influye en el rendimiento que va a obtenerse de la masa. Las fórmulas que permiten calcular el rendimiento de la masa no tienen en cuenta la levadura, la sal y otros ingredientes añadidos.

El rendimiento teórico de la masa puede calcularse según la siguiente fórmula:

$$R = (\text{peso de la masa} * 100) / (\text{peso de la harina})$$

Por consiguiente el rendimiento de la masa se utiliza para determinar el rendimiento del pan.

Otro parámetro preliminar por tomar en consideración, es la temperatura del agua, ya que ésta influye en la temperatura de la masa. La temperatura que debe tener el agua para obtener una masa a la temperatura deseada, se determina mediante la aplicación de una fórmula empírica, deducida de la observación de que el producto de la temperatura del agua, de la harina y del ambiente es igual a 3 veces la temperatura que se quiere tener en la masa. La expresión matemática para usada determinar esta cantidad es:

$$t_{\text{agua}} = 69 - (t_{\text{ambiente}} + t_{\text{harina}})$$

Otra fórmula que permite calcular la temperatura del agua es:

$$t_{\text{agua}} = 2t_{\text{masa}} - t_{\text{harina}}$$

Otro factor que influye en la temperatura de la masa es el calor de hidratación, que depende a su vez del contenido de humedad de la harina: cuanto más baja sea la humedad más elevado es el calor de la hidratación.

La operación del amasado puede efectuarse con el método directo o indirecto. El método directo consiste en mezclar simultáneamente los diversos ingredientes hasta formar una masa todavía no perfectamente homogénea. En este punto, se realiza un período de reposo que permite completar la hidratación, la formación del gluten y controlar las características por parte del amasador. El período de reposo oscila entre los 3 y los 5 minutos tras los cuales reemprende el amasado, completándolo.

Debido a la evolución de las máquinas amasadoras se ha hecho posible realizar algunas modificaciones en éste método. Se ha hecho posible el amasado intensivo debido a las amasadoras que poseen dos velocidades o una velocidad creciente regulable. Con éste método se ha observado que el amasado tiene una duración de fermentación menor.

En definitiva, puede decirse que el amasado a velocidad lenta es menor en tiempo que el amasado intensivo.

Al sistema de amasado directo que prevé la mezcla inicial de todos los componentes, se contraponen otros sistemas que principalmente son: el método con masa-levadura y el método con levadura natural.

El primero es un sistema indirecto de panificación, que recibe también el nombre de método *Poolisch* por su origen polaco. Con este método el ciclo de la panificación se divide en dos: una primera fase se refiere a la preparación de una masa-levadura y la segunda fase es la referente al horneado de la masa.

El segundo método se caracteriza por el empleo de levadura de pan, cogida de la masa hecha del día anterior, oportunamente fermentada y conservada en un ambiente refrigerado.

El uso de uno u otro tipo de levadura determina una duración diferente de la fermentación y por consiguiente, también un distinto comportamiento del proceso. Mientras que la levadura natural se usa en fermentaciones largas, la levadura comprimida se emplea en la fermentación en dos tiempos que prevé un diagrama de elaboración más breve y simple.

### **2.1.2 Laminación y formación de la pasta**

El empleo clásico de laminado se utiliza en la fabricación de hojaldre.

### **2.1.3 Fermentación**

Cualquiera que sea el método empleado para la fermentación biológica, la fermentación se puede subdividir en dos fases denominadas reposo y apresto. El reposo se define como el período de fermentación que transcurre entre el amasado y el pesado de la masa, durante el cual la pasta sufre una serie de transformaciones que le confieren propiedades físicas que permiten cortarla y volverla. El término apresto se utiliza para indicar el intervalo de tiempo comprendido desde que se le da vuelta o gira hasta la cocción.

La duración de las fases de fermentación varía según el método utilizado: en el método directo el reposo tiene una duración de cerca de 4 horas, tiempo bastante mayor que en los otros métodos, mientras que en el apresto no se tienen diferencias sensibles en los tiempos.

Empleando el frío, puede conseguirse una programación racional del ciclo productivo a través de la conservación de las masas, retrasando o impidiendo la fermentación. Las ventajas de éste técnica pueden resumirse así:

- incremento de la producción en los momentos de poca demanda (poco trabajo)
- reducción de la producción en los períodos punta
- siempre que el diagrama de producción lo permita, cocción de las masas durante todo el día, según la demanda, pudiendo de este modo, reducir la cantidad de pan que queda sin venderse al final del día
- supresión del trabajo nocturno.

Pueden conservarse las masas enfriándolas o congelándolas; en el primer caso el producto se define como masa retardada, y en el segundo masa congelada. La finalidad de la masa retardada es, como su nombre lo indica, la de moderarla velocidad de fermentación de la masa bajando su temperatura con el fin de realizar la fermentación final y la cocción el momento deseado por el panadero. De esto se deduce que el empleo principal de la masa retardada, es el de poderlas producir el día anterior para fermentarlas y cocerlas al día siguiente, evitando de este modo el desagradable trabajo nocturno.

Sin embargo, en general ésta técnica no ha encontrado hasta hoy la aplicación prevista, ya que también en el pan obtenido por medio de masa retardada se encuentran defectos que se deben a errores en la ejecución del proceso.

#### 2.1.4 Cocción del pan

El proceso de cocción de las piezas de masa consiste en una serie de transformaciones de tipo físico, químico y biológico, que permite obtener al final del mismo un producto comestible y de excelentes características organolépticas y nutritivas.

La temperatura del horno y la duración de la cocción varían según el tamaño y el tipo de pan; la temperatura oscila entre 220 y 275°C, mientras que el tiempo de cocción varía como se muestra en la tabla siguiente.

**Tabla III. Recomendaciones sobre el tiempo de horneado para productos de panadería**

Tiempo de cocción recomendado según peso del pan	
Panes de 2,000 gramos	45 a 50 minutos
Panes de 900 gramos	30 a 40 minutos
Panes de 500 gramos	20 a 30 minutos
Panes de tamaño pequeño	13 a 18 minutos

Fuente: INTECAP. Panadero, nivel operativo. Guatemala, 1996. p. 9

## **2.2 Importancia de un buen desarrollo del proceso de producción**

Existen, en la actualidad, diversos controles de calidad y de procesos los cuales son aplicados en las diversas factorías. Sin embargo, es de mayor importancia el desarrollar un proceso de producción adecuado y que permita obtener el mejor producto posible con los recursos con que se cuenta.

Para ello, debe tomarse en cuenta que los pasos del proceso de panificación que se mencionan en la sección anterior son, cada uno de ellos, importantes y que deben, cuando así lo permita el caso, aplicarse con el mayor esmero y cuidado y no solamente como una rutina diaria. Algunos de los pasos serán omitidos cuando así lo requiera la fabricación de un producto específico o cuando las tecnologías adquiridas no permitan seguir exactamente cada uno de los aspectos mencionados y para lo cual se ajustarán de forma que se obtenga el mayor beneficio de los equipos y un producto de calidad.

Es necesario elegir un proceso adecuado y que provea el producto que se quiere lanzar al mercado. Es por ello que, aún cuando se dice que la tecnología determina el proceso y no el proceso la tecnología, ambos deben trabajar de la mano para llegar a un resultado satisfactorio.

La importancia que se le confiere al desarrollo del proceso de panificación radica, fundamentalmente, en el producto final puesto a la venta. Sin embargo, puede apreciarse el desarrollo del proceso de panificación en aspectos como los que a continuación se mencionarán.

Cuando el pan no ha sido bien elaborado presenta pequeñas masas de harina que no se han incorporado a la pasta. La pasta no ha absorbido la cantidad de agua que le corresponde y, a causa de ello, la masa ha quedado mal ligada y sin llegar a adquirir la finura correcta durante el amasado, esto produce ciertas cavidades o grandes ojos de consecuencia de un amasado mal dirigido.

Cuando el pan no ha sido bien elaborado puede tener algunos defectos que se observarán al retirarlo del horno. Las causas pueden ser las siguientes: empleo de masa joven o tierna, empleo de masa pasada, masa demasiado blanda, fermentación escasa, horno demasiado caliente, entre otras. Para evitar estas características se recomienda lo siguiente.

Dejar que la masa fermente durante más tiempo para que adquiera mayor acidez. Si la masa vieja contiene demasiada acidez deberá refrescarse con agua y harina y añadir un poco de levadura prensada, amasándola bien antes de utilizarla. La masa blanda es muy delicada y depende del ambiente de la panadería lo que hace que no tome la consistencia necesaria. A este respecto, debe hacerse la masa ligeramente más dura y favorable a temperaturas normales para que la pasta tome cuerpo. Si la fermentación ha sido escasa, debe aumentarse el fermento y procurar que la fermentación resulte más completa. Y, finalmente, si el horno se encuentra demasiado caliente, debe bajarse la temperatura a fin de evitar una precipitación de la masa.

Desde un principio hay que disolver y repartir bien la masa, a fin de evitar la formación de bolsas de aire debajo de la corteza. También hay que tener en cuenta el empleo de la leche o grasas, porque a veces, según la cantidad adicionada, éstas absorben el ácido de las masas y hacen perder las cualidades de la levadura.

Asimismo, debe tenerse en cuenta no espolvorear excesivamente con harina las porciones de masa en el momento de formar los panes, especialmente cuando los panes son elaborados por equipos automáticos. Un exceso de harina puede provocar la formación de cavidades grandes, o bien dejar la miga en malas condiciones. Si se toman todas las precauciones lo mejor posible, conseguiremos un pan sin ningún defecto y favoreceremos su consumo.

Las ventajas de una mezcla correcta de los ingredientes son, entre otras: máxima absorción, buen desarrollo del gluten, masa que da la sensación de estar bastante seca, buen volumen del pan y buenas condiciones internas del pan.

Las desventajas de una mezcla inadecuada pueden ser las siguientes: baja absorción, falta de elasticidad de la masa, masa húmeda y pegajosa, el acondicionamiento de la masa es irregular, poco volumen del pan y malas condiciones internas del pan.

Independientemente del tipo de horno, existe una temperatura y tiempo óptimos para cada tipo de masa. Una regla básica, de uso común para los panaderos, consiste en que cuanto más grande sea el pan más baja será la temperatura y más dilatado el tiempo de cocimiento.

### **2.3 Posibilidades del proceso de panificación para el proyecto**

Como se mencionó en la sección anterior, la tecnología determina, entre otros factores, el proceso de producción que se utilizará. Pero, también, lo hará el tipo de producto a fabricar, el tipo de proceso a utilizar para el producto deseado, la cantidad que se desee obtener en cada tanda de producción, entre otras.

El pan que producirá la fábrica en cuestión será el pan francés y de manteca populares, es decir, el que acostumbra encontrarse en panaderías familiares o en tiendas y abarroterías el cual no contiene ningún tipo de empaque y cuya vida útil está prevista, como máximo para el consumo humano, para un día pudiendo llegar a venderse el día siguiente como "pan del día anterior" o "pan frío", como se le denomina popularmente.

En cuanto al tipo de proceso a utilizar y la cantidad de producto que se obtenga en la producción propiamente dicha, interviene el equipo y la maquinaria utilizada; estas características dependen de la actualidad del equipo y maquinaria utilizados en el proceso.

A mayor grado tecnológico se incrementarán los desembolsos pero también se garantizará un mejor producto, más confiable que con una tecnología de menor grado. Sin embargo, inicialmente podría empezarse con una fábrica de menor categoría para lanzarse, posteriormente, a una de avanzada tecnología dependiendo del éxito que se obtenga al adecuarla a los programas académicos de la Facultad de Ingeniería ya que no se ha dejado, en ningún momento, de tomar en cuenta la finalidad para la cual fue concebida ésta propuesta.

Dicho lo anterior, se enumeran las diferentes posibilidades que nos permiten los equipos y maquinarias utilizados en panadería.

### **2.3.1 Amasadoras**

Existe en el mercado una gran variedad de amasadoras dependiendo del uso y la capacidad necesarios para un determinado proceso de producción. A continuación se describen las amasadoras de mayor uso en el medio guatemalteco.

#### **2.3.1.1 Amasadoras de velocidad lenta**

La amasadora de horquilla es apta para emplearse en cualquier tipo de masa, aunque preferiblemente para masas duras con un 32 - 35% de agua o menos duras con el 45 - 50% de agua. La amasadora puede equiparse de un motor de dos velocidades para permitir también elaborar masas blandas con un 60 - 65% de agua.

Este tipo de amasadora se caracteriza con respecto a las demás por lo siguiente: más tiempo de amasado a igual volumen de masa, menor volumen de masa a igual tiempo, más tiempo para uniformar la masa y mayor tiempo de manipulación de la masa.

Una amasadora de brazos con movimientos de chapuceo rotatorios, son idóneas para las masas tiernas con un 50 - 70% de agua y para las masas semiduras con un 45 - 50% de agua. Este tipo de amasadora por el movimiento que da a la masa de abajo hacia arriba es la mejor para incorporarle aire, y consiguientemente, para oxigenar lo más posible la masa.

Su empleo permite volumen mayor de pasta, una masa más oxigenada y mayor volumen de los productos acabados.

La amasadora de espiral trabaja la masa con una presión desde arriba hacia abajo siendo idóneo su empleo para masas tiernas con un 60 - 70% de agua o semiduras con un 45 - 50% de agua. Con este tipo de amasadora se consigue una menor aireación y un desarrollo mayor de calor, con el consiguiente mayor calentamiento de la masa. Con las amasadoras en espiral, se tiene un tiempo de amasado menor que con cualquier otro tipo de amasadora y un volumen de pasta medio respecto al obtenido en las demás amasadoras.

Dada la necesidad de emplear amasadoras veloces y de elaborar masas tiernas, bien aireadas, las amasadoras que se utilizan comúnmente en la panificación son las de brazos zambullentes y las de espiral.

### **2.3.1.2 Amasadoras de alta velocidad**

La difusión del amasado a alta velocidad para las producciones industriales ha creado la necesidad no sólo de modificar las viejas amasadoras, como ya se ha dicho, sino también de producir nuevas amasadoras adecuadas a los nuevos fines. El empleo de la amasadora de alta velocidad elimina la fermentación de la masa (2 ó 3 horas) durante la que tiene lugar el desarrollo del gluten.

El cilindro más adecuado para finir es el vertical, ya que se puede depositar en la tolva suficiente masa y permanecen afinándose durante algún tiempo sin necesidad de estar sacándola.

El cilindro horizontal es adecuado para láminas, es decir, para sacar pastas de diferentes largos y gruesos especialmente para la elaboración de pan galleta.

### **2.3.2 Tipos de horno**

Los hornos de acuerdo a su construcción se clasifican en: mampostería, metálicos y combinados.

Según la forma en que reciben el calor, los hornos se dividen en: hornos de calentamiento directo y hornos de calentamiento indirecto.

#### **2.3.2.1 Hornos de mampostería**

Los hornos de mampostería tienen sus paredes de ladrillo, su techo es en forma de bóveda. En el lado opuesto de la compuerta tiene una chimenea por donde salen los gases y humos de los combustibles. Tienen que ser calentados previamente. Estos hornos se llaman de calefacción directa, debido a que son calentados por el mismo lugar donde posteriormente se horneará el pan. Esta clase de horno es muy utilizado, pero poco a poco va siendo desplazado por otros tipos.

### **2.3.2.2 Hornos metálicos**

Son los de uso actual y su piso puede ser fijo o móvil. Cuando el piso es móvil puede ser de movimiento horizontal o vertical. Se construyen con paredes dobles de hierro negro, galvanizado o acerado. Por su larga duración, recomiendan el acero inoxidable en el interior, ya que no corroe. El acero corriente se puede utilizar en el exterior. Estos hornos vienen equipados con sistemas de vaporización y controles de temperatura. Los quemadores de los hornos pueden ser para leña, gasoil, electricidad y gas.

Entre las partes componentes de estos tipos de hornos se encuentran los pirómetros, tiradores, puertas, espacio, panel, válvulas de control de vapor, llave de entrada de agua, interruptores

### **2.3.2.3 Hornos eléctricos**

Existen varios tipos de hornos eléctricos con excelentes propiedades de cocción. Se construyen en forma de entrepaño doble formado de muelle de alambre, automático y reversible, que se mantiene a la tensión correspondiente al peso de la horneada de pan, de modo que siempre queda nivelado.

### **2.3.2.4 Hornos de aire caliente**

Bajo este encabezamiento se incluyen los llamados de tipo portátil, contruidos en forma de cámaras metálicas aisladas con lana de escoria y frecuentemente con calefacción de gas.

### **2.3.2.5 Hornos portátiles de mesa**

Estos hornos, con dos o tres entrepaños, son utilizados generalmente por los confiteros. Se construyen de hierro galvanizado o acero y se calientan con coque (carbón) o gas. Son muy prácticos donde hay poco espacio; su rendimiento es bueno y la operación barata. Todos estos hornos se llaman de pala, pues se cargan y descargan por medio de palas de madera de mango largo.

### **2.3.2.6 Hornos de tubería de vapor de agua**

Los hornos de tubería de vapor de agua se pueden encender con gas o coque. Actualmente, son preferidos los de gas o petróleo, pues contaminan menos el aire y como son automáticos, su operación es también económica.

### **2.3.2.7 Hornos de tambor**

De uso popularizado recientemente, funcionan con gas o con petróleo, se construyen de todos los tamaños y constan de una caja aislada, dentro de la cual circulan los productos de la combustión del hogar impulsados por un ventilador, las bandejas que dan vueltas en su interior son soportadas por dos grandes volantes movidos por un eje principal. Según la capacidad del horno caben 10 bandejas en los mayores y seis en los más pequeños. La velocidad se puede regular por un mando sencillo según el tipo de producción que se va a cocer.

El vapor se utiliza en el horno principalmente para mejorar el colorido y brillo del pan y para controlar las pérdidas por evaporación durante la cocción. El pan cocido en horno sin vapor tiene una corteza mate pardo grisáceo y puede presentar forma irregular y grietas en la corteza según la sequedad del ambiente.

### **2.3.3 Alternativa seleccionada para el proceso de producción de la fábrica industrial propuesta**

El proceso de producción dentro de la planta de producción deberá ser, fundamentalmente, automatizado debido a la facilidad requerida en el momento de llevarse a cabo la capacitación y aprendizaje por parte de los alumnos asistentes a la misma. El grado de automatización será el mayor que pueda ofrecerse a la producción para proporcionar a los alumnos conocimientos básicos en tecnología, equipo y maquinaria, así como en los procedimientos que se aplican actualmente en la industria panificadora. A pesar de ello, como se mencionará en esta sección, puede permitirse, en determinado momento, el trabajo manual prescindiendo de maquinaria y equipo utilizado para panificación.

El tipo de proceso utilizado será el intermitente, debido a los cambios en las recetas diarias que se manejarán y a las necesidades individuales que cada una de las prácticas de laboratorio requieran. En general, este será el tipo de producción para el laboratorio.

El hecho de que los panaderos corrigen los defectos y errores en la producción con métodos aprendidos de antaño, limita el tipo de producción a ser intermitente. Esta condición se ve fortalecida por el hecho de que las recetas para el pan cambian diariamente debido a la consistencia de la harina recibida o la que presenta diariamente, el tipo y edad de las materias primas manejadas y la consistencia del producto final que se desee obtener. Así mismo, pueden variarse los tiempos de fermentado, cocción y la cantidad de vueltas necesarias en el cilindro refinador como también el tiempo de fermentación, entre otras características y procedimientos aplicados en la producción.

Puede, también, permitirse que los panaderos, quienes se contratarán para la producción comercial de pan, desarrollen algunas actividades, como el pesaje de los ingredientes, el amasado y el fermentado, en forma manual para que los alumnos puedan observar el uso de técnicas artesanales manuales, enriqueciendo de esta manera su proceso de aprendizaje y comprensión del proceso de panificación. Esta condición se permitirá exclusivamente cuando el trabajo realizado manualmente no retrase o perjudique las actividades de producción dentro de la actividad comercial y, siempre y cuando, haya sido aprobada por las autoridades pertinentes. En última instancia, previo dictamen, supervisión y control de los instructores de laboratorio, podrán también ser aplicados por los alumnos asistentes a las prácticas de laboratorio.

De esta manera, el proceso manejado por los estudiantes participantes en las prácticas de laboratorio se realizará, generalmente, en la forma más automatizada posible, con las excepciones que sean posibles. Mientras tanto, para la actividad comercial podrán permitirse condiciones de estricta automatización o artesanal, es decir, aplicando métodos caseros.

Es conveniente señalar que, para la implementación del proceso de panificación dentro del recinto universitario, deberá seguirse la disposición reglamentaria que, como se verá en la sección 3.4, prohíbe la utilización de hornos caseros basados en leña. Así mismo, no podrá producirse producto alguno durante horario nocturno.

En cuanto al equipo utilizado debe escogerse, siempre que la selección no afecte el proceso de producción, equipo y maquinaria de acero inoxidable y automático, por razones de duración, garantía, ahorro en tiempo y costos, facilidad en su limpieza, entre las más importantes. Cuando sea posible, la maquinaria y el equipo, deberán contar con resguardos en las partes que presenten peligro de choque eléctrico, de aprehensión, de amputación, etcétera.

La amasadora seleccionada para llevar a cabo el proceso de amasado deberá ser de alta velocidad para ofrecer mayor ventaja en tiempo de amasado; la batidora deberá ofrecer capacidad de procesamiento suficiente con excedente de algunos litros. Ambos equipos deberán ser fabricados en acero inoxidable, preferiblemente. El horno utilizado deberá ser de acero, preferentemente inoxidable y con rodamientos que faciliten su desplazamiento, eléctrico y a gas por razones de seguridad en caídas de voltaje o apagones o cortocircuitos eléctricos.

No se considera de especial importancia al cilindro refinador por razón de ser, en la mayoría de los casos diferentes únicamente en cuanto a capacidad. No obstante, éstos deberán ofrecer facilidad de conexión eléctrica.

Se hará la consideración concerniente en cuanto al equipo de fermentación y de refrigeración posteriormente, debido a que al igual que los cilindros sólo difieren en lo referente a capacidad. La capacidad de fermentar o refrigerar no deberá ser menor de 10 bandejas internas para cada uno de los equipos. De igual modo, deberán contar con controles manuales de temperatura y tiempo.

Como se verá más adelante las posibilidades del proceso de panificación quedan limitadas, fundamentalmente, por las normas internas que establecen los reglamentos internos de cumplimiento obligatorio dentro de la universidad.

#### **2.4 Desarrollo didáctico del proceso de panificación para el proyecto**

El proceso de panificación se enfocará, esencialmente, en el desarrollo de los pasos principales para la obtención del pan por parte de los alumnos participantes en las prácticas de laboratorio de los cursos profesionales de la carrera de Ingeniería Industrial. Simultáneamente, se desarrollará un producto, bajo condiciones de estándares y normas de general aceptación, exclusivamente para su comercialización. Esta razón se debe a la finalidad técnico-pedagógica que se desea lograr al implementar ésta fábrica como parte de la programación de los laboratorios para los cuales se destine su uso, permitiendo al mismo tiempo, obtener ingresos que permitan garantizar su sostenibilidad.

Se contará con instructores especializados en el proceso de panadería los cuales darán las orientaciones y recomendaciones necesarias a cada uno de los estudiantes que tengan contacto con la fábrica. Se harán, también, demostraciones preliminares para que cada uno de los estudiantes comprenda de mejor manera cada uno de los pasos que debe realizar y las dificultades e inconvenientes que pueden surgir al momento de poner en práctica los conocimientos adquiridos teóricamente.

La afluencia de estudiantes a la fábrica será determinada con anticipación para permitir programar con el mayor cuidado cada una de las actividades que se realizarán a fin de manejar la fábrica de manera organizada y que pueda fabricar un producto final de calidad que genere los beneficios para los cuales fue creado.

Debido a los cambios de personal estudiantil que obedecen a la asignación de tiempo específico (de acuerdo con la programación realizada por Control Académico de la Facultad de Ingeniería) y atendiendo a la cantidad de alumnos que se programe, serán recibidos en cupo máximo; en cada cátedra se asignarán actividades de fácil consecución a los estudiantes, dejando a las personas especializadas únicamente aquellas actividades que requieran de mayor conocimiento y práctica y que no puedan ser desarrolladas por ninguno de los estudiantes participantes en el desarrollo del proceso, apoyando de esta manera a los panaderos que trabajarán simultáneamente el proceso exclusivo para comercialización.

Cada una de las prácticas de laboratorio que sean llevadas a cabo por los instructores no deberán, en ningún momento, ser prerrequisito para asistir a las prácticas de laboratorio subsecuentes (consecutivas); no solamente por razón de facilitar el aprendizaje sino también para ofrecer ventaja a personas quienes por razones de fuerza mayor, o causa justificada, no puedan participar en una o más prácticas de laboratorio.



### **3. ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DEL PROCESO DE PANIFICACIÓN**

En este capítulo se tratará lo referente al proceso de panificación tomando en cuenta, primero, las actividades realizadas en el proceso de panificación para elaborar un diagrama de operaciones del proceso. A partir de este último se elaborará un diagrama de flujo para el proceso de panificación. Posteriormente, se hará referencia a la capacidad del proceso de panificación y se analizarán todos los aspectos técnicos involucrados en el proceso. Por último, se hará mención de la factibilidad técnica del proyecto.

En el primer capítulo se enunció la historia del pan, los ingredientes y maquinarias y equipos así como las funciones que cada uno de ellos desempeña en el proceso de panificación. En el segundo capítulo se menciona el desarrollo del proceso de panificación haciendo referencia a la importancia del buen desarrollo del proceso de panificación, las posibilidades que ofrecen la diversidad de procedimientos y de equipos pero también como se desarrollará el proceso de enseñanza-aprendizaje dentro de la fábrica industrial.

Debe necesariamente, en este capítulo, tomarse en cuenta todos y cada uno de los aspectos técnicos que limitan o benefician al proyecto. La razón de lo anterior es lograr analizar a detalle cada uno de ellos con el fin de llegar a la decisión acerca de la conveniencia en su implementación tal y como se pretende en el proyecto, o bien profundizar el análisis o modificar las características técnicas que están asociadas con la implementación del proyecto.

Para analizar las características técnicas que el proceso de panificación conlleva, es necesario describir, en primera instancia, cómo se desarrolla el proceso en cada uno de sus pasos como se verá a continuación.

### **3.1 Descripción y desarrollo del diagrama de operaciones del proceso de panificación**

Las decisiones de nivel macro son aquellas que conciernen al tipo de proceso que se selecciona y el tipo de tecnología que se usará. Sin embargo, las decisiones de nivel micro en el diseño del proceso son el análisis del flujo del proceso y la distribución de las instalaciones. Como es obvio, deben tomarse primero las decisiones de nivel micro antes de tomar las de nivel macro, por ello en éste capítulo, se describirá los aspectos necesarios para llegar a tomar las decisiones de nivel micro.

El estudio del flujo del proceso trata directamente del proceso de transformación, mismo que se puede considerar como una serie de flujos que conectan los insumos con los productos. En el corazón del análisis de flujo se encuentra el diagrama de flujo. La idea de describir aquí las actividades en forma de diagrama, será de utilidad porque ayudará a establecer los parámetros propios de la producción como son la capacidad, la instalación y los métodos y procedimientos.

Una de las herramientas más poderosas en el análisis de procesos son los diagramas de operaciones y, dentro de ellos, el más general es el diagrama de operaciones el cual muestra los tiempos requeridos para cada una de las actividades que ocupan un proceso productivo y utiliza una simbología internacionalmente aceptada.

Luego de efectuar diversas visitas a industrias panificadoras, observando los procesos de panificación de las mismas, se realizaron los diagramas de operaciones. Los diagramas presentados obedecen a las actividades ordinarias de una panadería ya establecida y con movimiento comercial permanente. Sin embargo, pueden adaptarse con facilidad las actividades realizadas dentro del proyecto por razón de que los mostrados pueden tomarse como modelo, representando para nosotros un uso similar y habitual dentro de las diversas industrias panaderas guatemaltecas.

Para enunciar el desarrollo del proceso de panificación recuerde, primeramente, la breve descripción del proceso de panificación mencionada en la sección 1.4 del primer capítulo. Sin embargo, no es suficiente tan vaga descripción de un proceso productivo, por lo cual, el proceso de producción de panificación para 1 quintal de harina trabajado comúnmente en las panaderías de pequeña escala, se enuncia a detalle a continuación.

Si se asume que se tienen en bodega las materias primas del proceso, se realizará primero el pesado y medido de cada uno de los ingredientes: harina, azúcar, sal, manteca o grasa y agua (puede utilizarse una masa base para el pan francés aunque esta adición no es obligatoria); 5 minutos para el pesado de todos los ingredientes. Luego de haber medido y pesado correctamente cada uno de los ingredientes se procede a mezclarlos hasta lograr obtener una pasta homogénea, denominada gluten por los europeos; esta actividad es conocida por los panaderos como amasado consistente; esta actividad ocupa un promedio de 1 hora cuando se realiza manualmente. Sin embargo, el amasado de un quintal de harina puede tomar entre 35 y 40 minutos si este es llevado a cabo por amasadoras, es decir, mecánicamente.

Cuando se realiza la actividad de amasado debe tenerse cuidado en 4 actividades importantes: mezclar bien todos los ingredientes para obtener la masa, humedecer el almidón e hidratar el gluten, trabajar mecánicamente el gluten para darle elasticidad y, finalmente, distribuir uniformemente las células de levadura por toda la masa. Atendiendo estas cuatro actividades se asegura la buena fermentación del pan.

Para la operación del amasado propiamente dicha, hay que contar, en primer lugar, con una cantidad suficiente de pasta fermentada, la cual debe ser bien diluida en agua. Esta pasta fermentada es conocida por el panadero como esponja o bien como masa base o masa madre y se le atribuye la propiedad de mejorar la calidad, forma, tamaño y presentación del producto final. Luego, se añade el resto de agua, la sal, el mejorante (cuando se requiera) y la harina necesaria para lograr obtener una pasta que no sea demasiado dura pero que no resulte tampoco blanda. La levadura prensada se puede incorporar junto con los demás ingredientes o bien posteriormente, esto queda a criterio del panadero. Este paso puede realizarse a mano o con una amasadora. Como se mencionó anteriormente esta adición de masa base no es obligatoria.

Si ya se obtuvo la masa consistente debe pasarse a una etapa de reposo. A continuación debe dejarse reposar la masa durante algún tiempo, procedimiento conocido como fermentación. Debe tomarse en cuenta que la fermentación debe ir acompañada de una proporción correcta de levadura, así como también de una temperatura adecuada, para que la transformación del agua y la harina resulte realmente efectiva.

La duración del reposo debe ser, según el panadero, de aproximadamente 20 minutos cuando se observa una temperatura elevada dentro del local o si el clima es demasiado caluroso, es decir cuando la temperatura oscila entre 27 y 30 grados centígrados. Mientras tanto, el reposo durará alrededor de 30 minutos si la temperatura dentro del local es regular o normal o si el clima templado lo favorece llegando a una temperatura aproximada de 25 grados centígrados. Si la temperatura dentro del local es muy fría o el local se ve afectado por un clima muy frío a una temperatura entre 19 y 23 grados, el reposo durará, aproximadamente, 40 minutos.

Posteriormente, deben tornearse y formarse los panes, los cuales se irán colocando en cámaras de fermentación para su levantamiento. Puede realizarse la fermentación en forma natural, es decir, favorecida por el clima imperante en el ambiente natural del local con lo cual el tiempo de fermentación podría ser de 1 a 2 horas dependiendo de la consistencia obtenida en la etapa de amasado y la calidad observada en la masa durante la etapa de fermentando.

La masa obtenida hasta éste punto debe refinarse (afinarse) haciéndola pasar por un cilindro refinador; el refinado se desarrolla durante cinco minutos aproximadamente, dándole de 50 a 60 pasadas en el cilindro, cantidad que dependerá de la consistencia de la masa. El cilindro más adecuado para finar es el vertical, ya que puede depositarse en la tolva suficiente masa y puede permanecer afinándose algún tiempo sin necesidad de estarla sacando. El cilindro horizontal se utiliza principalmente cuando se elabora pan galleta. Si la pasta es dura será necesario el paso de afinado o refinado.

Se debe tomar en cuenta que la masa se encuentra en un estado favorable cuando la cantidad de harina empleada se ajusta a la cantidad de agua incorporada, puesto que el gluten, elemento principal de la harina, queda así mejor preparado para llevar a cabo su función durante la fermentación.

Una vez que se ha terminado el amasado es conveniente probar una porción de pasta para constatar la elasticidad y consistencia que posee. Para hacerlo basta con retirar una porción de la masa y observar si ésta se desprende fácilmente. Si se presenta dificultad para retirar la porción de masa, observando que la porción se reincorpora fácilmente, debe amasarse más consistentemente. Si, por el contrario, la masa se separa fácilmente la elasticidad es la apropiada. Mientras tanto, para verificar la consistencia basta con observar que no existan grumos en la masa trabajada ni porosidades dentro de ella.

Después que se ha logrado fermentar adecuadamente la masa, debe bolearse (tomar pequeñas porciones de masa dándoles forma de pequeñas esferas de 1.00 onza cada una, aproximadamente) y posteriormente figurarse, es decir, darle a las esferas la forma final que se desea obtenga el pan. El boleado toma 5 segundos por unidad, mientras que el figurado, 6 segundos por unidad.

Luego debe introducirse al horno el pan a una temperatura aproximada de 250°C a 300°C, alrededor de 20 minutos. Ya cocido y retirado del horno, el pan debe presentar un color pálido dorado y una calidad crujiente en toda su extensión. Finalmente, deberá ser colocado en cestos o en estantes, para que se efectúe un buen exudado que le asegure una buena conservación.

El proceso descrito anteriormente es el que se realiza para la obtención del pan francés. El pan francés final se caracteriza por tener una forma alargada y bastante crujiente, porque lleva pequeñas cantidades de azúcar y se cuece en presencia de vapor del horno.

El proceso realizado para la obtención del pan de manteca varía muy poco con respecto al pan francés, según la siguiente descripción: el pan de manteca lleva, además de los ingredientes mencionados para el pan francés, polvo de hornear. El pan de manteca de tipo tostado omite necesariamente la adición de levadura. Para el pan de manteca y de manteca tostado se realizan las mismas actividades con la misma duración cada una que para el pan francés, exceptuando que los primeros no necesitan fermentación para ser horneados.

El peso de la bola (procedimiento de boleado) para un pan de manteca es de 0.75 onzas por cada masa boleada cuando la calidad de la masa es siempre la misma, pero puede llegar a pesar 1.00 onza y para el pan de manteca de tipo tostado es de 0.75 onzas por cada masa boleada.

Al respecto del peso de cada una de las masas boleadas, es importante mencionar que si la calidad de la masa que se utiliza no es la misma todo el tiempo, deberá añadirse más cantidad de ésta (puede añadirse 3 libras más de harina al proceso por cada quintal trabajado), lo cual requiere que se disminuya la cantidad de manteca utilizada y modificar las cantidades utilizadas de algunos otros ingredientes perjudicando la calidad del pan obtenido.

Con un quintal de harina puede obtenerse, aproximadamente, 2,700 panes de francés, si el total de la harina se ocupa para producir pan francés. Si se ocupa el quintal únicamente para pan de manteca se obtienen 3,800 panes y, si se ocupa el quintal de harina únicamente para producir pan de manteca de tipo tostado pueden obtenerse 4,000 panes; con el peso mencionado para cada uno de los distintos panes. Esta cantidad no se obtiene directamente de dividir un quintal de harina dentro del peso de cada una de las masas boleadas por tipo de pan, debido a los efectos químicos que proporcionan mayor rendimiento al de un quintal de harina trabajado individualmente. Al respecto, se hace notar que la harina de tipo suave es utilizada para la producción de pan de manteca y pasteles, mientras que la dura se utiliza para la producción de pan francés.

Para una mejor comprensión de las actividades realizadas dentro del proceso de panificación observe la siguiente información al respecto, la cual es comúnmente realizada en las panaderías y para las cuales se hizo uso del método de toma de tiempos en forma continua con cronómetro.

El proceso de panificación se realiza de forma simultánea para los diferentes tipos de pan que se ofrecen al público debido a la experiencia y habilidad que han desarrollado los panaderos. En la mayoría de los casos son 2 panaderos los que trabajan la producción completa. Las actividades se realizan, en las panaderías tradicionales, empezando a entre las 04:00 y 05:30 horas y terminando entre las 12:00 y las 14:00 horas, diariamente.

El pan se encuentra disponible para su venta en panaderías desde las 05:30 de la mañana. Sin embargo, como puede observarse, el proceso de producción ocupa un tiempo prolongado, por lo cual su venta es posible gracias a la producción nocturna del mismo. Debido a las disposiciones y reglamentos que se observan dentro de las instalaciones de la universidad, tal como en nuestro caso, se hace imposible el uso de las instalaciones en horario nocturno.

Las actividades separadas de cada uno de los distintos tipos de pan fabricados se dividen de la siguiente forma.

**Tabla IV. Actividades y tiempos requeridos para la fabricación de pan francés**

ACTIVIDAD	TIEMPO (minutos)
Pesado y elaborado de la masa de pan francés	45
Fermentación de la masa de pan francés	145
Cilindrado, boleado y figurado de pan francés	110
Llevar pan francés hacia el horno	15
Horneado de pan francés	40
Retirado pan francés del horno y colocarlo sobre bandejas	15
TOTAL	370

Fuente: Tiempos cronometrados en diversas panaderías para cada actividad descrita

**Tabla V. Actividades y tiempos requeridos para la fabricación de pan de manteca**

ACTIVIDAD	TIEMPO (minutos)
Pesado y elaborado de la masa de pan de manteca	30
Boleado y figurado de pan de manteca	60
Fermentación de pan de manteca	125
Llevar pan de manteca al horno	10
Horneado de pan de manteca y cubilete	30
Retirado de pan de manteca del horno	10
TOTAL	265

Fuente: Tiempos cronometrados en diversas panaderías para cada actividad descrita

**Tabla VI. Actividades y tiempos requeridos para la fabricación de pan tostado**

ACTIVIDAD	TIEMPO (minutos)
Pesado y elaboración de la masa de pan tostado	15
Boleado y figurado de pan tostado	30
Llevar pan tostado al horno	10
Horneado de pan tostado	30
Retirado de pan tostado del horno	10
TOTAL	95

Fuente: Tiempos cronometrados en diversas panaderías para cada actividad descrita

**Tabla VII. Actividades y tiempos requeridos para la fabricación de pan desabrido**

ACTIVIDAD	TIEMPO (minutos)
Pesado y elaboración de la masa de pan desabrido	15
Boleado y figurado de pan desabrido	30
Llevar pan desabrido al horno	10
Horneado de pan desabrido	30
Retirado de pan desabrido del horno	10
TOTAL	95

Fuente: Tiempos cronometrados en diversas panaderías para cada actividad descrita

Los diagramas y los resúmenes para cada uno de los tipos de pan se presentan al final de este documento en el apéndice 1. Debido a que el diagrama de operaciones del proceso de panificación del pan tostado y el pan desabrido muestra las mismas actividades y tiempos, sus respectivos diagramas y resúmenes se presentan solo una vez en este mismo apéndice.

Cabe mencionar que según la costumbre de las panaderías en nuestro medio, el pan de manteca es el primero en ser producido, por lo tanto, se muestra en el diagrama de flujo del pan francés una espera mientras el pan de manteca sale del horno. Esta espera es necesaria debido a que el pan francés ya ha sido previamente fermentado y, como en la mayoría de panaderías se cuenta solamente con un horno, se introduce al horno solamente cuando el pan de manteca ha salido del horno.

El horno, por ser de leña en la mayor parte de las industrias panaderas, debe recalentarse debido a que han pasado, al momento de terminar de figurar y bolear el pan de manteca, ya varias horas desde que se calentó por primera vez y su temperatura ha descendido considerablemente por lo que el seguir horneando a la misma temperatura en este momento no es aconsejable.

Los datos anteriores de tiempo para cada una de las actividades del proceso de panificación son los que manejan los panaderos de oficio utilizando en su fábrica hornos de leña y para los cuales pueden variarse los tiempos dependiendo de las condiciones del local, de manejo de los ingredientes y de las necesidades propias de cada industria panificadora.

La mayor parte de industrias panaderas artesanales realizan el proceso de horneado con hornos caseros, es decir, los fabricados con ladrillo y cuyo calentamiento se logra gracias a la utilización de leña. Existe, en tal sentido, una serie de factores a tomar en cuenta por los cuales no se puede utilizar este tipo de hornos en la fábrica y son, entre otros, los siguientes: a) proliferación de mal uso de los recursos naturales, b) efectos nocivos al medio ambiente circundante del proyecto y c) tecnología inadecuada de producción. Por lo tanto, queda prohibido el uso de cualquier tipo de maquinarias y/o equipos destinados a la quema de leña.

Los tiempos que se manejen para el laboratorio serán diferentes debido a que se elaborarán únicamente 2.5 libras por cada una de las mesas de trabajo. Los tiempos también cambian debido a que se utilizará equipo moderno de panadería y, además, porque el mayor interés de la actividad de laboratorio es la didáctica del proceso de panificación a fin de obtener los resultados deseados para cada una de las prácticas realizadas. Los tiempos quedarán, entonces, de la siguiente manera.

**Tabla VIII. Actividades y tiempos requeridos para la fabricación de pan en la fábrica industrial propuesta**

ACTIVIDAD	TIEMPO (minutos)
Pesado de ingredientes	10
Amasado de ingredientes	15
Boleado y figurado de la masa de pan	20
Fermentación de la masa de pan	105
Horneado del pan	30
TOTAL	180

Fuente: Tiempos cronometrados en diversas panaderías para cada actividad descrita

Para la programación de tiempos del proceso de panificación de la fábrica industrial se comenzó por el pesado, amasado, boleado y figurado y horneado; actividades que presentan los tiempos más cortos. La fermentación requiere de mayor tiempo que las otras actividades (cerca de 120 minutos).

Como se verá más adelante, la duración de cada laboratorio será, inicialmente, de una hora. En tal caso, se recomienda que sea trasladado el tiempo faltante al siguiente laboratorio (turno de trabajo) transfiriéndoles la responsabilidad de terminar la producción ya iniciada y, así mismo, iniciar la nueva producción que podrá terminar el siguiente turno de trabajo y así sucesivamente.

### **3.2 Descripción y desarrollo del diagrama de flujo del proceso de panificación**

Un diagrama de flujo de un proceso es una representación gráfica de la secuencia de todas las operaciones, los traslados, las inspecciones, las esperas y los almacenamientos que ocurren durante un proceso. Incluye, además, la información que se considera deseable para el análisis, por ejemplo el tiempo necesario y la distancia recorrida. Sirve para las secuencias de un producto, un operario, una pieza, etcétera.

Se utiliza este diagrama cuando se necesita mostrar o estudiar con más detalle y precisión un proceso conformado por una serie de actividades interrelacionadas, siendo sus objetivos principales los siguientes: proporcionar una imagen clara de toda la secuencia de acontecimientos del proceso, mejorar la distribución de los locales y el manejo de los materiales, disminuir las esperas, estudiar las operaciones y otras actividades en su relación recíproca, compara métodos, eliminar el tiempo improductivo y escoger operaciones para su estudio detallado.

En la sección anterior, aunque se enunciaron todas las actividades que conforman el proceso de panificación se tomaron en cuenta únicamente aquellas necesarias para la elaboración de los diagramas de operaciones del proceso de panificación. Es necesario, para la elaboración de los diagramas de flujo del proceso de panificación, en esta sección, tomar en cuenta todas y cada una de las actividades que conforman el proceso de panificación para detectar las demoras y traslados durante el proceso. De esta manera queda claro que los diagramas del proceso, en conjunto, se utilizan para hacer énfasis en la reducción del tiempo de producción de manufactura, o tiempo del ciclo, es decir, el tiempo total para la fabricación de los pedidos y la distribución de un producto desde el principio hasta el final.

Para la elaboración de los diagramas de flujo del proceso de panificación debe tomarse, necesariamente, en cuenta que los traslados y sus tiempos son las únicas actividades que no pueden mencionarse con precisión en cantidades debido a que cada panadería se encuentra distribuida de diferente manera, en cuanto a equipo, maquinaria y local se refieren. Por ello, los diagramas de flujo del proceso de panificación de cada una de las variedades de pan en estudio y sus cuadros de resumen se elaboraron con base en la descripción y tiempos de cada una de las actividades que se mencionan en la sección anterior, previamente a presentar los diagramas de proceso. Para presentar esta información en forma organizada, los diagramas de flujo del proceso de panificación, en panaderías y en el laboratorio, se presentan en el apéndice 1, al final de este documento.

En muchas panaderías artesanales se acostumbra tener listo todo un lote de producción para llevarlo por completo al área de producto terminado, por lo que en el apéndice 1 encontrará largas esperas luego del horneado del producto. Estas esperas se eliminan cuando el pan es trasladado inmediatamente pero se presentan aquí con el propósito de mostrar lo que comúnmente sucede en una panadería.

Los diagramas de flujo y los cuadros resumen para el pan tostado y pan desabrido son idénticos, por lo cual solamente se presentan una vez.

Luego de analizar el diagrama de flujo de la fábrica industrial se llega a la siguiente conclusión: el total de tiempo ocupado para el proceso de panificación ocupa 180 minutos. El tiempo concedido a la fermentación puede variar y el que se menciona aquí es el máximo permitido pero puede disminuirse dependiendo del ritmo de trabajo de los estudiantes principalmente.

La actividad de fermentación necesita un tiempo de 105 minutos debido a que se concede el mayor tiempo posible a las demás actividades. Ello se debe a que el alumno puede no dominarlas con exactitud, no poseer la habilidad necesaria para terminarlas en el tiempo mínimo o, debido a la variedad de pan fabricada, requerir de una cantidad mayor de tiempo en todas o algunas de ellas. En la fabricación de pan tostado puede eliminarse el paso de fermentación, mientras que el pan francés lo requiere imprescindiblemente y el de manteca puede requerir de un tiempo menor de fermentación que el de francés.

Para el pan tostado y desabrido se indica, en el diagrama de flujo, una espera de 255 minutos existente debido a que se traslada el pan al área de producto terminado en conjunto, es decir, cuando los diferentes tipos de pan han sido elaborados por completo. Sin embargo, si el pan fuera trasladado inmediatamente después de ser terminado no habría tiempo de espera.

El pan de manteca debe esperar, después de ser horneado, mientras es trasladado al área de producto terminado. Como se muestra en su diagrama de flujo, el tiempo necesario para esta espera es de 65 minutos, un tiempo menor que la espera que necesita el pan tostado y el desabrido.

El orden de fabricación en la mayoría de industrias panaderas es: primero terminar el pan tostado y desabrido y luego el pan de manteca. Al momento de iniciar el horneado del pan de manteca, la temperatura del horno de leña ha descendido por lo que se requiere su recalentamiento durante 125 minutos. Finalmente, se procede al horneado del pan francés mismo que se encuentra listo para ser horneado justo 100 minutos antes que el pan de manteca salga del horno, por lo que necesita ese tiempo de espera.

### **3.3 Decisión sobre la capacidad de producción de la fábrica industrial**

Se entiende por capacidad la tasa máxima de producción de una operación o del conjunto de operaciones necesarias para llevar a cabo la materialización de un producto o servicio. Tiende a confundirse el volumen de producción con la capacidad de producción. El volumen de producción es la tasa real de producción durante una unidad de tiempo. La capacidad como se mencionó antes, es la tasa máxima de producción.

El término capacidad puede distinguirse por la capacidad pico que es aquella en la que se incluyen horas extras, mano de obra extra o cualquier otra condición no imperante en el proceso normal de producción de las operaciones y capacidad sostenida que, como lo indica su nombre, es la que se mantiene para largos períodos de producción.

Debe hacerse una distinción entre la capacidad requerida y la capacidad disponible en el futuro. La capacidad requerida es la que se necesita para producir el total de unidades previstas hasta el momento y es diferente de la requerida para el futuro la cual podría ser menor, igual o mayor a la capacidad actual requerida. Debe hacerse notar que para la presentación del proyecto se habla en todo momento de la capacidad requerida.

Se sugiere que, inicialmente, en la fábrica se cuente con 4 turnos de producción, 5 grupos en cada turno, cada grupo conformado por 5 alumnos. Además, se sugiere que se contrate panaderos los cuales, inicialmente, ayudarán solamente a mostrar la secuencia, tiempo y control de cada una de las operaciones y al horneado de las masas realizadas por los estudiantes. A largo plazo, los panaderos podrán trabajar masas de pan independientemente de la producción llevada a cabo por los alumnos asistentes al laboratorio.

Existe, además, otras estaciones de trabajo para algunas de las cuales se requiere únicamente de un operario que trabaja por periodos de tiempo cortos, no mayores de 45 minutos. Estas estaciones son las de amasado, refinado (con cilindro refinador) y mezclado (con batidora industrial). Por otra parte, se cuenta con otras estaciones automáticas para las actividades de fermentado y refrigerado las cuales no requieren la asistencia permanente de operarios para llevarse a cabo.

La máxima producción alcanzada por la fábrica será de cinco libras de harina por cada grupo y se permitirán, como máximo, 10 grupos de cinco personas, cada uno, en cada turno de trabajo.

Cada grupo de laboratorio trabajará 2.5 libras de harina en su mesa de trabajo cada vez que realicen una práctica de laboratorio. Con una cantidad de 2.5 libras de harina se podrá producir 67.5 panes de francés, o bien 95 panes de manteca o 100 panes de manteca tostados. Por lo tanto, la capacidad máxima de producción será de 100 panes por grupo y la mínima será de 67.5 panes por grupo.

Se cuenta con cinco grupos en cada uno de los cuatro turnos de trabajo, por lo cual diariamente se podrá producir como máximo 2,000 panes de manteca del tipo tostado, 1,900 panes de manteca, o bien, 1,350 panes de francés.

Siguiendo las reglas de la estadística, si contamos con cuatro turnos de laboratorio y cada uno puede trabajar la misma o diferente receta en el mismo día de trabajo, cada uno de los turnos tiene tres posibilidades de producir pan (francés, de manteca y tostado). Existen, entonces,  $3^4 = (3 \times 3 \times 3 \times 3) = 81$  formas diferentes de combinar la producción de pan para un día de trabajo.

A continuación se muestra las diversas posibilidades sobre la capacidad de la planta en las cuales la opción 1 corresponde a la sugerida inicialmente (cuatro turnos de cinco grupos en cada turno; cada grupo de cinco alumnos) y luego se va incrementando ya sea la cantidad asignada de harina trabajada por grupo y/o bien la cantidad de grupos atendidos por turno de trabajo. La opción cuatro corresponde a la máxima producción que puede alcanzarse en el futuro.

**Tabla IX. Producción obtenida en cada una de las opciones incrementales**

Opciones incrementales	Turnos por día	Grupos atendidos por turno	Alumnos por grupo	Libras por turno	Producción mínima diaria [unidades]	Producción máxima diaria [unidades]
Opción 1	4	5	5	125	1,350	2,000
Opción 2	4	5	5	25	2,700	4,000
Opción 3	4	10	5	25	2,700	4,000
Opción 4	4	10	5	50	5,400	8,000

Fuente: Número de unidades producidas por turno de trabajo en 4 turnos diarios laborados.

Existen diversas posibilidades en cuanto a la jornada semanal de trabajo dentro de la fábrica industrial. En la siguiente tabla se muestra esta información. Inicialmente, se sugiere trabajar tres días por semana pudiendo incrementarse, como máximo, hasta 6 días por semana. La producción obtenida variando la duración de la jornada de trabajo semanal se muestra en la siguiente tabla.

**Tabla X. Unidades producidas variando la jornada semanal de trabajo**

Opciones incrementales	Opción 1	Opción 2	Opción 3	Opción 4
Semana laboral Lu – Mi – Vi				
Producción mínima	4,050	8,100	8,100	16,200
Producción máxima	6,000	12,000	12,000	24,000
Semana laboral de lunes a viernes				
Producción mínima	6,750	13,500	13,500	27,000
Producción máxima	10,000	20,000	20,000	40,000
Semana laboral de lunes a sábado				
Producción mínima	8,100	16,200	16,200	32,400
Producción máxima	12,000	24,000	24,000	48,000

Fuente: Variación en la duración de la semana, tomando en cuenta la producción obtenida según opción incremental presentada en la tabla IV.

### **3.3.1 Capacidad de atención estudiantil dentro de la fábrica industrial propuesta**

La planta de producción de pan debe tener el tamaño necesario no solamente para producir el producto final sino también para poder atender a los alumnos que asistan a realizar sus prácticas de laboratorio. Esto último condiciona en gran manera la cantidad de espacio físico y de equipo con el que deba contarse al momento de materializarse dicha planta.

Es importante mencionar que, según el dato más reciente que reporta la unidad de Control Académico, para el primer semestre del 2002, se han asignado un total de 3,315 alumnos en la Facultad de Ingeniería. Los cursos dentro de los cuales la Escuela de Mecánica Industrial debe implementar las prácticas de laboratorio son los de las áreas de producción, métodos cuantitativos, planeación de proyectos, administración y microeconomía, entre los más importantes.

Un total de 895 alumnos, en promedio, fueron asignados a los cursos que comprende el área profesional de las carreras de Ingeniería Industrial y Mecánica Industrial. Los cursos que integran al área profesional de éstas carreras quedaron con las asignaciones siguientes: 419 en los cursos de Investigación de Operaciones 1 y 2 del área de métodos cuantitativos, 1,103 en los cursos del área administrativa, 784 en los cursos de microeconomía, ingeniería económica 1 y 2 y 114 en los cursos de Proyectos 1 y 2. Los estudiantes asignados a estos cursos pueden realizar prácticas de laboratorio en la planta de producción.

A pesar de que pueda contarse con una instalación industrial grande pueden presentarse problemas de manejo de personal, de traslape de laboratorios y desorganización debido a una programación demasiado ajustada para atender a una alta demanda. Por ello, es necesario atender con prioridad a los alumnos que cursan el área de producción de la carrera de ingeniería mecánica industrial, específicamente en los cursos de Ingeniería de Plantas, Ingeniería de Métodos, Diseño de la Producción, Controles Industriales y Control de la Producción. Según datos proporcionados por Control Académico, un total de 895 personas se encontraban asignadas en estos cursos, como ya se ha mencionado.

Sin embargo, puede planificarse, cuidadosamente, que los estudiantes de los cursos ajenos al área de producción puedan asistir eventualmente a realizar sus prácticas de laboratorio, programándolas de manera que no interrumpan el normal funcionamiento del desarrollo productivo de la planta y de las actividades que los estudiantes del área de producción deban realizar.

Se sugiere iniciar las actividades de la planta durante el período de la tarde mismo que comienza a 13:00 horas y termina a las 20:40 horas, debido a que los cursos profesionales se imparten en horario de cuatro treinta de la tarde en adelante.

Las razones anteriores, además de la gran demanda de estudiantes en los cursos profesionales de las carreras de ingeniería industrial y mecánica industrial, indican que la capacidad factible para nuestra planta panificadora estará condicionada a la atención de 50 personas, como máximo, por laboratorio impartido, teniendo en cuenta que cada laboratorio tendrá una duración inicial de una hora y que podrá aumentarse como máximo a dos horas en el futuro.

Con base en el número de personas asignadas en el área de producción deberá preverse que la planta tenga capacidad para atender alrededor de 1,000 personas.

**Tabla XI. Programación de asistencia de estudiantes a la fábrica industrial**

Programación sugerida para el uso de la fábrica industrial				
Horario	Actividad	Asistencia semana Lu – Mi – Vi	Asistencia semana lunes a viernes	Asistencia semana lunes a sábado
14:00 a 15:00 hrs.	1er. turno	25 pers./día	25 pers./día	25 pers./día
15:00 a 16:00 hrs.	2do. turno	25 pers./día	25 pers./día	25 pers./día
16:00 a 17:00 hrs.	3er. turno	25 pers./día	25 pers./día	25 pers./día
17:00 a 18:00 hrs.	4to. turno	25 pers./día	25 pers./día	25 pers./día
Total asistencia semanal		300 alumnos	500 alumnos	600 alumnos

Fuente: Programación basada en la demanda de atención estudiantil

Con base en los datos mostrados en la tabla anterior se tomará la alternativa de trabajar los días lunes, miércoles y viernes, inicialmente; cada laboratorio tendrá una duración de una hora, comenzando a las 14:00 horas y terminando a las 18:00 horas. La asistencia de lunes a viernes y de lunes a sábado puede plantearse para el futuro. En caso de realizar prácticas los días sábado, deberán realizarse iniciando en la mañana.

En adelante la opción 1 representará turnos de trabajo conformados por 5 grupos de 5 personas cada grupo trabajando 12.5 libras por turno.

No obstante, se hará necesario realizar una estricta programación de las actividades académicas, en cuanto respecta al desarrollo de los otros cursos, a fin de evitar traslapes y de poder coordinar los horarios en que se impartirán las prácticas de laboratorio con el horario disponible de los estudiantes que laboran o que tienen algún otro inconveniente. Alternativamente, debe considerarse la ventaja de que, con este horario, los estudiantes del área de producción pueden realizar su práctica de laboratorio semanalmente, esto es, si desean realizar una práctica diferente cada vez que asistan a la planta industrial.

Incrementando el número de personas por grupo de trabajo en cada turno puede, en el futuro, atenderse a más personas por día. Los resultados del incremento del tamaño de cada grupo se muestran a continuación, en donde la opción cuatro representará turnos de dos horas diarias de duración.

**Tabla XII. Cantidad de personas atendidas por turno de trabajo incrementando el número de grupos y el tamaño de cada grupo por turno**

Turno	Opción 1	Opción 2	Opción 3	Opción 4
Turno 1	25	25	50	50
Turno 2	25	25	50	50
Turno 3	25	25	50	50
Turno 4	25	25	50	50
Total personas atendidas / día	100	100	200	200

Fuente: Número de personas atendidas por práctica realizada según la demanda estudiantil.

Los semestres cuando se imparten las clases magistrales se ven interrumpidos debido a los asuetos de Semana Santa, semana deportiva, cursos de vacaciones y a que se pierde un mes aproximadamente cada vez que se inicia un semestre. El primer semestre empieza, generalmente, la última semana de enero y finaliza, a menudo, en la segunda quincena de mayo; mientras que el segundo semestre inicia, generalmente, la segunda quincena de julio y finaliza, a menudo, en la primera semana de noviembre. Esto indica que los meses cuando se podrá trabajar a ritmo constante serán febrero, marzo, agosto y octubre. Sin embargo, se considera que podrá trabajarse dos semanas en abril, una semana en mayo, una semana en julio y dos semanas en septiembre. Esta condición permitirá cumplir 11 prácticas distintas durante cada semestre, y esto correspondería a once recetas diferentes que los estudiantes asistentes a los laboratorios podrían realizar en caso de asistir cada semana a la planta.

Puede calcularse el número de asistencias al laboratorio como función de la duración de la semana en cada una de las opciones según el número de alumnos asistentes por día. Para realizar este cálculo basta con asignar a una variable  $X$  el resultado de la siguiente operación.

Primero, debe multiplicarse el número de grupos atendidos en cada turno por la cantidad de personas asistentes por grupo. Luego, se multiplica por 4 turnos durante el día y luego por el número de asistencias a la semana. Tomando en cuenta que debe atenderse alrededor de 1,000 personas demandantes, se divide el resultado obtenido anteriormente entre 1,000: si  $X \geq 1$ , entonces cada persona podrá asistir 11 veces a la planta; si  $0.5 \leq X < 1$ , entonces cada persona podrá asistir 5 veces a la planta; si  $0 < X < 0.5$ , cada persona podrá asistir 3 veces a la planta durante el semestre.

Sin embargo, es importante resaltar que la planta permanecerá abierta durante 11 semanas por semestre. Los resultados enunciados anteriormente se muestran en la siguiente tabla.

**Tabla XIII. Asistencia estudiantil por semestre a la fábrica industrial según duración de la jornada semanal de trabajo**

Opciones incrementales	Semana laboral Lu – Mi – Vi	Semana laboral lunes a viernes	Semana laboral lunes a sábado
Opción 1	3	5	5
Opción 2	3	5	5
Opción 3	5	11	11
Opción 4	5	11	11

Fuente: Duración de la semana laboral en relación con la demanda de atención estudiantil.

### **3.4 Análisis de los aspectos técnicos del proyecto**

El análisis del proceso productivo se hace reduciendo el desperdicio. Este se define como cualquier actividad que no añade valor durante el proceso de producción, incluyendo el tiempo en que el producto se mantiene en almacenamiento, el tiempo en que el producto se mueve de una ubicación a otra, el tiempo para inspecciones, etc. Solamente la actividad de operaciones añade valor al producto. Las demás actividades (transporte, inspecciones, retrasos y almacenamientos) se consideran desperdicios o actividades que no añaden valor y deben reducirse o eliminarse.

La gráfica de flujo de los procesos es una herramienta clave para mejorar el flujo de materiales. Después de examinarla, la administración podrá combinar algunas operaciones, eliminar otras o simplificarlas para mejorar la eficiencia general. Esto puede, a su vez, exigir cambios en la distribución, el equipo y los métodos de trabajo y quizás incluso cambios en el diseño del producto.

El análisis de flujo afecta no solamente la tecnología del producto sino también el diseño de puestos y los aspectos del ambiente de trabajo.

En los diagramas de flujo presentados en la sección 3.2, se muestran algunas demoras debido a que el horno se encuentra ocupado o que se debe esperar tiempo para que la masa fermente. Debe estudiarse durante el funcionamiento de la planta de producción si existe alguna condición que pueda variarse en beneficio de la reducción del tiempo del ciclo del proceso, lo que se hará muy difícil debido a que algunos tiempos, como el de fermentación, son necesarios en la mayoría de los casos y otros, sencillamente, no pueden disminuirse debido a que la producción se realiza por medio de métodos heurísticos y rudimentarios, por tratarse la panadería de un oficio artesanal.

Es necesario mencionar el cuidado y manejo de los equipos dentro de la planta de producción. Como por ejemplo los que se mencionan a continuación.

Antes de comenzar el trabajo se deben limpiar latas y moldes puesto que siempre se posa sobre ellos polvo entre cada jornada. Además, frecuentemente quedan restos de pan adheridos a las latas y esto es perjudicial si se incorpora una masa nueva. Dado el uso de los utensilios es conveniente lavarlos con regularidad y usar detergente adecuado y antiséptico para eliminar la grasa y destruir las esporas de hongos y cualquier germen patógeno que pudiera quedar adherido.

Todas las grasas o mantecas comestibles se deterioran con el tiempo. Hay que asegurarse de emplear primero las más antiguas, evitando que una grasa quede más tiempo del necesario en bodega. A este respecto es necesario que los alumnos asistentes a la planta de producción controlen las condiciones de la materia prima constantemente, evaluando y sugiriendo metodologías adecuadas para el control del uso en las mismas.

Dentro del equipo de trabajo la mesa debe conservarse siempre en buenas condiciones de limpieza y de estado físico. El tablero, por ser el lugar donde se manipula la masa, debe mantenerse siempre en buen estado de conservación. Cuando se limpia un tablero debe hacerse con el raspador que es el utensilio adecuado.

Los moldes o latas nuevas deben sufrir antes un tratamiento para ser utilizados en la cocción. Este tratamiento es comúnmente denominado quemado aunque este término no es muy adecuado, ya que implica quemar los moldes y hay que valerse de un horno muy caliente.

Los puntos de fusión para el acero, el aluminio y el estaño son: 1371°C para el acero, 658°C para el aluminio y 231°C para el estaño, por lo cual se comprende que si se meten los moldes vacíos en un horno a más de 230°C, se funde el estaño que cubre la chapa de acero y se estropea la superficie.

Ninguna de las máquinas requiere de anclajes o cimentaciones.

Al trabajar con los cilindros refinadores no hay que distraerse pues un accidente muy grave podría ocurrir si los rodillos le prensan al operario un dedo o la mano. Los operarios deben estar entrenados para darse cuenta al oído de cuando la máquina funciona correctamente, y así, si hay algún fallo leve, puede corregirse antes de que ocurra una avería mayor.

Las características técnicas de los equipos y maquinarias utilizados para llevar a cabo el proceso de panificación se mencionan enseguida.

Las amasadoras trabajan con una potencia de 2 HP y 220 voltios en sistema monofásico, siendo sus dimensiones las siguientes: 0.64 metros de longitud, 0.38 metros de anchura y 0.70 metros de altura.

Las mesas de trabajo tienen las siguientes dimensiones: 0.76 metros de ancho 1.23 metros de longitud y 0.89 metros de altura. Las bandejas tienen dimensiones de 0.46 por 0.66 metros.

Los clavijeros miden 0.53 metros de longitud, 0.66 metros de profundidad y 1.75 metros de altura.

Las batidoras industriales y los hornos trabajan, ambos, con una potencia de 2 HP. Sin embargo las primeras son monofásicas y trabaja con 220 voltios, mientras que los segundos trabajan con 220 voltios y en trifásico. Las dimensiones de las batidoras industriales son 1.41 metros de altura, ancho de 0.70 metros y longitud de 1.00 metros. Los hornos cuentan con dimensiones de 1.08 metros de largo, profundidad de 1.54 metros y altura de 2.48 metros.

Los cilindros refinadores trabajan con 3 HP, 220 voltios y en monofásico, con dimensiones de 0.94 metros de largo, 1.57 metros de profundidad y 1.27 metros de altura. Las cámaras de refrigeración trabajan con  $\frac{1}{2}$  HP y 110 voltios con dimensiones de 1.01 metros de largo, 0.75 metros de profundidad y 1.19 metros de alto; mientras que las cámaras fermentadoras trabajan con 120 voltios, 1 HP en monofásico cuyas dimensiones son: 0.53 metros de ancho, 0.70 metros de profundidad y 1.80 metros de alto.

Las anteriores son los principales datos técnicos de los equipos de trabajo más importantes que se utilizarán dentro de la fábrica industrial.

Es necesario, también, cubrir los aspectos contables dentro de los cuales se encuentran los relativos a sueldos, prestaciones, restricciones e impuestos entre otros que se mencionan a continuación.

Primero se mencionan los aspectos internos referentes al manejo y control dentro de la universidad, dentro de los cuales cabe mencionar que no es posible utilizar leña para la cocción de los alimentos, tal como lo menciona el Reglamento Interno para la actividad comercial dentro de las instalaciones de la Universidad de San Carlos en el Artículo 10 que habla acerca de prohibiciones. Por tal motivo, es imposible pretender la utilización de un horno que trabaje con leña.

Tampoco, según el reglamento en cuestión, será posible producir pan para venta en las primeras horas de la mañana debido a que no es posible pernoctar dentro del local, caseta o lugar de venta.

Según el Acuerdo Gubernativo No. 494-2001 del 18/12/2001 para el panificador se establece un salario mínimo de Q.39.30 por quintal de harina elaborado según Acuerdo Gubernativo No. 23-99 más el 8%. Además de esto, a los salarios mínimos fijados debe sumarse la bonificación incentivo de Q.250.00 mensuales de conformidad con el Decreto 37-2001 del Congreso de la República, cualquiera que sea la actividad que se desempeñe.

En la Constitución Política de la República de Guatemala se menciona en el Artículo 82 lo siguiente: “La Universidad de San Carlos de Guatemala, es una institución autónoma con personalidad jurídica...”. Mientras tanto, el Código de comercio hace énfasis en el artículo 13 sobre las instituciones y entidades públicas haciendo ver al respecto que “El Estado, sus entidades descentralizadas, autónomas o semiautónomas, las municipalidades y en general, cualesquiera instituciones o entidades públicas, no son comerciantes, pero pueden ejercer actividades comerciales, sujetándose a las disposiciones de éste código, salvo lo ordenado en leyes especiales.”. Refiere, además, el artículo 82 de la Constitución Política de la República de Guatemala que: “La Universidad de San Carlos se rige por su Ley orgánica y por los estatutos y reglamentos que ella emita...” por lo cual se considera en primera instancia, para el desarrollo de la actividad comercial de la fabrica industrial, el Reglamento Interno para la actividad comercial dentro de las instalaciones de la Universidad de San Carlos, además de la observancia del Código de comercio.

Deberá también velarse por la importancia que pueda tener la aplicación del Reglamento de asistencia médica publicado según Acuerdo No. 466 de Junta Directiva del IGSS.

Existe otro conjunto de normas que la planta de producción deberá cumplir si desea estar a la vanguardia en sus procesos y contar con las certificaciones que la acrediten como elaboradora de un producto de calidad. Entre estas normas se encuentran las que publica COGUANOR y que tienen categoría de norma guatemalteca obligatoria, y son, a saber, las siguientes:

- NGO 34 169 h1  
Determinación de frescura y del grado de imbibición (Absorber un cuerpo sólido otro en estado líquido) del pan
  
- NGO 34 169 h2  
Determinación del volumen específico y contenido de sólidos totales
  
- NGO 34 169 h3  
Determinación de cloruro de sodio
  
- NGO 34 169 h4  
Determinación de potencial de hidrógeno (pH), del extracto acuoso
  
- NGO 34 169 h5  
Determinación del contenido de grasa

### **3.5 Factibilidad del proyecto**

La etapa de preinversión de proyectos incluye cuatro estudios, estos son los siguientes a) idea, b) perfil, c) prefactibilidad y d) factibilidad. Estos estudios se justifican por las siguientes razones: para analizar la viabilidad y la bondad del proyecto en sí mismo, para realizar comparaciones entre proyectos y para obtener el financiamiento deseado.

Sin embargo, en esta sección debe tratarse lo referente a la factibilidad misma del proyecto con el propósito de contar con mayor certidumbre en la toma de decisiones sobre la ejecución del proyecto. Como norma, el estudio de factibilidad lleva a la aprobación final del proyecto o, a lo sumo, lleva a su postergación o modificaciones menores en su formulación.

Se presentarán en esta sección los datos más relevantes que conciernen a la factibilidad del proyecto, empezando por los de mercado y pasando luego a los técnicos que son los esenciales en el tema de este trabajo.

Existe en la actualidad, en el mercado laboral, un descontento generalizado entre la población recién egresada de la universidad de la carrera de Ingeniería Industrial al no poder contar con conocimientos modernos de fácil y comprobada aplicación en arte u oficio aprendido dentro del desarrollo de la carrera. Esta condición no permite ofrecer servicios especializados en un área determinada cuando no se ha contado con experiencia previa en el campo de trabajo.

Con el desarrollo de este proyecto se ofrece a los estudiantes nuevas perspectivas y concepción del campo de trabajo y variedad de labores dentro de las cuales pueden desempeñarse una vez que han egresado de la universidad o mientras se encuentren realizando sus estudios dentro de la misma. Además, ofrece a los educadores oportunidades de aplicar sus conocimientos en un área de trabajo artesanal enriqueciendo la didáctica de los cursos que imparten.

Prevalece hasta el momento la falta de laboratorios prácticos en los cuales el alumno pueda apreciar el desarrollo real de una actividad industrial por lo cual los estudiantes no pueden aplicar sus conocimientos de los cursos de producción. Por esta razón, los estudiantes de las carreras de Ingeniería Industrial y Mecánica Industrial solicitan este servicio. Ellos establecen una demanda de entre 895 y 1,000 personas. Estos mismos son los beneficiarios directos del proyecto.

Con la finalidad de analizar la posibilidad de rendimiento monetario del proyecto es útil mencionar que existe dentro de la universidad una demanda potencial constituida por la totalidad de estudiantes inscritos en todas y cada una de las diferentes carreras y especialidades que ofrecen las diferentes facultades. Esta demanda puede cubrirse en un futuro con la expansión del proyecto a un tamaño macro industrial. A pesar de ello, debe atenderse prioritariamente a las 895 personas demandantes con miras a abarcar un pequeño porcentaje de la población universitaria total.

Puede lograrse cubrir un pequeño porcentaje de la población total a través de las diferentes cafeterías, negocios y casetas que operan dentro del recinto universitario y que representan en este momento la oferta externa. Estos negocios no ofrecen aún al público, pan popular, producto esencial de nuestro proyecto, sino más bien pan de tipo *hot dog*, pirujo y hamburgués dejando un mercado potencial insatisfecho el cual podremos atender.

El producto ofrecido consiste en pan de tipo francés, de manteca y tostado; conocido en nuestro medio como pan popular, se encuentra en toda panadería de vecindario. El producto deberá ser de similar presentación (tamaño, características organolépticas y características externas) al ofrecido por las panaderías, guardando al máximo las normas de higiene y salubridad desde su fabricación hasta su presentación final al consumidor.

Refiere el Instituto Nacional de Estadística que, según el boletín más reciente elaborado al respecto, el índice de precios al consumidor sufrió una variación mensual de 0.36 con respecto de los precios de la canasta básica alimenticia, misma que incluye, en el rubro de alimentos y bebidas no alcohólicas, al pan cuyo precio era de Q.3.07 por libra para el pan dulce (tostado y de manteca) y de Q.4.73 por libra, para el pan francés (incluye el desabrido). Si tomamos en cuenta que, como se mencionó en la sección 3.1, el peso de cada pan es de aproximadamente 1 onza, entonces, pueden obtenerse 16 panes por libra.

Un cálculo sencillo revela que el precio del pan estaría entre los precios de venta de Q.0.19 ( $Q.3.07 / \text{libra} \div 16 \text{ unidades} / \text{libra}$ ) y Q.0.28 por unidad ( $Q.4.73/\text{libra} \div 16 \text{ unidades} / \text{libra}$ ). Sin embargo, los precios actuales para el pan popular se encuentran entre los Q0.15 (tal es el caso del pan vendido en Pan Pavallier) y Q0.25 por unidad (en la mayoría de panaderías artesanales). Al momento, no existe una estadística registrada al respecto.

Se sugiere ofrecer el pan al consumidor final a un precio promedio, es decir que, como mínimo, podría cobrarse 20 centavos por unidad (precio anterior antes del alza en los productos derivados de la harina) pudiendo cobrar hasta un máximo de 25 centavos por unidad. Opcionalmente, puede venderse a un precio unitario menor toda vez que los beneficios sobrepasen los costos.

El producto será ofrecido, inicialmente, dentro de las instalaciones de la ciudad universitaria, específicamente en instalaciones contiguas a los edificios que ocupan la Facultad de Ingeniería, pero también podrá ser ofrecido a intermediarios, por ejemplo, cafeterías y casetas que quieran dedicarse a la reventa de este tipo de pan o que encuentren dificultades en su obtención o traslado de pan hacia la universidad.

El producto deberá ofrecerse en las diversas unidades académicas con que cuenta la universidad a través de autoridades reconocidas por los estudiantes así como también por medio de los propietarios de negocios de alimentos con ubicación asignada dentro de la universidad.

Para la facilidad en la distribución y manejo del producto terminado, se sugiere ofrecer al público bolsas plásticas conteniendo 20 unidades de pan (incluyendo en ellas franceses y panes dulces). El costo de la unidad será multiplicado por el número de unidades contenidas en la bolsa.

Puede lograrse la comercialización del producto a través de Radio Universidad, boletines reproducidos por las diferentes asociaciones de estudiantes, boletines en periódicos de circulación nacional, canales de televisión, degustaciones en eventos realizados por la universidad y en las facultades, Internet y por medio de publicaciones colocadas en lugares de propiedad universitaria, como por ejemplo: CALUSAC, el Paraninfo, el MUSAC, el Jardín Botánico, etcétera. Los costos asociados con estas actividades deberán ser aprobados por el titular de esta cartera dentro de la universidad.

El proceso por medio del cual se fabricará el producto será intermitente. Con tecnología de punta y de marcas reconocidas que cuentan con repuestos y garantía, el pan será elaborado, inicialmente, por los estudiantes de la Facultad de Ingeniería que asistan a la fábrica como parte del desarrollo de sus actividades de laboratorio y, en una segunda fase, por personal contratado para la comercialización del mismo. También podrá ser elaborado manualmente por los panaderos contratados para dicho efecto.

Existen otros costos asociados con la producción del pan como lo son el uso de agua y energía eléctrica, los cuales deberán ser cancelados mensualmente. De agua se utilizarán en total, aproximadamente, 150 litros diarios equivalentes a 900 litros semanales, 9,900 litros semestrales, o bien 19,800 litros anuales.

Mientras tanto, la compra de maquinarias y equipos, en valores actuales, corresponde a una inversión de Q.92,216.85. Según la ley del Impuesto sobre la Renta, artículo 19, se fija un porcentaje de 20 por ciento para su depreciación, por lo que pagará esta tarifa durante los primeros 5 años únicamente, con un impuesto de Q.18443.37 anuales.

Respecto de las depreciaciones, refiere el departamento de contabilidad de la universidad, ubicado en el edificio de rectoría de la misma, que el periodo para el registro adecuado del movimiento contable es del primero de enero al treinta y uno de diciembre de cada año. Expone también el departamento de contabilidad que, aunque la universidad se encuentra exenta de toda clase de impuestos, es necesario que cada facultad lleve registro contable de las depreciaciones que sufran sus activos fijos con el único propósito de tener un control interno pero no para declarar legalmente la tasa imponible para tal efecto.

La propuesta para la construcción de las instalaciones dentro de las cuales se desarrollará la actividad laboral corresponde al área de parqueo contigua al edificio T-1 ocupado actualmente por catedráticos y personal administrativo de la Facultad de Ingeniería. Deberán estar construidas en concreto reforzado con columnas de acero y se ubicarán sobre el parqueo mencionado en un edificio de dos niveles que no prescindirá del parqueo actual. Las dimensiones totales del edificio son de 15 por 40 metros ocupando un área total de 600 metros cuadrados por nivel. Cada piso de la fábrica industrial tendrá una altura de 4 metros.

Los materiales utilizados en el proceso de panificación deberán ser adquiridos bajo el régimen de compra que autorice la División de Servicios Generales de la universidad y serán adquiridos a los precios que rijan el mercado, o bien a los precios ofrecidos por acuerdos con las empresas que ofrecen este tipo de bienes. Las compras deberán ser semanales. Se prohibirá la aceptación de materias primas alteradas, usadas, con características esenciales diferentes a las deseadas, con peso inexacto, marca diferente o cualesquiera otras condiciones que alteren o perjudiquen la elaboración del pan. Asimismo deberá siempre, en lo posible, utilizarse la misma marca y tipo de materias primas dentro de la fábrica industrial.

Las maquinarias y equipos utilizados deberán ser adquiridos a través de empresas de reconocido prestigio a los precios que el cambio del dólar ofrezca en el momento de realizar la compra y, al menos, con un mes de anticipación a la fecha de inicio de actividades de la fábrica. En ningún momento deberán adquirirse maquinarias o equipos de marcas no requeridas, reconstruidos o en mal estado o que presenten características (capacidades, funcionamiento eléctrico, mecánico, a gas, dimensiones, etcétera) diferentes a las solicitadas y que puedan alterar o perjudicar la elaboración de los diversos productos de panadería para los cuales fue concebida la fábrica industrial.

La vida útil de los equipos está estimada, para la mayoría, inclusive en 50 años. A pesar de ello, refieren los técnicos en reparación de equipos y maquinarias industriales para la industria alimenticia que, con frecuencia se encuentra que las maquinarias y los equipos de panadería no duran más de 20 años en buenas condiciones para su uso; esta característica se observa debido al descuido y falta de mantenimiento de los mismos. Por tanto, las condiciones de uso de las maquinarias y equipos adquiridos deberán ser evaluadas constantemente y supervisadas por el personal a cargo de la planta de producción.

La distribución de los departamentos está realizada con base en el proceso. La distribución de la maquinaria y equipo favorece las actividades y procedimientos requeridos para llevar a su materialización el producto final. Su distribución fue realizada con base en la metodología SLP (*Systematic Layout Planning*) y podrá verla en el apéndice 2 al final de este documento.

El cálculo de las áreas necesarias para el buen funcionamiento de la fábrica industrial se basó en los principios de distribución de maquinaria y equipo, tamaño de las maquinarias y los equipos utilizados, movimiento y circulación de materia prima y del elemento humano, cubicación del local, entre los principales. El área total la fábrica industrial será 377.554 metros cuadrados, distribuidos de la siguiente manera: 283.83 metros cuadrados en planta baja, la cual incluye bodega de materia prima, despacho del producto (bodega de producto terminado) y área de producción (amasado, fermentado y horneado) y 74.64 metros cuadrados para la planta alta en la cual se ubicarán las oficinas y los servicios sanitarios.

El terreno escogido para la construcción tiene dimensiones perimétricas de 15 por 40 metros, mientras que el perímetro requerido para la construcción de la fábrica industrial es de 12.44 por 24.35 metros, por lo cual no existe inconveniente alguno en su construcción dentro del terreno seleccionado. Además, permite la construcción de ampliaciones futuras de la fábrica al dejar disponible un área aproximada de 225 metros cuadrados (15 por 15 metros). Este terreno no representa costo alguno para el proyecto por ser parte de las instalaciones actuales de la Facultad de Ingeniería.

El edificio podrá ser construido en un marco de tiempo correspondiente a un año, como mínimo. El costo actual del levantamiento de la obra es, para las constructoras, de Q.2,000.00 por metro cuadrado construido, mismo que incluye salarios de obreros, maestros de obra, honorarios de ingenieros, materiales de construcción, colocación de pisos, tuberías para el transporte de agua y de energía eléctrica y todo lo concerniente a su construcción. No se incluyen en este costo, el pago de los planos realizados por el electricista, ni contadores y sus concernientes instalaciones. Por lo tanto, con base en las dimensiones requeridas para el levantamiento del edificio industrial, su construcción asciende a un costo de Q.756,000.00.

La ley del Impuesto sobre la Renta establece, en el Artículo 19, como porcentaje anual máximo de depreciación 5% para edificios, construcciones e instalaciones adheridas a los inmuebles y sus mejoras. La universidad queda exenta del pago de impuestos pero debe tomarse en cuenta el valor de la depreciación del edificio para contar con un registro contable interno, preciso y oportuno. En tal sentido, la depreciación anual sobre el valor inicial del edificio es de Q.37,800.00, por lo que su período de depreciación alcanzará los 20 años.

Con respecto a la construcción del edificio industrial, cabe mencionar que todo análisis de costos en la construcción tiene dos características:

- a) el análisis de costos no puede ser exacto, pues las condiciones de desarrollo de los procedimientos constructivos de una obra, no permiten establecer con certeza una relación acorde de los gastos de materiales, mano de obra y equipo, y
- b) el análisis de costos no puede ser estable, pues al tratarse de obras desarrolladas en el tiempo y en condiciones ambientales inestables, la evolución de los diferentes parámetros que inciden en los costos unitarios, las incorporaciones de nuevas tecnologías, etc., obligan a realizar ajustes permanentes de los mismos.

La toma de corriente eléctrica más cercana a la planta se encuentra cerca de la ubicación del terreno seleccionado a una distancia de 8.20 metros del mismo, distancia a la cual se encuentra localizado un transformador.

Por concepto de venta total diaria del pan fabricado en el laboratorio se podrán percibir, a un precio de 0.20 por unidad vendida: Q.1,080.00, como mínimo (fabricando 5,400 panes) o Q.1,600.00 (con la fabricación de 8,000 panes). Mientras que, si el precio de venta se establece en Q0.25 por unidad podrían obtenerse de la venta total: Q.1,350.00 o bien Q.2,000.00, con producción de 5,400 u 8,000 unidades, respectivamente. Esta cantidad representa los ingresos para el producto fabricado por los alumnos del laboratorio.

El producto elaborado por los panaderos contratados obtendrá con su venta un ingreso de Q.540.00 u Q.800.00 con la producción de 2,700 panes (mínima cantidad obtenida con un quintal de harina) ó 4,000 (máxima cantidad obtenida con un quintal de harina) panes producidos, respectivamente. Mientras que, sí se venden las unidades producidas a Q.0.25 cada una, obtendría un ingreso de entre Q.675.00 y Q.1,000.00 produciendo 2,700 ó 4,000 panes respectivamente.

Mientras tanto para la venta del pan elaborado por los alumnos asistentes a la planta obtendrán diferentes beneficios dependiendo de si el precio de venta se establece en Q.0.20 o Q0.25 por unidad.

Los datos relativos a los beneficios obtenidos por la venta diaria de la producción se observan en la siguiente tabla.

**Tabla XIV. Beneficios monetarios obtenidos por la venta del número de unidades producidas variando el precio de venta**

Descripción	Alternativa 1		Alternativa 2	
	Beneficios mínimos diarios	Beneficios máximos diarios	Beneficios mínimos diarios	Beneficios máximos diarios
Unidades / día	1,350	2,000	5,400	8,000
Q.0.10/unidad	Q.135.00	Q.200.00	Q.540.00	Q.800.00
Q.0.20/unidad	Q.270.00	Q.400.00	Q.1,080.00	Q.1,600.00
Q.0.25/unidad	Q.337.50	Q.500.00	Q.1,350.00	Q.2,000.00

Fuente: Variación en el precio del producto con relación a la producción obtenida.

En la tabla anterior se presentan los beneficios obtenidos independientemente por el laboratorio (a precios de Q.0.20 y Q.0.25 por unidad fabricada). Se ha mencionado ya que, la producción de los panaderos se postergará para el futuro. La opción 1 representa la producción realizada por turnos de 5 grupos cada uno, cada grupo conformado por 5 personas elaborando 12.5 libras en cada turno. La opción 2 representa la producción realizada por turnos de 10 grupos cada uno, cada grupo conformado por 5 personas elaborando 50 libras en cada turno.

Debe escogerse, inicialmente, la opción 1 en la cual solamente laboren los alumnos asistentes al laboratorio con lo cual los beneficios obtenidos diariamente por la venta del producto fabricado serán de entre Q.270.00 hasta un máximo de Q.500.00.

Es importante mencionar que los ingresos generados por la venta de los diversos productos de panadería deberán utilizarse en el mejoramiento de los programas didácticos de laboratorio y de las condiciones en que funciona la planta industrial. Se sugiere que los ingresos obtenidos se inviertan en actividades como investigación y desarrollo, logística y administración de recursos, entre otros. La decisión anterior se tomará con motivo de que el objetivo principal de la producción de la planta no es el lucro.

Se requerirán de Q.6,918.56 mensuales en lo que respecta a sueldos y salarios para que la fábrica industrial se mantenga en funcionamiento. Esta cantidad es equivalente a Q.19,026.04 semestrales, o bien a Q.38,052.08 anuales. Estas cantidades incluyen la bonificación incentivo establecida por el gobierno en Q.250.00; sin embargo, estos cálculos no incluyen vacaciones ni aguinaldo que deberán calcularse anualmente. El gasto anual de sueldos y salarios, incluyendo vacaciones y aguinaldos aumentaría a Q.51,889.20 anuales.

Deberá, también, tomarse en cuenta las normas y restricciones internas de la universidad que determinan en gran sentido el funcionamiento del proyecto y que no deben obviarse en ningún momento.

Una de estas normas es la que se refiere al alcance de la División de Servicios Generales de la universidad y que se encuentra integrada por los siguientes departamentos: Departamento de Diseño, Urbanización y Construcciones que es el encargado del desarrollo de proyectos arquitectónicos y de ingeniería; Departamento de Mantenimiento que es la unidad ejecutora, técnico administrativa y que desarrolla un conjunto de actividades con el fin de conservar las propiedades de la universidad (inmuebles, mobiliario, equipo, instalaciones, etc.); y el Departamento de Servicios que es una unidad ejecutora que conjuntamente con las otras dos unidades vela por la conservación y buen funcionamiento de los bienes de la universidad. A este último le corresponde desarrollar las actividades relacionadas con: transporte, mensajería, conserjería, limpieza y otros servicios de la universidad.

En el apéndice 1 podrá observar el apoyo técnico-científico que la División de Servicios Generales ofrece a la Facultad a través del Departamento de Diseño, Urbanización y Construcciones motivo por el cual se cita su alcance en las actividades realizadas dentro de la universidad siendo esta razón suficiente para garantizar el seguimiento debido por parte de las autoridades correspondientes.

Se mencionan con mayor detalle las funciones del departamento de diseño, urbanización y construcciones de la División de Servicios Generales en el documento titulado Alcance del Departamento de Servicios, elaborado por dicho departamento. Deberán consultarse con detenimiento una vez que empiece a gestionarse el proyecto por motivo de tener éste a su cargo, como puede apreciarse en el apéndice 1, lo relativo a aprobación y dictamen técnico que determine la factibilidad técnica del proyecto y por tener también bajo su dirección el control de las especificaciones técnicas y la supervisión de los avances en construcción. Por tanto, a este nivel deberá encomendarse esta tarea a este departamento específicamente a fin de someterlo a los criterios de análisis establecidos para dicho efecto.

## **4. DESARROLLO DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO**

Cada uno de los aspectos que el proyecto contempla tiene un tiempo de ejecución variable debido a los intereses y normas que la universidad de San Carlos pretende en su plan de trabajo actual, por lo que se recomienda llevar un seguimiento detallado de cada uno de los pasos implementados observando su consecución en el plazo previsto por las autoridades competentes y designadas para este efecto según las normas internas que la Universidad dictamine.

La implementación técnica del proyecto requiere de una diversidad de aspectos que van desde la localización de la planta de producción hasta el desarrollo de una organización que maneje el proyecto. Estos aspectos son presentados al lector con mayor detalle a continuación.

### **4.1 Localización de la planta de producción**

Dentro del recinto universitario se cuenta con disponibilidad de terrenos ya sea en una superficie nueva o bien agregada a una instalación existente. Sin embargo, es notoria la ventaja al utilizar una instalación no agregada a una ya existente debido a los inconvenientes que presentaría al momento de hacer la distribución ya que ésta última debe obedecer a los criterios de construcción en lo que respecta a instalaciones eléctricas, de agua y soporte de cargas, entre otros aspectos.

Debe preverse, además, que las instalaciones que correspondan a la fábrica industrial sean de fácil acceso a peatones y vehículos y que no obstruya otras actividades de circulación de instalaciones circundantes. También debe procurarse que se encuentre en un área cercana a las instalaciones actuales de la Facultad de Ingeniería para procurar que el traslado de estudiantes y catedráticos se realice en el menor tiempo posible.

Se ha identificado dentro del recinto universitario un área ideal para la construcción de la fábrica industrial, por cuanto se encuentra cerca de las instalaciones que corresponden a la ubicación de los edificios administrativos de la Facultad de Ingeniería correspondiente al parqueo del edificio T-1, donde actualmente se encuentra la Escuela de Mecánica Industrial. Este parqueo está destinado exclusivamente para el personal docente de la facultad y personal administrativo de la misma.

Este terreno tiene un área de  $600 \text{ m}^2$ , cuyas dimensiones son 15 por 40 metros. Cuenta además con dos postes de iluminación contiguos al edificio T-1 y su ubicación actual no dificulta la construcción que se pretende. En el lado opuesto del parqueo, existen también otros dos postes de iluminación, de los cuales, uno de ellos cuenta con un transformador que puede aprovecharse por encontrarse a una distancia de 8.20 metros de un vértice del terreno.

El área requerida por la planta de producción, a fin de satisfacer la demanda actual, será rectangular con dimensiones de 24.35 por 12.44 metros, medidas que no exceden las disponibles en el terreno en análisis.

El edificio industrial deberá construirse en planta alta, sobre el terreno ocupado por el parqueo, ofreciendo protección a los vehículos y permitiendo, al mismo tiempo, el ingreso de vehículos de los proveedores por una corta estadía. Esta consideración no restringe el que el edificio pueda o deba ser de uno o dos niveles, según las necesidades que se determinen.

En lo referente a construcción se debe tener cuidado en cumplir las normas necesarias para garantizar la legalidad al momento de realizar el montaje de la fábrica industrial.

## **4.2 Cotizaciones de materiales y equipos utilizados para el proceso de panificación**

Existe en nuestro país una amplia cantidad de empresas que se dedican a la venta de materiales para el proceso productivo de panadería y una cantidad considerablemente pequeña de empresas que se dedican a la venta de equipo y maquinaria para la producción panadera.

Se cotizó precios en la mayor cantidad de empresas existentes a fin de obtener la mejor ventaja en precio y financiamiento, siguiendo las recomendaciones de las industrias existentes con respecto a marcas, calidad, abastecimiento y prestigio que cada una de ellas ofrecen.

### **4.2.1 Materia prima**

Las empresas que se dedican a la venta de materias primas para el proceso de panificación que proporcionaron información se mencionan a continuación.

**TABLA XV. Empresas dedicadas a la venta de materias primas para la industria panificadora**

NOMBRE DE LA EMPRESA	DIRECCIÓN	TELÉFONOS
Distribuidora Doble S	13 avenida "A" 4 – 11 zona 2	254 – 2657
Distribuidora Latina	27 calle final 37 – 50 zona 5. CC. Joya No. 6	336 – 4366
INHSA	24 avenida 35 – 05 zona 12	476 – 0444 y 476 - 5417
Comercial Marantha	34 avenida "A" 7 – 94 zona 7 Col. Tikal 2	597 – 3826 y 597 - 3846
Molino Central de Guatemala	Calz. Ag. Bát. 20 – 02 zona 11	473 – 0028 y 473 – 0814

Fuente: Nombre de las empresas que brindaron cotizaciones de las materias primas requeridas para la fabricación de pan.

Entre las empresas que venden materias primas para el proceso de panificación algunas se dedican exclusivamente a la venta de harinas de diversos tipos mientras que otras venden harina, manteca, polvo de hornear, levadura, esencias y todo material relativo al proceso de panificación. Luego de haber cotizado en los dos tipos de empresas mencionadas anteriormente se observó que aquellas que se dedican exclusivamente a la venta de harinas atienden únicamente pedidos mayores de cinco quintales diarios, lo cual sobrepasaría nuestra producción diaria.

Por el contrario, las empresas que venden diversos productos para la industria panificadora atienden en algunos casos pedidos desde Q.500.00 semanales y otras atienden pedidos desde diez quintales de harina a la semana siendo ésta una condición suficiente para que se adquieran los materiales en las empresas que venden todo lo relativo al ramo de la panificación.

No obstante, es necesario mencionar los costos de los insumos básicos, que actualmente ofrece el mercado, y que nuestro proceso necesitará en forma periódica. Estos costos pueden observarse en la siguiente tabla.

**Tabla XVI. Precios de mercado ofrecidos por las empresas distribuidoras de las materias primas utilizadas en la producción de pan**

Descripción	Unidad de medida disponible en el mercado	Precio ofrecido antes de octubre 2002 [Q.]	Precio ofrecido después de octubre 2002 [Q.]
Harina dura	Quintal	135.00	145.00
Harina suave	Quintal	130.00	140.00
Levadura	Libra	4.00	4.50
Polvo de hornear	5 libras	22.50	21.72
Manteca	Caja de una libra	86.00	91.70
Azúcar	Quintal	170.00	171.50
Sal	Quintal	51.35	52.90
Esencia	Botella pequeña	18.95	19.50

Fuente: Cotizaciones obtenidas por diversos comercios dedicados a la venta de materias primas para empresas de producción alimentaria.

En octubre de 2002 se observó un aumento en el precio del pan popular debido al aumento de en el precio de la harina, materia prima esencial en la fabricación del mismo. Este aumento en el costo de la harina produjo un alza en el precio de las demás materias primas, en algunos depósitos y algunas distribuidoras del país, como se observa en la tabla anterior.

#### 4.2.2 Maquinaria y equipo

A continuación se mencionan las empresas que proporcionaron cotizaciones sobre equipo y maquinaria para el proceso de panificación.

**TABLA XVII. Empresas dedicadas a la venta de maquinarias y equipos para la industria panificadora**

NOMBRE DE LA EMPRESA	DIRECCIÓN	TELÉFONOS
Disegua / Safiano Guatemala	Boulevard Los Próceres 6 – 35 zona 10	366 – 9231 y 368 – 0748
Lee Equipment	14 calle 6 – 85 zona 9	331 – 0042 y 361 - 1873
Ricza, S.A.	11 avenida 15 – 25 zona 1	230 – 6132 y 230 – 0579
CODELSA	10ª. Avenida 16 – 35 zona 1	253 – 4289

Fuente: Nombre de las empresas que brindaron cotizaciones de las maquinarias y equipos requeridos para la producción de pan.

De las empresas anteriores DISEGUA y RICZA ofrecen la mayor ventaja en cuanto a precio, garantía y prestigio. En cuanto a la instalación y entrega todas las empresas ofrecen similares condiciones.

Según los datos proporcionados por las empresas mencionadas se obtuvo los precios promedio presentados en la siguiente tabla.

**Tabla XVIII. Precio de las principales maquinarias y equipos utilizados en la industria panificadora**

Descripción	Capacidad del equipo	Precio (US \$)
Horno	10 bandejas	10,000.00
Horno	18 bandejas	17,500.00
Cámara de Fermentación	33 libras	3,500.00
Amasadora	33 libras	1,853.00
Clavijero	20 bandejas	285.00
Bandeja de aluminio	Unidad	10.13
Cámara Fría	4 parrillas	427.40
Cámara Fría	8 parrillas	3,712.20
Mesa de trabajo	Unidad	278.00
Lavatrastos	Unidad	590.00
Balanza	8 libras (batería recargable)	377.00
Raspador	Unidad	3.22
Bolillo	Unidad	28.53
Cilindro Refinador	50 – 60 libras	2,470.00
Batidora Industrial	60 litros	12,396.00

Fuente: Precios promedio obtenidos de diversas cotizaciones de empresas dedicadas a la compraventa de equipo y maquinaria para la industria alimenticia.

Los precios presentados por las empresas dedicadas a la venta de equipo para panadería varían de acuerdo con las condiciones de los fabricantes, del mercado extranjero y nacional y según los cambios que presente la tasa de cambio del dólar; además, estos precios hacen referencia a una compra hecha al contado. Los precios son ofrecidos en dólares por todas las empresas consultadas y las condiciones de venta pueden variar dependiendo de las condiciones mencionadas anteriormente y de que la compra se realice al contado o al crédito.

Los equipos utilizados por los panaderos contratados y por los alumnos participantes de las prácticas de laboratorio se encontrarán albergados en el mismo edificio pero serán destinados desde el inicio de las operaciones para las actividades que a cada uno corresponda para evitar alteraciones tales como retrasos y averías al momento de llevar a cabo la producción.

#### **4.3 Decisiones sobre compra de materiales y equipos**

Después de haber realizado todos los estudios pertinentes, de los cuales éste es únicamente el correspondiente a la parte técnica, debe revisarse los precios de los equipos y de los materiales de panadería ofrecidos por los diversos productores para tomar una decisión más certera, ya que pueden negociarse de nuevo las condiciones de compra debido a los cambios de precios o de cualquier otra condición de tiempo, forma de pago, etcétera.

#### **4.3.1 Materia prima**

En lo que respecta a la compra de materiales para llevar a cabo el proceso de panificación debe mencionarse que se comprará en aquella o aquellas empresas que ofrezcan el mejor servicio, calidad y precio en el momento de cerrar el trato. Para ello, debe mencionarse necesariamente el precio proyectado del total de materiales requeridos por la planta panificadora.

Se calcula que los materiales utilizados diariamente por los panaderos y el total de alumnos atendidos diariamente serán los siguientes.

**Tabla XIX. Requerimientos y costos de materias primas para el proyecto  
por opción incremental**

Descripción	Opción 1	Opción 2	Opción 3	Opción 4
Harina	0.5 quintales	1 quintal	1 quintal	2 quintales
Manteca	0.25 cajas	0.5 cajas	0.5 cajas	1 caja
Azúcar	9.38 libras	18.75 libras	18.75 libras	37.5 libras
Levadura	0.75 libras	1.5 libras	1.5 libras	3 libras
Esencia	0.25 botellas	0.5 botellas	0.5 botellas	1 botella
Sal	0.3125 libras	0.625 libras	0.625 libras	1.25 libras
Polvo de hornear	0.75 libras	1.5 libras	1.5 libras	3 libras
Costo diario	Q.1,731.28	Q.3,462.55	Q.3,462.55	Q.6,925.10
Costo semanal Lu – Mi – Vi	Q.5,193.84	Q.10,387.65	Q.10,387.65	Q.20,775.30
Costo semanal Lu a Vi	Q.8,656.40	Q.17,312.75	Q.17,312.75	Q.34,625.50
Costo semanal Lu a Sa	Q.10,387.88	Q.20,775.30	Q.20,775.30	Q.41,550.60

Fuente: Cálculos obtenidos con base en los requerimientos de producción promedio para la fábrica industrial basados en cantidades generalmente aceptadas por las panaderías comerciales.

### **4.3.2 Maquinaria y equipo**

Cuando llega el momento de decidir sobre la compra de equipo y maquinaria, se deben tomar en cuenta una serie de factores que afectan directamente la elección. La mayoría de la información que es necesario recabar será útil para la comparación de varios equipos y también es la base para realizar una serie de cálculos y determinaciones posteriores. Entre esta información se encuentra la concerniente a proveedores, precio, dimensiones de los equipos, capacidad de los equipos, flexibilidad que ofrezcan los equipos, mano de obra necesaria, consumo de energía eléctrica, infraestructura necesaria, equipos auxiliares, costos de fletes y seguros, costos de instalación y puesta en marcha, entre otros.

La adquisición de algunos equipos no se hace efectiva al momento de realizar la compra debido a que algunos son importados y traídos al país solamente bajo pedido aprobado por las empresas oferentes. Se prefiere, en todo caso, los equipos con mayor capacidad. Por ejemplo, aún cuando la inversión sea más elevada al optar por la compra de un horno de 18 bandejas en lugar de uno de 10 bandejas la inversión será recuperable a mediano plazo. Al mismo tiempo, permitirá lograr una producción mayor sin reducción de calidad, evitando problemas referentes a programación de producción, aumento de costos por falta de disponibilidad del equipo y todos los demás problemas provenientes de una mala decisión de adquisición.

La decisión de adquirir el equipo de menor capacidad con base en la demanda que se pretenda atender dificultará la posibilidad de aumentar con facilidad la cantidad de producción requerida e impedirá la posibilidad de que exista actividad comercial fuera de las instalaciones universitarias.

En conjunto el equipo que deberá solicitarse, debido a las actividades realizadas por los panaderos contratados para elaborar pan exclusivamente para la venta y por los alumnos participantes en cada uno de los laboratorios, se enuncia en la tabla siguiente, juntamente con el valor de la inversión total que debe desembolsarse en su compra.

**Tabla XX. Costo de maquinaria y equipos utilizados en la fábrica industrial**

Descripción	Cantidad	Precio (US \$)
Mesa de trabajo	11	3,058.00
Bandeja	150	1,519.50
Clavijero	6	1,710.00
Cilindro refinador	2	4,940.00
Bolillo de madera	15	427.95
Balanza	7	2,639.00
Cámara fría	2	7,424.40
Cámara de fermentación	2	7,000.00
Amasadora	2	3,706.00
Horno	2	35,000.00
Batidora industrial	2	24,792.00
Inversión Total		92,216.85

Fuente: Cotizaciones obtenidas en diversos establecimientos dedicados a la compraventa de maquinaria y equipos para la industria alimentaria.

#### **4.4 Compra de materiales y equipos**

Deberán seguirse las normas que rigen dentro del recinto universitario en lo relativo a adquisiciones ya sean estas por compras o por inversiones fijas y que pueden ser adquiridas en el Departamento de Servicios, mismo que dará la asesoría y aprobación necesaria para todo procedimiento de compras.

La inversión en maquinaria para la producción del pan debe realizarse teniendo en cuenta que los costos pueden variar diariamente debido a los cambios en el precio del dólar y a los cambios en precios, sin previo aviso, por parte de las empresas que ofrecen los mismos. Los precios presentados obedecen a los requerimientos de maquinaria enunciados en la sección anterior. La cantidad de maquinaria y equipo a utilizar fue recomendada por Oscar Castro, jefe del taller de panadería de INTECAP.

Debido a que la mayoría de materias primas son perecederas, deberá, inicialmente, establecerse pedidos semanales de cada una de ellas. Los períodos de solicitud de materia prima podrán ampliarse o disminuirse según lo estudien y recomienden los alumnos de otros cursos, como por ejemplo el curso Investigación de Operaciones, entre otros, que asistan a la planta para realizar sus prácticas de laboratorio.

#### **4.5 Instalación y montaje de la fábrica industrial**

Debe considerarse la construcción de la nave industrial, es decir, la edificación que albergará tanto a la maquinaria y equipo y materias primas, como al personal que laborará en ella y al producto terminado. Para ello, se debe considerar la información más importante al respecto.

La actividad de panadería realiza un producto alimenticio de tipo perecedero, que es un bien de consumo habitual para todas las familias de nuestro país. Por ello, es importante ofrecer siempre un producto 100% sano e inocuo a los consumidores finales. Así, deberá contarse con instalaciones que permitan ofrecer las mejores condiciones estructurales y ambientales que garanticen una adecuada producción y que mantengan en todo momento higiene y bienestar, no solamente para las personas que laboren dentro de la planta de producción, sino también para el producto en almacenes y en proceso.

Se mencionan los detalles concernientes a las características de construcción de la fábrica industrial tales como piso, techo, muros, distribución e instalación de los mismos.

#### **4.5.1 Piso**

Las funciones de un piso a nivel del terreno, es decir, sobre el suelo, son transmitir las cargas hacia el suelo y proporcionar una superficie de uso, lisa, fácil de limpiar y mantener. Ya que nuestra planta de producción contará con dos niveles, una planta baja y una planta alta, el piso superior estará apoyado en columnas y trabes.

El *American Concrete Institute (ACI)* recomienda el uso de un piso clase 4 para el tránsito a pie y de ruedas (abrasivas) y de clase 6 para tránsito a pie y vehículo de ruedas duras (abrasión severa). El concreto deshidratado al vacío es de 2 a 2.5 veces más resistente al desgaste que el concreto normal con el mismo acabado superficial. La elección es un costo de capital inicial o un costo de mantenimiento repetitivo. Por ello, se aconseja utilizar concreto deshidratado. El piso deberá sellarse con el propósito de ofrecer las siguientes ventajas: facilitar la limpieza del piso, reducción de la cantidad de polvo adherida a su superficie.

El piso de concreto corresponderá exclusivamente al área de amasado; mientras tanto, las demás áreas correspondientes a producción y los servicios sanitarios contarán con piso de granito.

El entrepiso estará constituido por un sistema de vigueta y bovedilla mismo que funciona apoyando las viguetas sobre las vigas principales.

#### **4.5.2 Techo**

Actualmente, los techos industriales son planos. La alta capacidad de absorción del calor no sólo contribuye a elevar las temperaturas internas del edificio, sino que reducen la vida del techo debido a los ciclos térmicos diarios. Una técnica consiste en reflejar el calor con recubrimientos aluminados.

Entre los problemas que más afectan a los techos se encuentran los siguientes: el vapor de agua que contiene el aire se condensa al bajar la temperatura por debajo del punto de rocío, la humedad relativa del vapor de agua, formación de burbujas, choques térmicos, lesiones mecánicas y daños causados por los rayos ultravioleta.

Se recomienda el uso de una armadura tipo howe para el esqueleto del techo superior adhiriendo a éste ventilación en la parte superior de la misma. Su instalación será en acero perfil tipo I con empalmes atornillados y soldados.

La cubierta se fabricará con láminas cindu las cuales ofrecen protección contra ruidos, emanaciones y colores provenientes del exterior de la planta. Las láminas deben anclarse según las especificaciones de fábrica.

### **4.5.3 Muros**

En cuanto a los muros se recomienda que éstos sean de concreto ya que soportan adecuadamente las cargas, que transmitirá la planta alta del edificio, sobre las columnas. De esta manera ofrecerán comodidad en cuanto a acabado y pintura posterior. La pintura interior deberá ser con colores claros para poder reflejar al máximo la luz existente dentro del local de trabajo. Los muros medirán cuatro metros de altura en las plantas baja y alta.

El espaciamiento mayor entre columnas en un edificio permite mayor flexibilidad de distribución de planta, pero es más costoso. Los claros rectangulares (el espacio entre columnas) son más flexibles que los claros cuadrados. Los claros cuadrados permiten orientar la maquinaria en un solo sentido ya que sus medidas de ancho y largo son las mismas. Mientras tanto, en claros rectangulares la orientación de la maquinaria puede distribuirse ya sea a lo largo o a lo ancho, según como convenga. En el apéndice 2 podrá observar un diseño con base en un espaciamiento rectangular mencionado.

Los bloques de concreto utilizados serán de piedra pómez con dimensiones de 0.19 por 0.39 por 0.19 metros, reforzado con columnas y soleras.

Los muros tendrán, tanto externa como internamente, repello y cernido vertical además de la pintura correspondiente para su protección.

#### **4.5.4 Pasillos**

El ancho de los pasillos y corredores dependerá del tipo de uso, la frecuencia del uso y la velocidad de viaje permitida entre ellos. En general, deben ser tan angostos como sea posible porque ocupan espacio de planta. Se utilizará un pasillo como columna vertebral y pasillos transversales. Por lo común, los ramales de pasillos deben estar en el lado opuesto a las aberturas de puertas en muros exteriores.

#### **4.5.5 Puertas**

La recomendación del *Life Security Code* es un máximo de 150 pies entre una persona y una salida en edificios que tienen una ocupación sin alto riesgo. Las puertas corredizas y plegables tienden a pandearse, por tanto, nunca se deben usar como salidas de emergencia. Por seguridad, las puertas deben abrir hacia fuera de los edificios y corredores.

En áreas de producción debe comprobarse que la puerta sea suficientemente ancha y alta para permitir el paso de vehículos y equipo. Para áreas más grandes (donde hay más de tres personas), la puerta se debe poner en el centro del muro (abatimiento de 180°).

Para áreas pequeñas como son las oficinas privadas, la puerta debe estar en la esquina, para que se abata con un arco de 90°. Las puertas de oficinas son obstrucciones comunes para el movimiento de equipo. Las dimensiones de las puertas de las oficinas serán de 2.10 metros de altura por 0.90 metros de ancho.

La entrada principal para personal se realizará por medio de una puerta de metal de 2.10 por 1.20 metros

Se recomienda, para el área de producción, que las puertas sean batientes dobles (aquellas que se abren por el centro). Sin embargo, debido a los problemas que pueden presentar, deberán contar con ventanas de vidrio que permitan ver hacia el interior del área contigua para evitar accidentes. Éste tipo de puertas es la más rápida de todos los tipos para abrirse y no requiere espacio de muro.

#### **4.5.6 Iluminación**

Debe mencionarse que, a pesar de lo caro que pueda parecer una instalación eléctrica para iluminación: la luz es barata, la mano de obra es cara. El costo de la luz depende del tipo de luz que se use (fluorescente, sodio de alta presión, etc.), de la geometría de la iluminación (primordialmente de la distancia desde la tarea a la lámpara) y del tipo de iluminación (local o de área general, etc.).

Se necesita más luz cuando la velocidad y la precisión son más importantes. En la planta de producción ninguna actividad se realizará con base en su precisión, por tratarse de una tarea artesanal. Sin embargo, la velocidad de producción deberá mantenerse constante para no perjudicar el desarrollo de cualquiera de los turnos posteriores.

La fuente ideal de iluminación (que no existe) debería ser libre, proporcionar la cantidad de luz deseada según se requiera y tener alta calidad (color, luminosidad, brillantez, contraste). La primera elección básica que debemos tomar es entre iluminación artificial e iluminación natural. Para oficinas las lámparas fluorescentes son las de mayor uso. Aunque se usan lámparas incandescentes para efectos especiales, constituyen sólo 25% de los lúmenes/watts de las fluorescentes, a la vez que tienen vidas cortas. De esta manera, en el área de oficinas se utilizarán lámparas fluorescentes.

Se aconseja para el resto de las áreas de la fábrica industrial, el uso de lámparas fluorescentes debido a que tienen mayor área de superficie y, por tanto, menos brillantez y dan reflexiones menos directas e indirectas que los otros tipos de lámparas existentes. También tienen buen color y restablecimiento inmediato.

En cuanto a la distribución de luz, la que utilizaremos será la semidirecta (la mayor parte hacia abajo) que se encuentra entre las de mayor uso, actualmente. Este tipo tiende a ser mejor debido a que: 1) la luz del plafón reduce el contraste por brillantez y 2) las luminarias semidirectas tienden a permanecer más limpias (es decir, pierden menos luz) ya que el aire puede ascender a través del portalámpara.

En cuanto al número y la distribución de las luminarias se utiliza como base de cálculo el método de cavidad zonal, según el cual deberán tomarse en cuenta las dimensiones del local, la edad del local, la velocidad o exactitud de las tareas a realizar, la reflectancia proveniente de los alrededores, el mantenimiento proporcionado al local y la distribución típica de la luz proveniente de las luminarias utilizadas, entre los más importantes.

El rango de iluminancia que debe aplicarse es de 750 lux, debido a que es el recomendado según la norma IES para trabajos de contraste medio o tamaño pequeño tales como los efectuados dentro de nuestra planta de producción. Se toma para el edificio una edad menor de 40 años, una velocidad de tarea no importante y una reflectancia entre 30% y 70% dentro del área de trabajo.

El coeficiente de reflexión para los colores del ambiente se calcula con base en el color del piso, paredes y techo. Para un techo blanco el coeficiente es 80%, para una pared de color pálido su coeficiente es 65% y para piso de color gris es de 40%. El coeficiente de reflexión se obtiene al promediar los tres coeficientes anteriores  $(80 + 65 + 40)/3$  lo que da como promedio 61.67%.

En cuanto respecta al aseo del local se recomienda que se mantenga en todo momento en buen estado de limpieza. Por lo tanto, el coeficiente de mantenimiento será de 0.8.

Con los datos mencionados anteriormente puede procederse a calcular el número de luminarias en cada área de trabajo. Para realizar los cálculos, el método de cavidad zonal ofrece algunas fórmulas que se describirán a continuación.

La distribución entre luminarias se calcula con base en la siguiente fórmula:

$D = NA * H$ , en donde NA es un índice calculado para la iluminación dentro del local de trabajo para el tipo de tarea a realizar y que significa norma americana siendo equivalente a 1.5; H se obtiene al restar a la altura del local la altura del plano de trabajo y específicamente se refiere a la altura entre el techo y el plano de trabajo. Cabe mencionar que la altura del local es de cuatro metros para el área de producción.

#### **4.5.6.1 Área de amasado**

Para el área de amasado las medidas son las siguientes: altura de 4 metros, largo de 18.35 metros y ancho de 9.18 metros. Debido a que la luminaria estará empotrada en el techo, la reflectancia del cielo, hcc, es 0; luego, la cavidad del plano de trabajo equivale a la altura de las mesas de trabajo que es de 0.89 metros y se designa por hcp y la cavidad del ambiente (que se obtiene al restar la altura del plano de trabajo a la altura del local), hca, es de 3.11 metros.

La distribución entre luminarias se obtiene de la fórmula  $D = 1.5 * 3.11 = 4.67$ . Luego, el número de luminarias a lo largo del local se obtiene al dividir el largo entre D, así:  $18.35 / 4.67 = 3.93$ , que por aproximación da 4 lámparas a lo largo. Para el número de luminarias a lo ancho se divide el ancho entre D, o sea,  $9.18 / 4.67 = 1.97$  que por aproximación da 2 lámparas a lo ancho.

El número total de luminarias se obtiene al multiplicar el número de luminarias a lo largo por el número de luminarias a lo ancho; en este caso  $4 \times 2 = 8$  lámparas. Como se verá más adelante, el número de candelas para cada lámpara es cuatro. Además, la distribución real entre luminarias consiste en calcular la separación entre cada una de las luminarias, a lo ancho y a lo largo, así como la distancia de la pared a las luminarias más cercanas de la misma. Este cálculo se realiza de la siguiente manera: a lo largo,

$$Dl = \text{largo} / (\text{número de lámparas a lo largo}) = 18.35/4 = 4.59 \text{ metros/lámpara}$$

y su separación de la pared se obtiene al dividir Dl entre 2, que equivale a 2.30 metros de la pared a la lámpara. De igual manera, la distribución real a lo ancho, Da, se calcula al dividir el ancho entre el número de lámparas a lo ancho, o bien

$$Da = 9.18/2 = 4.59 \text{ metros/lámpara}$$

y la distribución entre las luminarias a lo ancho y la pared es de 4.59 entre 2, o sea 2.30 metros entre la pared y la lámpara.

Después, para calcular los lúmenes proporcionados por las luminarias a instalar se calcula según la siguiente fórmula:  $\Phi = (E \cdot A) / (k \cdot K')$  en donde

E = rango en luxes

A = área del local

K = coeficiente de utilización

K' = factor de mantenimiento

Para calcular el coeficiente de utilización se multiplican los coeficientes de utilización parciales por el factor de multiplicación. Los coeficientes parciales se obtienen así:

$$R_{cc} = 5h_{cc}(A + L)/(A * L) = 5(0)(18.35 + 9.18)/(18.35 * 9.18) = 0, \text{ para el cielo}$$

$$R_{ca} = 5h_{ca}(A + L)/(A * L) = 5(3.11)(18.35 + 9.18)/(18.35 * 9.18) = 2.54, \text{ para el ambiente y}$$

$$R_{cp} = 5h_{cp}(A + L)/(A * L) = 5(0.89)(18.35 + 9.18)/(18.35 * 9.18) = 0.7273, \text{ para el piso.}$$

La reflectancia efectiva es 0.63, por lo tanto el coeficiente de utilización, según interpolación entre tablas proporcionadas por la norma americana, es de 0.6741. El flujo lumínico debe ser

$$\Phi = 750(9.18 * 18.35)/(0.8 * 0.674) = 234,309.63 \text{ lúmenes.}$$

Luego, el flujo lumínico total a proporcionar será de

$$\Phi / (\# \text{ total de lámparas en el local}) = 234,309.63 / 8 = 29,288.70 \text{ lúmenes / lámpara.}$$

Debe determinarse el flujo por lámpara, dividiendo el flujo total entre el número de lúmenes proporcionados por la luminaria elegida, y se escogen las bombillas o tubos adecuados para proporcionar como mínimo ese flujo. En este caso se requieren lámparas fluorescentes standard que proporcionan 9,000 lúmenes iniciales, quedando el número de tubos así:

$29,288.70/9,000= 4$  tubos por lámpara.

De esta manera, la distribución de luminarias para el área de amasado será de 8 luminarias (4 a lo largo por 2 a lo ancho) cada una con 4 tubos.

#### **4.5.6.2 Área de fermentado**

Las dimensiones de esta área son: altura de 4 metros, 7.17 metros de largo, 3.26 metros de ancho y altura del plano de trabajo 1.99 metros (no es necesario tomar la altura de las bandejas dentro de las cámaras de enfriamiento ya que estas últimas cuentan con iluminación interior, por lo tanto la altura mencionada corresponde a la altura de las cámaras de enfriamiento). Siguiendo el mismo procedimiento utilizado para el área anterior se obtienen 2 luminarias (2 a lo largo por 1 a lo ancho) con 4 tubos cada una.

#### **4.5.6.3 Área de horneado**

Para esta área las dimensiones son: altura 4 metros, largo 8.9 metros, ancho 3.26 metros, altura del plano de trabajo 2.48 metros. Los cálculos indican la necesidad de instalar 4 luminarias (2 a lo largo por 2 a lo ancho), cada una con 4 tubos. Debido a la baja precisión requerida para las tareas realizadas dentro de esta área, se recomienda el uso de 8 luminarias cada una con 2 tubos.

#### **4.5.6.4 Área de producto terminado (bodega de producto terminado)**

Sus dimensiones son: 4 metros de altura, 6 metros de largo y 3.26 metros de ancho. La altura del plano de trabajo es de 0.20 metros (distancia del piso hacia el primer anaquel del mostrador). Al utilizar las fórmulas se obtiene un resultado de 4 luminarias (2 a lo largo por 2 a lo ancho), 4 tubos por lámpara.

#### **4.5.6.5 Área de materia prima (bodega de materia prima)**

Con dimensiones de 6 metros de ancho por 6 metros de largo, se debe instalar 4 luminarias, 2 a lo ancho por 2 a lo largo, cada una con 4 tubos.

#### **4.5.6.6 Área de oficinas**

Con dimensiones de altura de 4 metros, largo de 9.26 metros, ancho de 6 metros, altura del plano de trabajo de un metro (altura de escritorios de oficina), el número total de luminarias a colocar será de 4 (2 a lo largo por 2 a lo ancho). Sin embargo, debido a la complejidad de las actividades realizadas, se recomienda utilizar 8 luminarias cada una con 2 tubos.

Deberá contarse con un sistema de iluminación de emergencia para permitir la salida de la gente cuando el suministro normal de energía falle. El *Life Security Code* especifica 10 lux sobre pisos a lo largo de la ruta que la gente debe tomar para salir del edificio. La iluminación de emergencia puede consistir en luces completamente separadas con baterías o luces normales con una fuente de energía suplente.

La iluminación exterior será aprovechada de los postes que se encuentran ya ubicados a ambos costados del parqueo.

#### **4.5.6.7 Área de parqueo**

Para el estacionamiento de vehículos se recomienda una iluminación de 10 a 20 lux; como el color no es crucial se pueden usar lámparas de sodio de alta o baja presión. Se deben reducir al mínimo la iluminación y el escurrimiento hacia las instalaciones contiguas a la fábrica industrial. Se deben usar líneas blancas de 3 a 4 pulgadas de ancho para indicar el cajón de estacionamiento. Las líneas dobles entre cajones tienden a hacer que los conductores centren mejor el vehículo dentro del cajón.

#### **4.5.7 Ventilación**

Para aplicaciones industriales el aire se toma de la capa más cercana a nosotros: la troposfera con altura de 10 kilómetros. El aire es mal conductor del calor y la electricidad, sobre todo si está seco. Solo el nitrógeno y el oxígeno son necesarios para la vida.

Las ventanas pueden ser útiles cuando tienen un área mínima de superficie porque permiten reducir los efectos del calor solar y los destellos. Corresponde ahora definir la ventilación de la fábrica.

Para el cálculo del área de ventanas se toma como base el total de la superficie de piso multiplicada por el 25% para obtener el área mínima requerida para ventilación dentro de los diversos ambientes de la planta.

- a) **Área de amasado:** el área correspondiente a la ventilación se calcula con base en la superficie total de dicho local. Esta área es de 168.45 metros cuadrados se multiplica por el 25% dando como resultado el área mínima requerida de ventilación para este departamento. Un sencillo calculo matemático lleva al siguiente resultado:  $168.45 * 25\% = 42.11$  metros cuadrados.
- b) **Área de fermentado:** con una superficie de piso de 7.17 metros \* 3.26 metros, el área para ventilación será de  $(7.17 * 3.26) * 0.25 = 5.84$  metros cuadrados.
- c) **Área de horneado:** con dimensiones en superficie de 8.9 metros \* 3.26 metros, el área de ventilación deberá ser  $(8.9 * 3.26) * 0.25 = 7.25$  metros cuadrados.
- d) **Área de producto terminado:** con superficie de 6 metros por 3.26 metros, el área de ventilación será  $(6 * 3.26) * 0.25 = 4.89$  metros cuadrados.
- e) **Área de materia prima:** con dimensiones en el local de 6 metros de ancho por 6 metros de largo deberá contar con 9 metros cuadrados de superficie en ventanas.
- f) **Área de oficinas:** sus medidas superficiales de piso son 9.26 metros por 6 metros, su área de ventilación deberá ser de  $(9.26 * 6) * 0.25 = 13.89$  metros cuadrados.

Se aconseja que las ventanas del área de producción sean de aluminio, mientras que las interiores, es decir, las de las oficinas de la fábrica consistan en persianas con marcos de aluminio que serán manipuladas por accionamiento de cadenas a una altura prudencial de alcance para cualquier persona.

#### **4.5.8 Almacenaje**

Una manera de reducir la cantidad de almacenamiento necesaria, es reducir el tiempo de entrega de lo comprado. Deberá tomarse el tiempo real de entrega de la materia prima. Un método mejor, y más conveniente para nuestros propósitos, es el de almacenaje volumétrico, en el cual las plataformas se apilan en bloques de 3 ó 5 unidades de altura sin pasillos. Para ello, deberá también considerarse las restricciones en cuanto a almacenamiento de la harina debido a que no pueden apilarse muchos sacos uno sobre otro. Sin embargo, el uso de plataformas mantiene en excelentes condiciones la materia prima al evitar el contacto con el piso y mantener orden dentro del área designada para su almacenaje.

Por lo general, la decisión entre primeras entradas, primeras salidas (PEPS) y últimas entradas, primeras salidas (UEPS) se resuelve a favor de PEPS. Un problema relacionado con el uso de la metodología PEPS es mantener un lote junto en almacén. En este caso, las condiciones necesarias para poder utilizar PEPS serán que cada una de las materias primas almacenadas pueda colocarse a la profundidad de una sola hilera. Si las estanterías tienen la profundidad de una sola hilera, presentan un problema menor, excepto que debe recordarse cuál unidad de almacenamiento de inventario contiene la unidad más vieja. Esto se logrará con un buen control por parte del encargado de impartir el taller. Sin embargo, más eficiente que usar las tres dimensiones del almacén, es el uso efectivo de la cuarta dimensión: el tiempo. Para ello, deberá utilizarse una adecuada política de inventarios. En este caso, se recomienda utilizar la de tamaño económico del lote.

En 1915, F. W. Harris desarrolló la famosa fórmula de cantidad económica del pedido (EOQ). Esta fórmula se basa en las siguientes suposiciones:

- a) la tasa de demanda es constante, recurrente y conocida (asume que la demanda es continua por tiempo indefinido)
- b) el tiempo de entrega es constante y se conoce
- c) no se permiten inexistencias (se puede determinar, con exactitud, el momento de hacer una compra de material)
- d) el material se adquiere o produce en grupos o lotes y el lote se coloca en el inventario todo a la vez

e) se utiliza una estructura de costo específica, de la siguiente manera: el costo unitario del artículo es constante; el costo de sostenimiento depende linealmente del nivel promedio de inventario; existe un costo fijo de orden o colocación para cada lote que es independiente del número de artículos del mismo.

Las características anteriores se cumplen para la fabrica industrial por las razones siguientes: la cantidad producida de pan será la misma durante cada semana por lo cual se conoce el tiempo de agotamiento de inventario, mismo que tendrá una tasa constante de decremento. Además, no puede existir faltantes en inventario para evitar retrasos en el laboratorio. Otra razón para justificar el uso del tamaño económico del lote es que el costo de cada uno de los productos de panadería es constante y el costo de almacenamiento depende directamente, y en forma lineal, del nivel de inventario.

A pesar de lo mencionado anteriormente, serán los alumnos asistentes al laboratorio quienes determinen, según los requerimientos de la práctica a realizar, el mejor método de manejo de inventarios que le corresponderá al laboratorio. Sin embargo, se recomienda para la fábrica industrial, el uso de PEPS, toda vez que la calidad de la harina adquirida no varíe de un pedido a otro.

#### **4.5.9 Despacho**

En general, si las áreas de almacenamiento y despacho no pueden estar juntas por lo menos deben estar contiguas. Debe planearse una expansión futura de esta área.

#### **4.5.10 Oficinas**

Los criterios de distribución de planta en oficinas, aunque difíciles de cuantificar, son la reducción al mínimo del costo de comunicación y el incremento al máximo de la productividad de los empleados. El ámbito físico tiende a ser mejor para las oficinas que para la fábrica. La iluminación de la oficina será mejor que la de la fábrica, porque las tareas en aquella son más cansadas para la vista. Las necesidades de cada estación de trabajo son variables y por ello se aconseja el uso de planta abierta: los escritorios, sillas y archivos estándar combinan superficies de trabajo, almacenamiento y áreas para sentarse (o permanecer de pie) en componentes y configuraciones ajustables sin fin.

Se recomienda un enlace en forma de espina (vea el diagrama de distribución en planta del tercer nivel en el apéndice 2). Al combinar oficinas privadas con áreas centrales con escritorios se obtiene ventaja en los siguientes aspectos: más gente por m<sup>2</sup>, menor costo de reacomodamiento (debido a la modularidad del mobiliario y la eliminación del movimiento de paredes y servicios generales permanentes), menor costo de energía y posiblemente mayor productividad.

## **4.6 Cálculo de las áreas de la fábrica industrial**

Ya que se ha logrado llegar a una proporción de la distribución ideal de la planta, sigue la tarea de calcular las áreas de cada departamento o sección de la planta, para plasmar ambas cosas en el plano definitivo de la planta. A continuación se mencionan las principales áreas que normalmente existen en una empresa y cuál sería su base de cálculo tomando en cuenta los criterios que se mencionan en la sección referente a instalación y montaje de la planta de producción.

### **4.6.1 Recepción de materiales y embarques del producto terminado**

El área asignada para este departamento depende de los siguientes factores:

- Volumen de maniobra y frecuencia de recepción (o embarque).
- Tipo de material (varían mucho entre sí las necesidades para líquidos, grano, metales o material voluminoso, como algodón u otros).
- Forma de recepción o embarque
- Debe precisarse si se recibirá (o embarcará) pesando en la empresa, si el pesaje es exacto, si se contarán unidades, medirán volúmenes, etcétera.

#### **4.6.2 Almacenes**

Dentro de la empresa puede haber tres tipos de materiales: materia prima, producto en proceso y producto terminado. Para calcular el área de almacén de materia prima se recomienda usar el concepto de lote económico de la teoría de inventarios. El lote económico es la cantidad que debe adquirirse cada vez que se surten los inventarios para manejarlos en forma económicamente óptima. Es un modelo determinístico para el manejo de inventarios que supone la reposición instantánea, el consumo de materia prima a una tasa constante y el mantenimiento de una reserva de seguridad previamente establecida. El resultado del cálculo es una cantidad dada en unidades, toneladas, litros, o cualquier otra unidad de medida, lo cual permite calcular el área necesaria para almacenar esa cantidad comprada mediante la simple multiplicación de la cantidad adquirida por el área ocupada por cada unidad. El lote económico también permite calcular la frecuencia de compra, y se deberá realizar el cálculo del mismo por cada materia prima utilizada, para así determinar el área total ocupada por la materia prima.

A pesar de ello, es conveniente seguir las recomendaciones que haga el instructor de laboratorio, o en su defecto, las de los métodos de reposición y valuación de inventarios, los cuales se realizan heurísticamente, es decir, que pueden lograrse a través de la práctica continua.

Para el cálculo del área ocupada por el producto en proceso, se puede decir que cada proceso que incurre en tener productos semielaborados es totalmente distinto.

Para calcular almacenes de producto terminado, el grado en el que éste permanezca en bodega dependerá de la coordinación de los departamentos de producción y ventas, aunque también de los turnos de trabajo por día, y la hora y la frecuencia con que el Departamento de Ventas recoge el producto terminado, es decir, si el departamento de ventas sólo recoge el producto en la mañana y se trabajan tres turnos por día, los almacenes deberán tener capacidad para guardar todo el producto de tres turnos de trabajo.

El área para almacén de materia prima, o BMP, será, según los cálculos, de 6 por 6 metros que corresponden a un área de 36 metros cuadrados, misma que incluye el área de recepción de material ya que sólo se requiere de conteo físico de las unidades recibidas.

Se pretende no tener en ningún momento productos semielaborados.

Una vez que haya sido elaborado el pan se colocará en una tienda (despacho) y se estima que el área necesaria es de 19.56 metros cuadrados, cuyas dimensiones son 3.26 por 6 metros, que será el área de despacho del producto terminado.

### **4.6.3 Departamento de producción**

El área que ocupe este departamento dependerá del número y las dimensiones de las máquinas que se empleen, del número de trabajadores, de la intensidad del tráfico en el manejo de materiales y de obedecer las normas de seguridad e higiene en lo referente a los espacios libres para maniobra y paso de los obreros. Esta área contará con 228.14 metros cuadrados para la elaboración de las masas sobre mesas de trabajo. Para el fermentado se contará con un área de 23.37 metros cuadrados (7.17 x 3.26 metros), mientras que para el área de horneado se ocuparán 29.01 metros cuadrados (8.9 x 3.26 metros). Debido a la secuencia de actividades y de flujos éstas áreas deben ser necesariamente adyacentes entre sí. El área de amasado será la más grande dentro del departamento con un área de 168.45 metros cuadrados (18.35 x 9.18 metros).

### **4.6.4 Sanitarios**

El tamaño del área donde se encuentren queda determinado por la ley vigente y pertinente; este ordenamiento exige que haya un inodoro por cada 25 hombres y uno por cada 15 mujeres, cuando el número de trabajadores sea menor de 100, cuando se exceda de este número deberá instalarse un inodoro adicional por cada 30 trabajadores más. Deberán estar convenientemente separados los correspondientes a uno y otro sexo.

El número de mingitorios deberá calcularse sobre la base mínima de uno por cada 20 trabajadores. Pueden colocarse puestos de mingitorios por el sistema de canales, siempre que reúnan las condiciones de higiene indispensables para el aseo de los mismos.

Respecto de los lavamanos deberá contarse con uno por cada 25 trabajadores.

Tomando en cuenta la corta estadía por grupo atendido y el poco personal de tiempo permanente, el área asignada a los servicios sanitarios será de 14.54 metros cuadrados para cada uno (3.26 x 4.46 metros). El servicio sanitario correspondiente al sexo femenino contará con dos retretes y un lavamanos, mientras que el correspondiente al sexo masculino contará con un retrete, dos mingitorios y un lavamanos. Los vestidores y duchas para el uso femenino se encuentran a un costado de los servicios sanitarios femeninos y los del sexo masculino a un costado de los servicios sanitarios correspondientes. El área destinada para las duchas y vestidores del servicio femenino es de 14.54 metros cuadrados (3.26 x 4.46 metros) y para las duchas y vestidores del servicio masculino es de 16.17 metros cuadrados (3.26 X 4.96 metros). Se contará con tres duchas y tres vestidores en cada uno de los vestidores respectivos a ambos sexos.

#### **4.6.5 Oficinas**

El área destinada a oficinas dependerá de la magnitud de la mano de obra indirecta y de los cuadros directivos y de control de la empresa, se pueden asignar oficinas privadas para puestos como los de jefe de turno, supervisor, gerentes (producción, administración, ventas, planeación, relaciones humanas, etcétera), contadores y auxiliares, por ejemplo, además de los lugares para las secretarías de cada gerencia y del personal con que cuente cada una de ellas. Todo ello dependerá de la magnitud de la estructura administrativa y, por supuesto, de los recursos con que cuente la empresa, pues muchas funciones, tales como la selección de personal, la planeación, y otras, pueden asignarse a la Escuela de Mecánica Industrial, por lo que no serían necesarias ciertas gerencias. A pesar de ello, la distribución de las oficinas describe el rol del ocupante y su status dentro de la empresa.

También hay que tomar en cuenta el área de oficinas de atención al público, no sólo de ventas, sino también para atención a proveedores y acreedores.

Se destina para esta área un total de 55.56 metros cuadrados, cuyas dimensiones periféricas son de 6 por 9.26 metros, inicialmente, la cual podría ser mayor debido a aumentos en el número de personal o de mobiliarios.

El área total destinada para que la planta inicie sus operaciones con los mínimos requerimientos será de 358.47 metros cuadrados en conjunto para la planta baja y alta, última que corresponderá a oficinas y servicios sanitarios, exclusivamente. La altura de ambas plantas será de 4 metros.

La metodología de distribución (pasillos, puertas, salidas, accesos, etc.) será, en última instancia, la que determine finalmente el aumento en el área requerida; dicho aumento corresponde como máximo al 5 por ciento del área total requerida.

Se han fijado todas las dimensiones de la planta a las mínimas requeridas y que recomiendan las normas generales de proyección en arquitectura de talleres. Deberá, pues, contemplarse su crecimiento a futuro en un largo plazo.

#### **4.7 Distribución de maquinaria y equipo dentro de la fábrica industrial**

La distribución de una planta debe integrar numerosas variables. Una buena distribución de la planta, es la que proporciona condiciones de trabajo aceptables y permite la operación más económica, a la vez que mantiene las condiciones óptimas de seguridad y bienestar para los trabajadores. Los objetivos y principios básicos de una distribución de la planta son: la integración total, mínima distancia de recorrido, utilización del espacio cúbico, seguridad y bienestar del trabajador y flexibilidad futura del proceso y por ende de la planta de producción. Además, una buena distribución reduce al mínimo posible los costos no productivos, como el manejo de materiales y el almacenamiento.

Cualquiera que sea la manera en que esté hecha una distribución de planta, afecta el manejo de los materiales, la utilización del equipo, el nivel de los inventarios, la productividad de los trabajadores, e inclusive la comunicación de grupo y la moral de los empleados. La distribución está determinada en gran medida por el tipo de producto, el tipo de proceso productivo y el volumen de producción.

Debe, ahora, mencionarse el proceso que se manejará dentro de la planta de producción. Para ello será necesario analizar la distribución por proceso y la distribución por producto.

En una distribución por proceso se agrupa a las personas y al equipo que realizan funciones similares y hacen trabajos rutinarios en bajos volúmenes de producción. El trabajo es intermitente y guiado por órdenes de trabajo individuales. Éstas son las principales características de la distribución por proceso: son sistemas flexibles para trabajo rutinario, por lo que son menos vulnerables a los paros. El equipo es poco costoso, pero se requiere mano de obra especializada para manejarlo, lo cual proporciona mayor satisfacción al trabajador. Por lo anterior, el costo de supervisión por empleado es alto, el equipo no se utiliza a su máxima capacidad y el control de la producción es más complejo.

En una distribución por producto se agrupa a los trabajadores y al equipo de acuerdo con la secuencia de operaciones realizadas sobre el producto o usuario. Las líneas de ensamble son características de esta distribución con el uso de transportadores y equipo muy automatizado para producir grandes volúmenes de relativamente pocos productos. El trabajo es continuo y se guía por instrucciones estandarizadas. Sus principales características se mencionarán a continuación.

Existe una alta utilización del personal y del equipo, el cual es muy especializado y costoso. El costo del manejo de materiales es bajo y la mano de obra no es especializada. Como los empleados efectúan tareas rutinarias y repetitivas, el trabajo se vuelve aburrido. El control de la producción es simple, con operaciones interdependientes, y por esa razón, la mayoría de distribuciones son inflexibles.

Como puede el lector observar es más conveniente para los propósitos didácticos que persigue el proyecto optar por una distribución por proceso, ya que le ofrecerá mayores ventajas de rendimiento, logrando a la vez alcanzar los objetivos para los cuales fue ideado el mismo. Sin embargo, en una fase posterior, si se pretende aumentar la cantidad de producción diaria a un volumen mucho mayor del inicial y con lo cual la fábrica pasará de ser micro a macro, puede adoptarse el modelo de distribución por producto.

Con base en ésta decisión debe mencionarse el objetivo de la distribución por proceso. El objetivo de una distribución por proceso es reducir al mínimo posible el costo del manejo de materiales, ajustando el tamaño y modificando la localización de los departamentos de acuerdo con el volumen y la cantidad de flujo de los productos.

Los métodos para realizar la distribución, por proceso o funcional, son el diagrama de recorrido y el SLP (*Systematic Layout Planing*).

El diagrama de recorrido es un procedimiento de prueba y error que busca reducir al mínimo posible los flujos no adyacentes colocando en la posición central los departamentos más activos. El método SLP utiliza una técnica poco cuantitativa al proponer distribuciones con base en la conveniencia de cercanía entre los departamentos. Ambos métodos se realizan por prueba y error.

Utilizando el método SLP se necesita tomar en cuenta el flujo de los materiales y la relación de actividades que se tienen en las operaciones del proceso de producción. Con estos datos, es posible aplicar el método. Una vez que se ha desarrollado el método, se verifica el espacio requerido y se le compara con el espacio disponible. Para proyectar el espacio requerido, es necesario calcular las áreas para todas las actividades de la planta. De aquí, de acuerdo con la cantidad de máquinas y al volumen que ocupa cada una, se realiza un primer intento de distribución. Con esto se efectúan los ajustes necesarios para llegar a determinar la distribución definitiva de las instalaciones de la planta. Ésta es la planeación del SLP.

El método SLP utiliza la simbología internacional dada en la gráfica que se describe a continuación.

**Figura 1. Simbología internacionalmente aceptada para la representación de distribución de áreas por el método SLP**

Letra	Orden de Proximidad	Valor en Líneas
A	<u>A</u> bsolutamente necesaria	=====
E	<u>E</u> specialmente importante	=====
I	<u>I</u> mportante	=====
O	<u>O</u> rdinaria o normal	=====
U	<u>U</u> nimportant (sin importancia)	
X	<u>X</u> ndeseable	~~~~~
XX	<u>XX</u> uy indeseable	~~~~~

Fuente: Adaptado de Schroeder, Roger G. **Administración de operaciones**. 3<sup>a</sup>. ed. México: McGraw-Hill, 1992. 855 pp.

Se ha subrayado la primera letra del orden de proximidad, para mostrar que la simbología es nemotécnica. El método puede desarrollarse en los siguientes pasos.

- Construya una matriz y anote los datos correspondientes al nombre del departamento y el área que ocupa. Observe que la matriz tiene la forma, que por medio de ella, están relacionados todos los departamentos de la empresa.

- Llene cada uno de los cuadros de la matriz (diagrama de correlación) con la letra del código de proximidades que se considere más acorde con la necesidad de cercanía entre los departamentos.
- Construya un diagrama de hilos a partir del código de proximidad.
- Como el diagrama de hilos debe coincidir con el de correlación en lo que se refiere a la proximidad de los departamentos, y de hecho ya es un plano, éste se considera la base para proponer la distribución.
- La distribución propuesta es óptima cuando las proximidades coinciden en ambos diagramas y en el plano de la planta.

Debido a que este método se realiza por prueba y error, hasta la fecha no es posible determinar, cuantitativamente, cuándo se ha alcanzado la mejor distribución. Aquí interviene el ingenio del investigador, pues no es forzoso que todos los departamentos tengan lados iguales, ni una superficie regular, esto es, no se precisa construir un rompecabezas por la cercanía de las piezas, pero el diseñador les da forma según su criterio y los principios y objetivos de la distribución de planta; sin embargo, debe tomarse en cuenta que existe una necesidad mínima de área de 302.91 metros cuadrados, como se menciona en la sección 4.1.

El diagrama de correlación para la distribución de la planta, el diagrama de hilos y el diagrama de distribución en planta se presentan en el apéndice 2. Apréciase la concordancia entre los dos primeros diagramas tal y como lo exige la metodología utilizada por el SLP. Note que no es una restricción del método SLP que todas las áreas se encuentren a una misma altura, por lo cual podría preverse la construcción de algunas de las áreas en la planta alta, debido a que se pretende trabajar con áreas mínimas óptimas para poder favorecer una expansión posterior.

#### **4.8 Diseño organizacional de la fábrica industrial**

El estudio de organización no es suficientemente analítico en la mayoría de los casos, lo cual impide una cuantificación correcta, tanto de la inversión inicial como de los costos de administración. En la fase de anteproyecto, no es necesario profundizar totalmente en el tema, pero cuando se lleve a cabo el proyecto definitivo, se recomienda encargar el análisis a empresas especializadas, aunque esto dependerá de qué tan grande sea la empresa y su estructura de organización.

Por otro lado, debe aclararse que sería erróneo diseñar una estructura administrativa permanente. Ésta es tan dinámica como lo es la propia empresa. Si al crecer esta última se considera más conveniente desistir de ciertos servicios, o añadir otros, lo mejor será hacerlo así y no pensar en la permanencia de las estructuras actuales, diseñadas para cierto estado temporal de la empresa. Es decir, se debe dotar a la organización de la flexibilidad suficiente para adaptarse rápidamente a los cambios de la empresa. Esta flexibilidad también cuenta en lo que se refiere a las instalaciones y los espacios administrativos disponibles.

#### **4.8.1 Organigrama del área de producción de la fábrica industrial**

Un organigrama de jerarquización vertical simple será útil para mostrar cómo quedarán, a juicio propio, los puestos y jerarquías dentro del área de producción. Este paso requiere de un análisis cuidadoso, debido a que el funcionamiento de la planta de producción depende, no solamente, de una correcta adquisición del equipo, de su apropiada distribución y del manejo adecuado del mismo, sino también del personal que labore en la planta.

Debe tomarse en cuenta que no solamente se necesita personal para programar la producción. Se requiere también de personas que lleven control sobre los gastos, costos, ingresos y egresos monetarios, de materia prima y de producto terminado y de quiénes tomen las decisiones relevantes para el buen funcionamiento y manejo de la planta panificadora.

Para ello es necesario determinar las necesidades mínimas de personal, que según la capacidad de producción que se pretende alcanzar normalmente, que permitan un exitoso funcionamiento, sin dejar de lado, como se menciona en la sección anterior, la condición dinámica que debe ofrecer flexibilidad, tanto a la planeación, como a los procesos llevados a cabo, por ser ésta solamente la organización principal con la que entrará en funcionamiento la planta panificadora.

Se estima, que según las necesidades propias de la planta de panificación, deberá contarse, cuando menos, con el personal que se presenta en el apéndice 3, al final de este documento.

El organigrama propuesto no contempla como personal de nueva contratación los mandos altos (gerencias) mismos que deberán ser ocupados por autoridades a cargo de la Escuela de Mecánica Industrial y que deben trabajar en puestos dentro de la misma escuela, relativos al área de trabajo para la que sean asignados. Los mandos medios pueden, y deben, ser ocupados por estudiantes participantes en las prácticas de laboratorio, debido a que les permite poner en práctica sus conocimientos y desarrollar, en coordinación con el resto de estudiantes, actividades de interés en cada estadía dentro de la fábrica industrial.

Deberán contratarse los dos instructores de laboratorio, con un sueldo mínimo de Q.1, 150.00 mensuales cada uno. Para el cálculo del sueldo de los panaderos se realiza el siguiente cálculo.

Tomando en cuenta que los dos panaderos trabajarán un total de un quintal de harina, entonces, corresponde a cada uno medio quintal de harina al día. Si se paga Q.39.30/quintal, entonces corresponde a cada uno lo siguiente.

$$Q.39.30/2 = Q.19.65 \text{ c/u} + 8\% = Q.21.22, \text{ diariamente}$$

equivalente a un total de

$$(Q.21.22/\text{día}) * (6 \text{ días} / \text{semana}) = Q.127.32/\text{semana} * 4\text{semanas} = Q.509.28/\text{mes}$$

al que debe agregarse la bonificación incentivo de 250 semanales, dando un total de  $Q.509.28 + Q.250.00 = Q.759.28$  para cada panadero (trabajando un turno diario). Este dato corresponde al mínimo establecido por ley, sin embargo, se sugiere aumentarlo a Q.1, 500.00 mensuales (incluida la bonificación de Q.250.00 mensuales) para cada panadero.

Los salarios mínimos propuestos obedecen a los presentados en el Acuerdo Gubernativo No. 494 – 2001 del 18 de diciembre de 2,001 según el Ministerio de Trabajo.

El puesto de secretaria recepcionista puede también ser ocupado por las estudiantes de la facultad, mientras que la asesoría sugerida por USAC puede trabajarse en forma técnico pedagógica, con el jefe del taller de panadería del INTECAP.



## **5. EVALUACIÓN ECONÓMICA**

Hasta este punto se ha descrito la propuesta de implementación del proyecto; sin embargo, es importante realizar una evaluación de las ventajas y/o desventajas que la realización de este lleve consigo. Para ello, es imprescindible realizar este tipo de evaluación con base en un análisis de beneficios y costos y, además, un análisis de sensibilidad del mismo.

El propósito de este proyecto es el de proveer un servicio educativo, obteniendo los ingresos para la implementación del mismo a través de la gestión que realice la Escuela de Mecánica Industrial ante la Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería.

La medida de la eficiencia de los proyectos públicos es difícil de lograr, por lo que se presentará un análisis a detalle de los aspectos económicos y sociales que intervienen en el desarrollo del proyecto.

Además, la vida útil de los proyectos de educación puede establecerse como perpetua, por lo que será necesario evaluar el proyecto durante un período de tiempo representativo, que tome en cuenta la prolongación y extensión de los servicios que puede prestar a la sociedad.

## **5.1 Recursos Financieros para la inversión**

Este tema se refiere, fundamentalmente, al análisis de los ingresos y los gastos que se producen cuando el proyecto inicia su operación, traduciéndose como ingresos, aquellos provenientes de la venta de las unidades producidas por el proyecto. En lo referente a gastos. El análisis se orienta a establecer los costos que se producen por la administración y la operación del proyecto.

### **5.1.1 Inversiones previas a la puesta en marcha**

Son aquellas que se refieren a las necesarias para la actividad previa a la implementación del proyecto y en ella se agrupan los activos fijos y el capital de trabajo.

#### **5.1.1.1 Inversiones en activos fijos**

Como se mencionó en la sección 4.3.2 el costo de la maquinaria y equipo necesario para la producción de pan, asciende a la cantidad de \$92,216.85, equivalente a Q.737, 734.80. Mientras tanto, el costo de construcción será de Q.756, 000.00 (vea la sección 3.5), lo que da un total de Q.1, 493,734.80 como inversión inicial.

Es necesario hacer mención, a continuación, de los bienes tangibles necesarios para la operación del proyecto.

**Tabla XXI. Valores monetarios de inversión en activos fijos**

CONCEPTO	INVERSIÓN MONETARIA (Q.)
Construcción del edificio	756,000.00
Maquinaria y Equipo	737,734.80
<i>TOTAL</i>	<i>1,493,734.80</i>

Fuente: Costo del edificio y maquinaria y equipo.

#### **5.1.1.2 Inversiones en capital de trabajo**

La inversión en capital de trabajo constituye el total de los recursos necesarios, en la forma de activos corrientes, para la operación normal del proyecto durante un ciclo productivo, para la capacidad y tamaño determinados.

Los gastos mensuales, debidos a la compra de materia prima para la producción de pan, serán de Q.1, 731.28 diarios, equivalentes a Q.114, 264.48 anuales (Q.1,731.28/día x 3días/semana x 11 semanas / semestre). Por concepto de sueldos, se desembolsarán Q1, 500.00 por cada uno de los dos panaderos. Es decir que, anualmente se gastarán Q.36, 000.00 más las vacaciones y aguinaldos de los dos panaderos. Se obtiene entonces anualmente, para los panaderos, un desembolso de Q42, 000.00 en el pago de ambos. Los gastos anuales alcanzarían así, la cifra de Q.156, 264.48.

Según lo establece el Reglamento Interno para la actividad comercial dentro de las instalaciones de la Universidad de San Carlos, las instalaciones comerciales ubicadas dentro de los ambientes de la universidad a las cuales se haya asignado un local con servicios de luz y agua, deberán cancelar una cuota de Q.2,000.00 mensuales por concepto de arrendamiento del local. Sin embargo, la fábrica industrial no cubrirá este gasto debido a que las instalaciones formarán parte de los activos fijos de la Facultad de Ingeniería. A pesar de ello, se estimará un costo de alquiler de Q.2, 000.00 al año.

Se describe, a continuación, el capital de trabajo necesario antes de la puesta en marcha del proyecto.

**Tabla XXII. Valores monetarios de inversión en capital de trabajo**

CONCEPTO	INVERSIÓN MONETARIA EN CAPITAL DE TRABAJO (Q.)
Materia Prima	114,264.48
Mano de Obra	42,000.00
Alquiler	2,000.00
<i>TOTAL</i>	<i>158,264.48</i>

Fuente: Gastos anuales durante la vida útil del proyecto.

El edificio industrial correspondiente a las instalaciones de la fábrica industrial de panificación se considerará parte de las instalaciones de la Facultad de Ingeniería, por lo que la misma se encuentra exenta del pago de la renta. Sin embargo, con el fin de cubrir la mayor cantidad de gastos posibles, se ha tomado en cuenta el costo de alquiler anual.

## **5.2 Opciones de financiamiento**

Una vez que se ha dispuesto el plan de inversiones, o costo total del proyecto, llega el momento de hablar del financiamiento del proyecto. Las fuentes de financiamiento son, en este caso, aquellas de donde provendrán los recursos monetarios necesarios para llevar a cabo la alternativa seleccionada.

Según el origen de los recursos, las fuentes de financiamiento pueden ser: fuentes internas o de recursos propios y fuentes externas o de créditos

### **5.2.1 Fuentes internas de financiamiento**

Las fuentes internas de financiamiento pueden estar constituidas, en nuestro caso, por: aportes de capital y reservas voluntarias

#### **5.2.1.1 Aportes de capital**

Son los fondos que proveen las personas que constituyen la empresa o sociedad y pueden ser de carácter monetario o técnico. En este sentido, a través de las negociaciones que realice la Escuela de Mecánica Industrial y la Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería se pretende obtener una donación monetaria, no reembolsable, es decir, una regalía por medio de adjudicación en partida presupuestaria correspondiente.

Mientras tanto, los estudiantes asistentes a la fábrica industrial podrán cooperar con la inversión de Q.25.00, cada uno, por práctica realizada dentro de las instalaciones de la fábrica. La asistencia a las prácticas será de 6 durante un año por persona. Con ello podrá obtenerse una suma de Q150, 000.00 anuales ( $Q.25.00 / \text{práctica} \times 6 \text{ prácticas} / \text{año} \times 1,000 \text{ estudiantes atendidos}$ ).

Se pretende obtener ingresos por la venta de la producción de pan en un año, correspondiente a la menor cantidad posible de producción, 89,100 unidades al año a un precio de Q.0.10 cada uno (mínima precio de venta del pan), empacado en bolsas de 20 unidades cada una, haciendo un total de 4,455 bolsas vendidas al año, o bien 68 bolsas vendidas diariamente durante 3 días a la semana, 11 semanas por semestre. Se obtendrían así Q.8, 910.00 por concepto de ventas anuales.

#### **5.2.1.2 Reservas voluntarias**

Constituyen aquellas sumas de dinero que se deseen guardar en el ámbito interno de la fábrica industrial y que pueden ser reinvertidas en el mismo proyecto, o bien en otras alternativas que se escojan para su uso.

#### **5.2.2 Fuentes externas de financiamiento**

Están constituidas por aquellas que se generan fuera del proyecto y que pueden provenir de: mercados de capital, crédito bancario y crédito de proveedores

### **5.2.2.1 Mercado de capital**

Un mercado de capital está conformado por los posibles inversionistas del proyecto. Estos pueden ofrecer dos clases de títulos: acciones y obligaciones. En nuestro caso, esta alternativa será eliminada, debido a que el trámite para la adquisición del capital de trabajo se realizará internamente, sin ningún cargo para la Escuela de Mecánica Industrial.

### **5.2.2.2 Créditos bancarios**

Alternativa obviamente eliminada de las transacciones, para la gestión del proyecto, por cuanto no se desea incurrir en elevadas tasas de préstamo que aumentarían los gastos y por preferir recurrir a las negociaciones internas dentro de la universidad.

### **5.2.2.3 Crédito de proveedores**

Los desembolsos referentes a la compra de maquinaria y equipos para la producción así como los proveedores de materia prima, pueden ofrecer crédito dentro de las condiciones que ellos establezcan necesarias. Sin embargo, como consecuencia de la concesión de créditos, por parte de los proveedores, puede incurrirse en altos intereses sobre la deuda y en obligaciones de preferencia en la compra de determinadas marcas y cantidades de equipos o materias primas. Debido a esto, se realizarán, en todo momento, el pago al contado de todos los gastos.

### **5.3 Vida útil del proyecto**

Como se mencionó al principio del capítulo, es difícil realizar un análisis para el ciclo de vida de un proyecto de inversión pública en educación, por cuanto se consideran de vida perpetua. Esta condición conlleva un análisis exhaustivo y difícil de justificar, por lo que, en este caso, se prolongará la vida del proyecto a 10 años de utilidad.

### **5.4 Evaluación financiera**

El análisis de viabilidad financiera, se realiza por medio de una evaluación del flujo de caja del proyecto. Para este análisis se tomarán en cuenta, los criterios establecidos para el valor presente neto y la relación beneficio costo.

Es común a los proyectos de carácter social la ausencia de ingresos, o bien, la mínima obtención de éstos. Mientras tanto, la existencia de costos de operación y administración pueden ser relativamente altos en comparación con los ingresos. Sin embargo, es necesario realizar el cálculo de estos valores con el fin de obtener una proyección de los flujos monetarios durante la vida útil del proyecto.

#### **5.4.1 Proyección del flujo de caja**

Para realizar el flujo de caja se tomarán en cuenta, tanto los ingresos como los egresos del proyecto, durante su vida económica. Es necesario, además, proyectar los recursos financieros para la inversión durante la vida útil del proyecto.

Se tomará, para el cálculo del flujo de caja, una tasa de descuento de 15% con objeto de establecer la mínima condición aceptable para el proyecto. Los cálculos correspondientes al flujo de caja proyectado se presentan en el apéndice 4.

#### **5.4.1.1 Valor Presente Neto (V.P.N.)**

Este criterio utilizado en la evaluación de proyectos se ha puesto a prueba en empresas particulares y, actualmente, en organismos financieros para proyectos sociales. El valor presente neto de un proyecto, es el valor presente de los ingresos menos el valor presente de los egresos, o sea, el valor presente de los ingresos netos a una tasa de descuento y representa el excedente sobre la rentabilidad, en valores monetarios de hoy.

Para poder realizar este cálculo, es necesario establecer, primero, el valor total de los ingresos y de los egresos y los respectivos valores generados por ellos durante la vida útil del proyecto. A este efecto, se calcularon los valores necesarios a una tasa de descuento de 15%, suponiendo que el excedente, si lo hay, será reinvertido el próximo año del que fue generado y que los egresos no variarán durante la vida útil del proyecto.

Para obtener el valor presente de las cantidades monetarias contenidas en la tabla, se utiliza para el cálculo el factor de pago único valor actual,  $sppwf$  que es equivalente a  $1 / (1 + i)^n$  multiplicado por cada una de las cantidades mostradas para los ingresos y egresos.

**Tabla XXIII. Valores presentes de ingresos y gastos durante la vida útil del proyecto**

AÑO	INGRESOS (Q.)	EGRESOS (Q.)	VALOR PRESENTE INGRESOS (Q.)	VALOR PRESENTE EGRESOS (Q.)
1	158,910.00	158,264.48	138,182.61	137,621.29
2	159,555.52	158,264.48	120,646.90	119,670.68
3	160,201.04	158,264.48	105,334.78	104,061.46
4	160,846.56	158,264.48	91,964.54	90,488.23
5	161,492.08	158,264.48	80,290.10	78,685.42
6	162,137.60	158,264.48	70,096.56	68,422.10
7	162,783.12	158,264.48	61,196.20	59,497.48
8	163,428.64	158,264.48	53,425.11	51,736.94
9	164,074.16	158,264.48	46,640.12	44,988.64
10	164,719.68	158,264.48	40,716.19	39,120.56
<b>TOTAL</b>			<b>808,493.11</b>	<b>794,292.80</b>

**Fuente:** Cálculos de valor presente netos del proyecto con base en los ingresos y costos anuales del proyecto durante su vida útil, asumiendo una tasa de descuento de 15%.

La sumatoria de los valores presentes de los ingresos, asciende a la cantidad de Q.808, 493.11 y el valor presente de todos los egresos, asciende a Q.794, 292.80, durante los 10 años de vida útil del proyecto.

El cálculo del valor presente neto toma en cuenta todos los desembolsos y los ingresos generados por el proyecto durante su vida útil. Por lo tanto, es necesario tomar en cuenta la inversión inicial en el mismo, la cual deberá descontarse a los ingresos del proyecto. Así, el valor presente neto queda como sigue.

$$V.P.N. = Q.808, 493.11 - (Q.1, 493,734.80 + Q.794, 292.80) = -Q.1, 479,534.49$$

Un valor negativo en el cálculo del valor presente neto indica, según el criterio de aceptación, que el proyecto no resulta rentable. Esto es, si la inversión inicial desea recuperarse.

Sin embargo, la fuente de donde provendrán los recursos para la ejecución del proyecto tendrá el carácter de cooperación no reembolsable, dicho de otra manera, una donación o regalo obtenida por negociaciones de la Escuela de Mecánica Industrial ante la Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería con pretensión de obtener una asignación presupuestaria por parte de ésta última.

El cálculo del valor presente neto queda así:

$$VPN = Q.808, 493.11 - Q.794, 292.80 = Q.192, 968.12 = Q.14, 200.31$$

A una tasa de 15% de descuento como rendimiento del proyecto se obtiene un valor presente neto de Q.14, 200.31, que al resultar en una cantidad positiva será una inversión atractiva.

#### **5.4.1.2 Relación beneficio costo (B / C)**

Criterio que se utilizará para la evaluación del proyecto. Relación que permite evaluar la eficiencia de la utilización de los recursos de un proyecto y se obtiene al dividir la sumatoria de los beneficios, dentro de la sumatoria de los costos, que se espera que se generen con el proyecto. El resultado indica la utilidad o el rendimiento que se obtendrá por cada unidad monetaria que se invierta en el proyecto.

En definitiva, la relación beneficio costo, representa el beneficio que se obtendrá por cada quetzal invertido en el proyecto, y se considera aceptable una relación para la cual, el valor presente neto de los ingresos entre el de los egresos, sea igual o mayor a la unidad.

Como sucedió en el caso del cálculo del valor presente neto, la relación beneficio costo no sería aceptable, sí se tomara en cuenta la inversión inicial, pues a la tasa de descuento de 15%, queda de la siguiente manera:

$$B / C = \text{VPN Beneficios} / \text{VPN Costos}$$

$$B / C = \text{Q.}808,493.11 / (\text{Q.}794,292.80 + \text{Q.}1,493,734.80) = 0.3534$$

que al ser menor que 1 resulta rechazado el proyecto. No obstante, como ya se mencionó anteriormente, la inversión inicial será no reembolsable.

Así, a una tasa de descuento de 15% y con una vida útil de 10 años, la relación beneficio costo queda como sigue:

$$B / C = \text{VPN Beneficios} / \text{VPN Costos} = \text{Q.}808,493.11 / \text{Q.}794,292.80$$

$$B / C = 1.02$$

Con una relación B / C mayor que 1 el proyecto resulta atractivo para la inversión.

## **5.5 Evaluación económica social**

Como se mencionó antes, la medida de la eficiencia de los proyectos públicos es difícil de lograr, por lo que será necesario expresar la viabilidad, conveniencia y oportunidad del proyecto, bajo las condiciones que se contemplan para su realización.

### **5.5.1 Condiciones de desarrollo del proyecto**

En esta sección se describirá las condiciones sociales bajo las cuales se encuentra la comunidad estudiantil de la Facultad de Ingeniería así como las que se espera se logren con la implementación del proyecto.

#### **5.5.1.1 Panorama presente**

Actualmente, la Facultad de Ingeniería lleva a cabo sus labores didácticas con la ayuda de catedráticos particulares, que imparten sus conocimientos en clases magistrales. Los conocimientos teóricos son recibidos por los alumnos al asistir a cada una de las clases magistrales impartidas en los diversos cursos que se ha asignado. Sin embargo, no se cuenta con laboratorios tecnológicos en donde el alumno pueda experimentar cómo funcionan los conceptos recibidos en clase al ponerlos en práctica en una actividad experimental.

La función educadora de la Escuela de Mecánica Industrial, es entregar a la sociedad profesionales de alto nivel académico, con experiencia previa en el campo de trabajo dentro del cual pretende desenvolverse. Para aquellos que han laborado anteriormente en actividades relacionadas con su carrera, no existe problema en poner en práctica los conocimientos recibidos durante su estadía en la universidad. Sin embargo, las condiciones actuales de la economía del país y la falta de ofertas laborales que suplan las necesidades económicas de los estudiantes, hace que opten por fuentes de ingresos mejores, aún cuando éstas no tengan relación con su carrera profesional.

#### **5.5.1.2 Panorama del proyecto en perspectiva**

Con base en lo mencionado anteriormente, existe una necesidad latente de formar mejores y excelentes profesionales dentro de la Facultad de Ingeniería. Con la ejecución del proyecto, la Escuela de Mecánica Industrial proporcionará a sus alumnos un servicio académico de excelencia, al permitirle conocer y aplicar los conceptos recibidos en clase a una actividad industrial, proporcionando a la vez, el aprendizaje de un oficio y promoviendo una mejora educativa al entregar profesionales más capacitados a la sociedad guatemalteca.

Financieramente, el proyecto es rentable y además promueve la mejora de las condiciones económicas de las familias guatemaltecas, al egresar profesionales con experiencia en un oficio de alta demanda, elevando, al mismo tiempo, el nivel tecnológico de la Facultad de Ingeniería.

### **5.5.1.3 Panorama del proyecto sensibilizado**

El objetivo de un análisis de sensibilidad, es incorporar el factor riesgo a los resultados pronosticados del proyecto, que permite medir cuan sensible es la evaluación realizada a variaciones, de uno o más parámetros decisorios del proyecto, o de las variables relevantes del mismo, y, revela el efecto que, sobre la rentabilidad, tiene las variaciones en los pronósticos de las variables.

Existe la posibilidad de que, durante la etapa de operación de un proyecto, las condiciones previstas se modifiquen, por razones que están fuera del alcance del proyecto. Estas condiciones pueden generar variaciones en las estimaciones iniciales de los parámetros definidos para el proyecto, por lo que su análisis se hace necesario a fin de garantizar que el proyecto pueda seguir operando de manera normal.

El análisis de las condiciones cambiantes del proyecto se utilizará, para observar la sensibilidad del mismo, bajo condiciones variables. Los resultados obtenidos con la sensibilización del proyecto se observan en el apéndice 4.

#### **5.5.1.3.1 Valor presente neto sensibilizado**

Se asumirá, para sensibilizar el proyecto, que los excedentes generados anualmente por el proyecto no serán reinvertidos en ninguna alternativa, incluso dentro del mismo proyecto. En la siguiente tabla se muestran los resultados en los cambios de los valores monetarios, en cada uno de los años de vida del proyecto, a una tasa de descuento de 15%.

**Tabla XXIV. Valores presentes de ingresos y gastos sensibilizados durante la vida útil del proyecto**

AÑO	INGRESOS (Q.)	EGRESOS (Q.)	VALOR PRESENTE INGRESOS (Q.)	VALOR PRESENTE EGRESOS (Q.)
1	158,910.00	158,264.48	138,182.61	137,621.29
2	158,910.00	158,264.48	120,158.79	119,670.68
3	158,910.00	158,264.48	104,485.90	104,061.46
4	158,910.00	158,264.48	90,857.31	90,488.23
5	158,910.00	158,264.48	79,006.35	78,685.42
6	158,910.00	158,264.48	68,701.18	68,422.10
7	158,910.00	158,264.48	59,740.16	59,497.48
8	158,910.00	158,264.48	51,947.96	51,736.94
9	158,910.00	158,264.48	45,172.14	44,988.64
10	158,910.00	158,264.48	39,280.12	39,120.56
<b>TOTAL</b>			<b>797,532.52</b>	<b>794,292.80</b>

Fuente: Cálculos de valor presente netos del proyecto sensibilizado con base en los ingresos y costos anuales del proyecto durante su vida útil, asumiendo una tasa de descuento de 15%.

En este caso, el valor presente neto daría un resultado de:

$$\text{VPN.} = \text{Q.}797, 532.52 - \text{Q.}794, 292.80 = \text{Q.}3, 239.72$$

El criterio señala aceptar un proyecto cuyo VPN sea positivo. En caso de no reinvertir en ninguna actividad los excedentes generados cada año, sigue siendo aconsejable la inversión en el proyecto. Esto es, asumiendo que la inversión inicial no será reembolsable.

#### **5.5.1.3.2 Relación beneficio costo sensibilizada**

Los cambios en los valores presentados anteriormente, generan un cambio en el resultado de la relación beneficio costo para el proyecto. Es necesario estimar este resultado, a fin de definir si la inversión en el proyecto es aconsejable, de tal modo que los ingresos cubran los costos generados por el funcionamiento del mismo, tomando en cuenta que la inversión inicial será no reembolsable.

La relación B / C, con los cambios correspondientes, en los valores presentes netos generados al final de la vida del proyecto, quedaría como sigue.

$$B / C = \text{VPN Beneficios} / \text{VPN Costos} = \text{Q. } 797, 532.52 / \text{Q. } 794, 292.80$$

$$B / C = 1.00$$

En tal caso, los ingresos cubren exactamente los costos generados por el proyecto por lo que la rentabilidad del proyecto se aconseja bajo los cambios mencionados.

### **5.6 Valor social de la implementación del proyecto**

Como alternativa de inversión, la implementación de una fábrica industrial de panificación dentro de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos, proporciona a los estudiantes la posibilidad de obtener la experiencia y habilidad relacionada con la práctica de un oficio; mientras tanto, para la Facultad de Ingeniería, representa elevar el nivel tecnológico y académico ofrecido a la población en general del país.

La sociedad guatemalteca se verá beneficiada al poder contar con ingenieros mejor preparados y con conocimientos tecnológicos mayores a los que ofrece actualmente la Facultad de Ingeniería. Además, el desarrollo de este proyecto, permite al estudiante conocer una actividad artesanal y al mismo tiempo la posibilidad de poder desarrollar mayor experiencia laborando en ésta área productiva del sector laboral. Consecuentemente, el nivel de vida familiar de los estudiantes egresados de la Facultad de Ingeniería podrá tener una considerable mejora, en relación con las expectativas de vida actual que pueden ofrecer los profesionales egresados de ésta facultad.

Las familias podrán incorporarse al sector productivo del país aumentando el índice la población económicamente activa, mejorando, así, la situación económica actual de las sociedades de las cuales forman parte. Un aumento en las fuentes de ingresos y de trabajo ofrecidas a la sociedad son también beneficios ofrecidos al implementar el proyecto.

Económicamente, para la sociedad, es mejor invertir un quetzal hoy en la implementación del proyecto a fin de obtener los beneficios mencionados y no perder la oportunidad que el empleo de las unidades monetarias representa para las generaciones futuras del país.

## **CONCLUSIONES**

1. La implementación de una fábrica industrial de panificación dentro de la Facultad de Ingeniería será posible gracias al desembolso realizado por la Universidad de San Carlos, liberando para ello el monto correspondiente a la inversión inicial en el proyecto y el cual tendrá el carácter de donativo, por lo cual se considera no reembolsable, que, como sucede en todo proyecto social, generaría costos elevados en comparación con los ingresos obtenidos.
2. Como resultado del análisis de los estudios realizados se establece que, la implementación de una fábrica industrial de panificación en la Facultad de Ingeniería es factible, pues la decisión se basa en información confiable y actualizada y los criterios económicos son aceptables bajo las condiciones actuales de la economía del país garantizando el autosostenimiento operativo de la misma permitiendo a los estudiantes, por primera vez, llevar a la práctica los conocimientos recibidos en clase magistral.
3. Actualmente, en el medio guatemalteco, el proceso de producción se lleva a cabo usando técnicas rudimentarias y manuales, principalmente. Sin embargo, dentro de la fábrica industrial propuesta, además de utilizar estos procedimientos se utilizarán también tecnologías de producción más avanzadas, haciendo uso para ello de maquinarias y equipos modernos y mejorando los procesos actuales de producción de pan.

4. El proceso de producción se llevará a cabo dentro de la fábrica industrial con la ayuda de dos panaderos contratados para impartir los laboratorios a los estudiantes asistentes a cada práctica. La guía y supervisión de los panaderos permitirá a los estudiantes completar las prácticas exitosamente garantizando la elaboración de un producto de alta calidad que permita generar ingresos a través de su posterior venta al consumidor.
5. El ciclo de vida para el cual se analizó el proyecto es de 10 años. Los días de producción serán los lunes, miércoles y viernes en horario de 14:00 a 18:00 horas, cada día. Se atenderá cuatro turnos diarios, cada uno conformado por cinco grupos de trabajo y cada grupo de trabajo conformado por cinco estudiantes. La asistencia por estudiante será tres veces por semestre a la fábrica industrial. La mínima producción anual será 89,100 unidades y la máxima 132,000 unidades. Cada unidad será vendida a Q.0.10 y se presentará para la venta en bolsas plásticas con veinte unidades surtidas cada una, obteniendo Q.2.00 por cada bolsa vendida.
6. La implementación del proyecto beneficiará alrededor de 1,000 estudiantes por año. Así mismo, las familias de cada uno de los estudiantes asistentes a la fábrica industrial se beneficiarán al contar con una opción adicional de ingresos y de trabajo. En consecuencia, el sector productivo de la sociedad guatemalteca podrá beneficiarse al contar con profesionales egresados con un mayor nivel académico y con experiencia en un oficio artesanal, permitiendo elevar el índice de la población económicamente activa y elevando el nivel de vida de las comunidades dentro de las cuales se desarrollen los estudiantes.

## RECOMENDACIONES

1. Tomar en cuenta dentro de la partida de gastos de la Facultad de Ingeniería el presente proyecto y que, en la brevedad posible, sea llevado a cabo elevando el nivel académico y tecnológico de la misma, al entregar a la sociedad profesionales mejor capacitados.
2. La evaluación de los desembolsos necesarios para la implementación del proyecto deberán ser analizados, al momento de tomar la decisión de invertir en él, debido a los cambios que pueda haber sufrido la economía del país.
3. Cualquier cambio en la tecnología o condiciones acostumbradas de trabajo dentro de la fábrica industrial se deberá realizar con el mayor cuidado garantizando la mejora continua de la fábrica industrial.
4. Realizar evaluaciones periódicas de las actividades, flujos de caja, procedimientos y cualesquiera otros indicadores de eficiencia dentro de la fábrica industrial con el fin de mantener el adecuado funcionamiento de la fábrica industrial.
5. Involucrar a los estudiantes en cualquier decisión de cambio o mejoramiento realizado dentro de la fábrica industrial y conformar grupos de trabajo para el desarrollo de ideas y metodologías que garanticen proporcionar un servicio de calidad a los estudiantes asistentes, nuevas y mejoradas técnicas de aprendizaje y un producto altamente competitivo que satisfaga la demanda del consumidor.

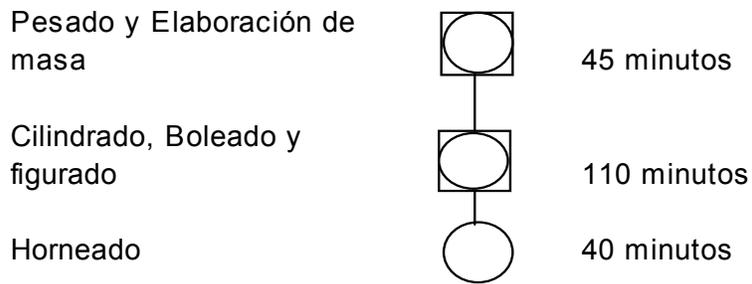
## BIBLIOGRAFÍA

1. Baca Urbina, Gabriel. **Evaluación de proyectos.** 3<sup>a</sup>. ed. México: McGraw-Hill, 2000. 383 pp.
2. Instituto Nacional Técnico de Capacitación y Productividad. **Manual de panificación.** Guatemala: s.e., 1976. 150 pp.
3. Konz, Stephan. **Diseño de instalaciones industriales.** México: Editorial Limusa, 1991. 405 pp.
4. Pelaez Gramajo, Edgar Rodolfo. Diseño de edificios industriales para plantas tipo taller. Tesis Ing. Ind. Guatemala, universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1972. 96pp.
5. Quaglia, Giovanni. **Ciencia y tecnología de la panificación.** España: Editorial Acribia, 1991. 485 pp.
6. Samuels M., Sydney Alexander. **Preparación y evaluación de proyectos.** Guatemala: s.e., 1999. 72 pp.
7. Sapag Chain, Nassir y Reinaldo Sapag Chain. **Preparación y evaluación de proyectos.** 2<sup>a</sup>. ed. Colombia: McGraw-Hill, 1989. 390 pp.
8. Secretaría General de Planificación y Programación de la Presidencia. **Manual de formulación y evaluación de proyectos. Módulo II.** Guatemala: s.e., 2002. 41 pp.
9. Schroeder, Roger G. **Administración de operaciones.** 3<sup>a</sup>. ed. México: McGraw-Hill, 1992. 855 pp.

## APÉNDICE 1. DIAGRAMAS DEL PROCESO DE PANIFICACIÓN

**Figura 2. Diagrama del proceso de operaciones de la producción de pan francés**

Fábrica: Panadería artesanal Método: Actual  
 Tipo de Diagrama: Hombre \_\_ Materia Prima X  
 Realizado por: Ingeniero Paolo Gramajo Fecha: marzo 2,002



**Figura 3. Cuadro resumen diagrama del proceso de operaciones de la producción de pan francés**

Fábrica: Panadería artesanal Método: Actual  
 Tipo de Diagrama: Hombre \_\_ Materia Prima X  
 Realizado por: Ingeniero Paolo Gramajo Fecha: marzo 2,002

SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN	NÚMERO DE ACTIVIDADES	TIEMPO (minutos)
	Cambio o modificación en la materia prima durante el proceso	2	45
	Combinación de operaciones durante el proceso	1	150
<b>TOTAL</b>			<b>195</b>

**Figura 4. Diagrama del proceso de flujo de las operaciones de la producción de pan francés**

Fábrica: Panadería artesanal

Método: Actual

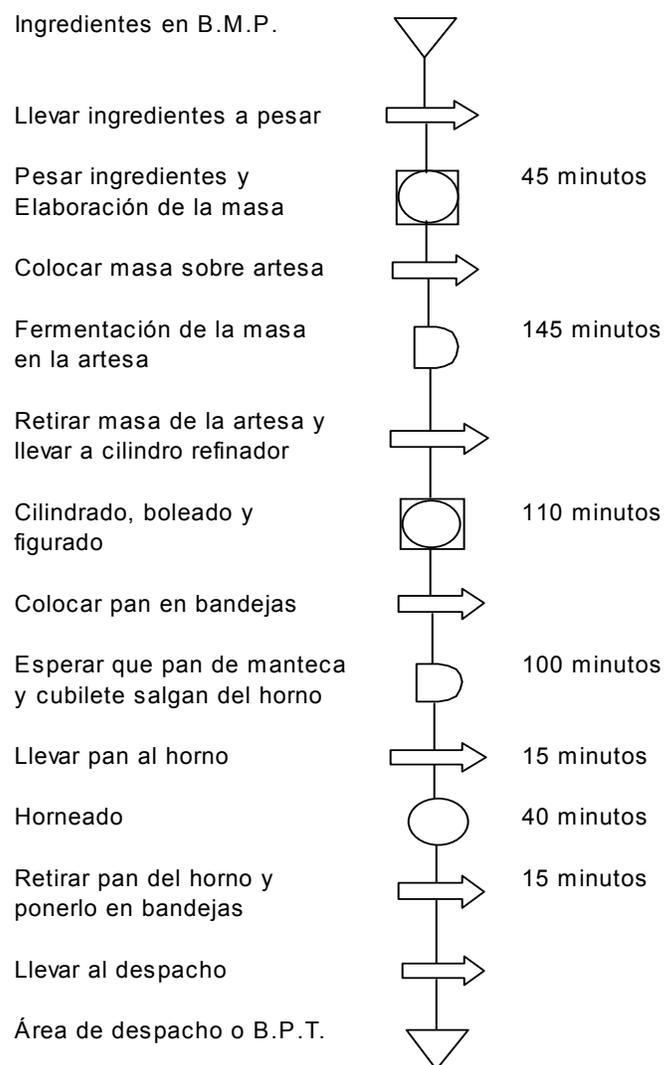
Tipo de Diagrama: Hombre \_\_ Materia Prima X

Inicia en: Bodega de Materia Prima

Finaliza en: Bodega de Producto Terminado

Realizado por: Ingeniero Paolo Gramajo

Fecha: marzo 2,002



**Figura 5. Cuadro resumen diagrama del proceso de flujo de las operaciones de la producción de pan francés**

Fábrica: Panadería artesanal

Método: Actual

Tipo de Diagrama: Hombre \_\_ Materia Prima X

Inicia en: Bodega de Materia Prima

Finaliza en: Bodega de Producto Terminado

Realizado por: Ingeniero Paolo Gramajo

Fecha: marzo 2,002

SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN	NÚMERO DE ACTIVIDADES	TIEMPO (minutos)
	Cambio o modificación en la materia prima durante el proceso	1	40
	Combinación de operaciones durante el proceso	2	155
	Transporte de producto a otra ubicación	6	30
	Demoras o esperas	2	245
	Almacenaje de materia prima o del producto	2	
TOTAL			470

**Figura 6. Diagrama del proceso de operaciones de la producción de pan manteca**

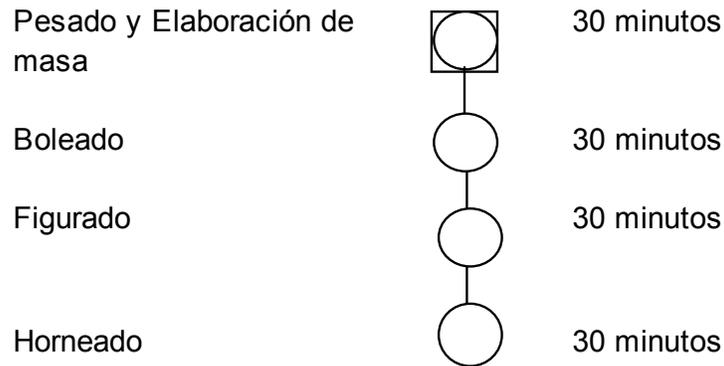
Fábrica: Panadería artesanal

Método: Actual

Tipo de Diagrama: Hombre \_\_ Materia Prima X

Realizado por: Ingeniero Paolo Gramajo

Fecha: marzo 2,002



**Figura 7. Cuadro resumen diagrama del proceso de operaciones de la producción de pan de manteca**

Fábrica: Panadería artesanal

Método: Actual

Asunto: Resumen de las operaciones realizadas en la fabricación de pan de manteca en la mayoría de panaderías artesanales de nuestro medio

Tipo de Diagrama: Hombre \_\_ Materia Prima X

Realizado por: Ingeniero Paolo Gramajo

Fecha: marzo 2,002

SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN	NÚMERO DE ACTIVIDADES	TIEMPO (minutos)
	Cambio o modificación en la materia prima durante el proceso	3	90
	Combinación de operaciones durante el proceso	1	30
TOTAL			120

**Figura 8. Diagrama del proceso de flujo de las operaciones de la producción de pan de manteca**

Fábrica: Panadería artesanal

Método: Actual

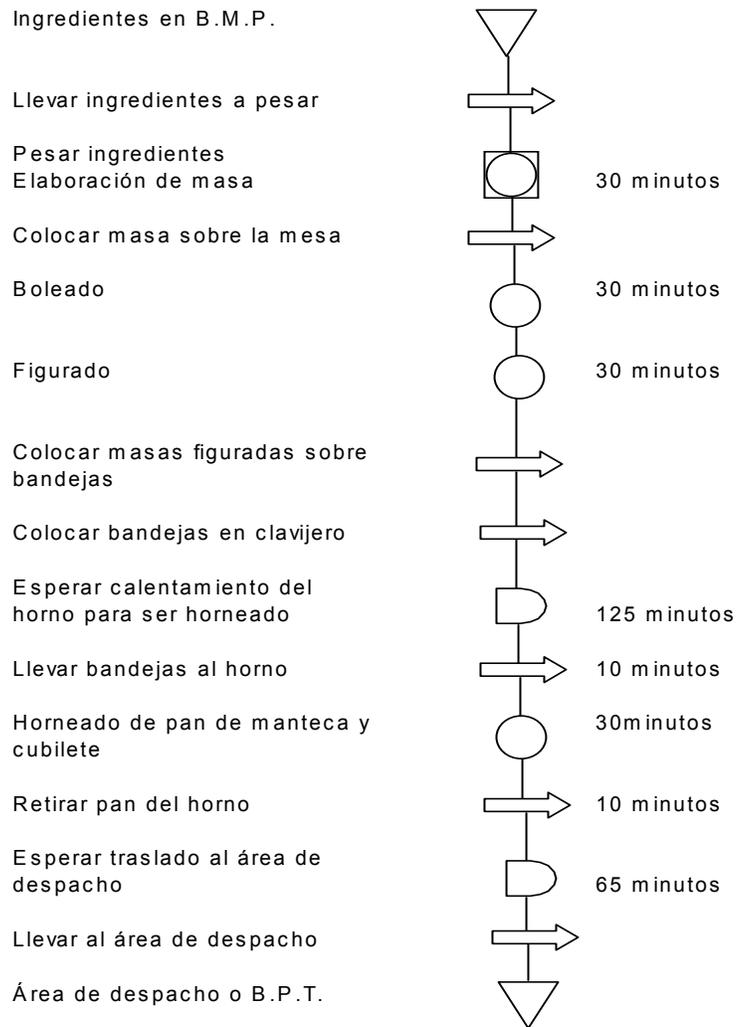
Tipo de Diagrama: Hombre \_\_ Materia Prima X

Inicia en: Bodega de Materia Prima

Finaliza en: Bodega de Producto Terminado

Realizado por: Ingeniero Paolo Gramajo

Fecha: marzo 2,002



**Figura 9. Cuadro resumen diagrama del proceso de flujo de las operaciones de la producción de pan de manteca**

Fábrica: Panadería artesanal

Método: Actual

Tipo de Diagrama: Hombre \_\_ Materia Prima X

Inicia en: Bodega de Materia Prima

Finaliza en: Bodega de Producto Terminado

Realizado por: Ingeniero Paolo Gramajo

Fecha: marzo 2,002

SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN	NÚMERO DE ACTIVIDADES	TIEMPO (minutos)
	Cambio o modificación en la materia prima durante el proceso	3	90
	Combinación de operaciones durante el proceso	1	30
	Transporte de producto a otra ubicación	7	20
	Demoras o esperas	2	190
	Almacenaje de materia prima o del producto	2	
<b>TOTAL</b>			<b>330</b>

**Figura 10. Diagrama del proceso de operaciones de la producción de pan tostado y desabrido**

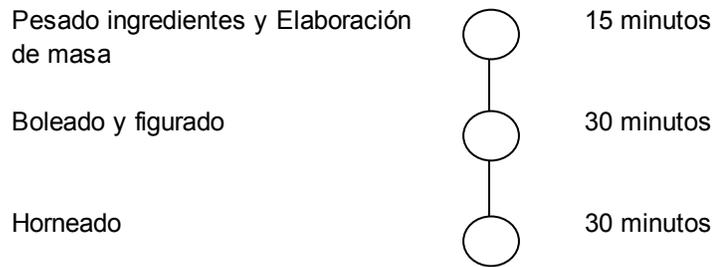
Fábrica: Panadería artesanal

Método: Actual

Tipo de Diagrama: Hombre \_\_ Materia Prima X

Realizado por: Ingeniero Paolo Gramajo

Fecha: marzo 2,002



**Figura 11. Cuadro resumen diagrama del proceso de operaciones de la producción de pan tostado y desabrido**

Fábrica: Panadería artesanal

Método: Actual

Tipo de Diagrama: Hombre \_\_ Materia Prima X

Realizado por: Ingeniero Paolo Gramajo

Fecha: marzo 2,002

SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN	NÚMERO DE ACTIVIDADES	TIEMPO (minutos)
	Cambio o modificación en la materia prima durante el proceso	3	90
	Combinación de operaciones durante el proceso	1	30
TOTAL			120

### Figura 12. Diagrama del proceso de flujo de las operaciones de la producción de pan tostado y desabrido

Fábrica: Panadería artesanal

Método: Actual

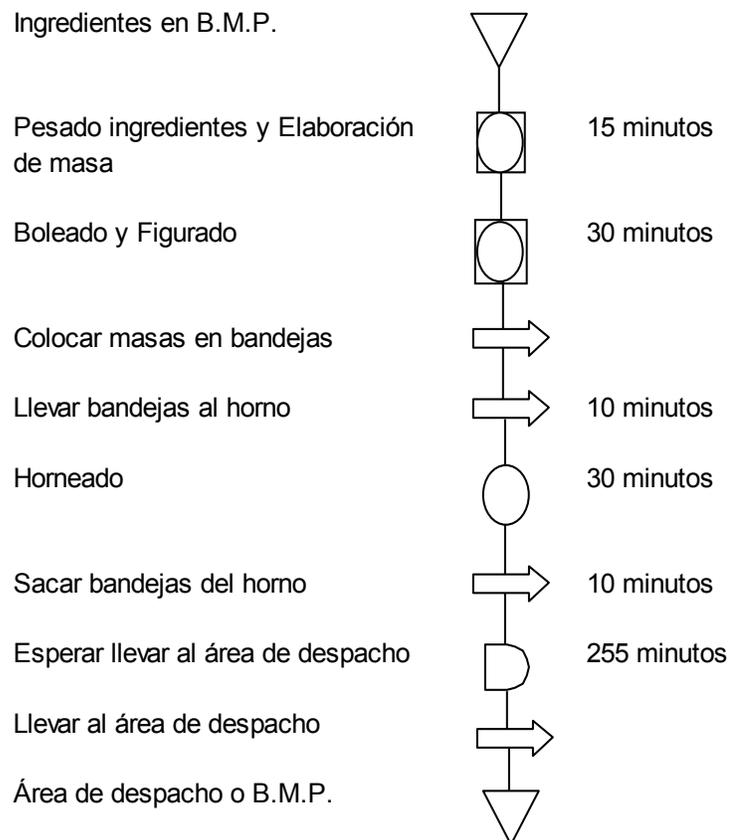
Tipo de Diagrama: Hombre \_\_ Materia Prima X

Inicia en: Bodega de Materia Prima

Finaliza en: Bodega de Producto Terminado

Realizado por: Ingeniero Paolo Gramajo

Fecha: marzo 2,002



**Figura 13. Cuadro resumen diagrama del proceso de flujo de las operaciones de la producción de pan tostado y desabrido**

Fábrica: Panadería artesanal

Método: Actual

Tipo de Diagrama: Hombre \_\_ Materia Prima X

Inicia en: Bodega de Materia Prima

Finaliza en: Bodega de Producto Terminado

Realizado por: Ingeniero Paolo Gramajo

Fecha: marzo 2,002

SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN	NÚMERO DE ACTIVIDADES	TIEMPO (minutos)
	Cambio o modificación en la materia prima durante el proceso	1	30
	Combinación de operaciones durante el proceso	2	45
	Transporte de producto a otra ubicación	7	20
	Demoras o esperas	1	255
	Almacenaje de materia prima o del producto	2	
TOTAL			350

**Figura 14. Diagrama del proceso de operaciones de la producción de pan en la fábrica industrial**

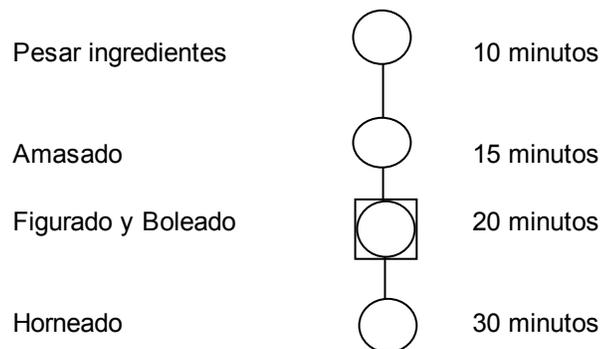
Fábrica: Laboratorio

Método: Propuesto

Tipo de Diagrama: Hombre  Materia Prima

Realizado por: Ingeniero Paolo Gramajo

Fecha: marzo 2,002



**Figura 15. Cuadro resumen diagrama del proceso de operaciones de la producción de pan en la fábrica industrial**

Fábrica: Laboratorio

Método: Propuesto

Tipo de Diagrama: Hombre  Materia Prima

Realizado por: Ingeniero Paolo Gramajo

Fecha: marzo 2,002

SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN	NÚMERO DE ACTIVIDADES	TIEMPO (minutos)
	Cambio o modificación en la materia prima durante el proceso	3	55
	Combinación de operaciones durante el proceso	1	20
TOTAL			75

**Figura 16. Diagrama del proceso de flujo de las operaciones de la producción de pan en la fábrica industrial**

Fábrica: Laboratorio

Método: Propuesto

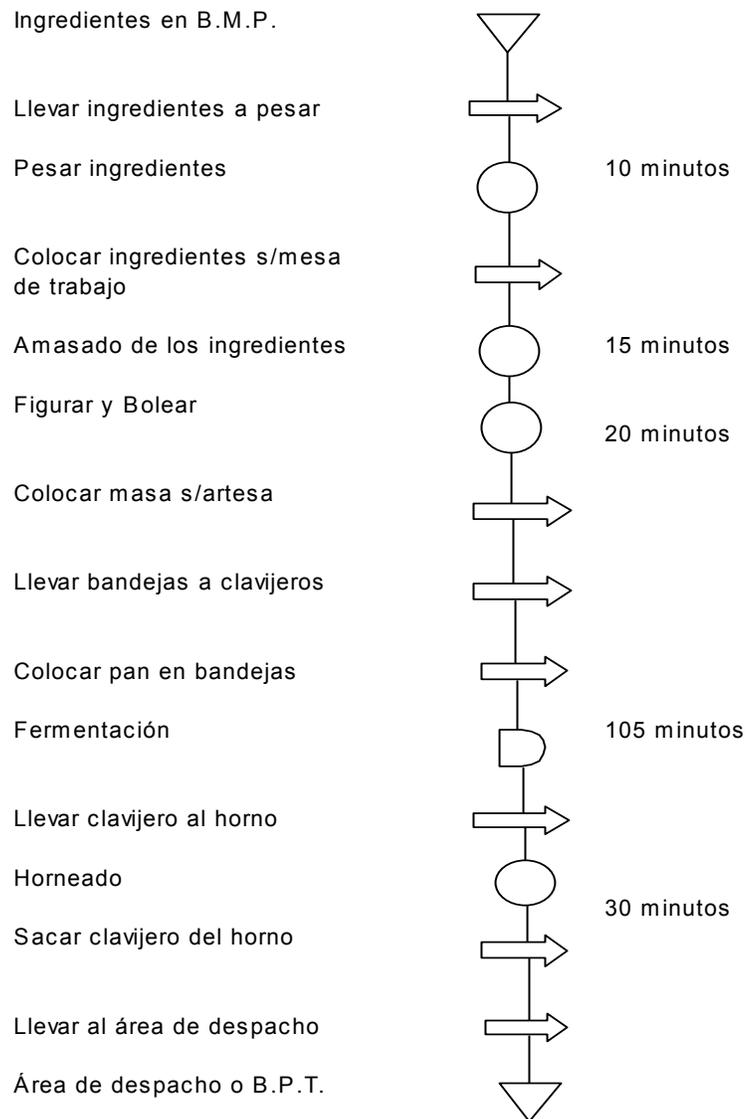
Tipo de Diagrama: Hombre \_\_ Materia Prima X

Inicia en: Bodega de Materia Prima

Finaliza en: Bodega de Producto Terminado

Realizado por: Ingeniero Paolo Gramajo

Fecha: marzo 2,002



**Figura 17. Cuadro resumen diagrama del proceso de flujo de las operaciones de la producción de pan en la fábrica industrial**

Fábrica: Laboratorio

Método: Propuesto

Tipo de Diagrama: Hombre \_\_ Materia Prima X

Inicia en: Bodega de Materia Prima

Finaliza en: Bodega de Producto Terminado

Realizado por: Ingeniero Paolo Gramajo

Fecha: marzo 2,002

SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN	NÚMERO DE ACTIVIDADES	TIEMPO (minutos)
	Cambio o modificación en la materia prima durante el proceso	3	55
	Combinación de operaciones durante el proceso	1	20
	Transporte de producto a otra ubicación	5	
	Demoras o esperas	1	105
	Almacenaje de materia prima o del producto	2	
TOTAL			180

## APÉNDICE 2. DIAGRAMA DE CORRELACIÓN, DE HILOS Y DE DISTRIBUCIÓN EN PLANTA DE LA FÁBRICA INDUSTRIAL

**Figura 18. Diagrama de correlación de la fábrica industrial**

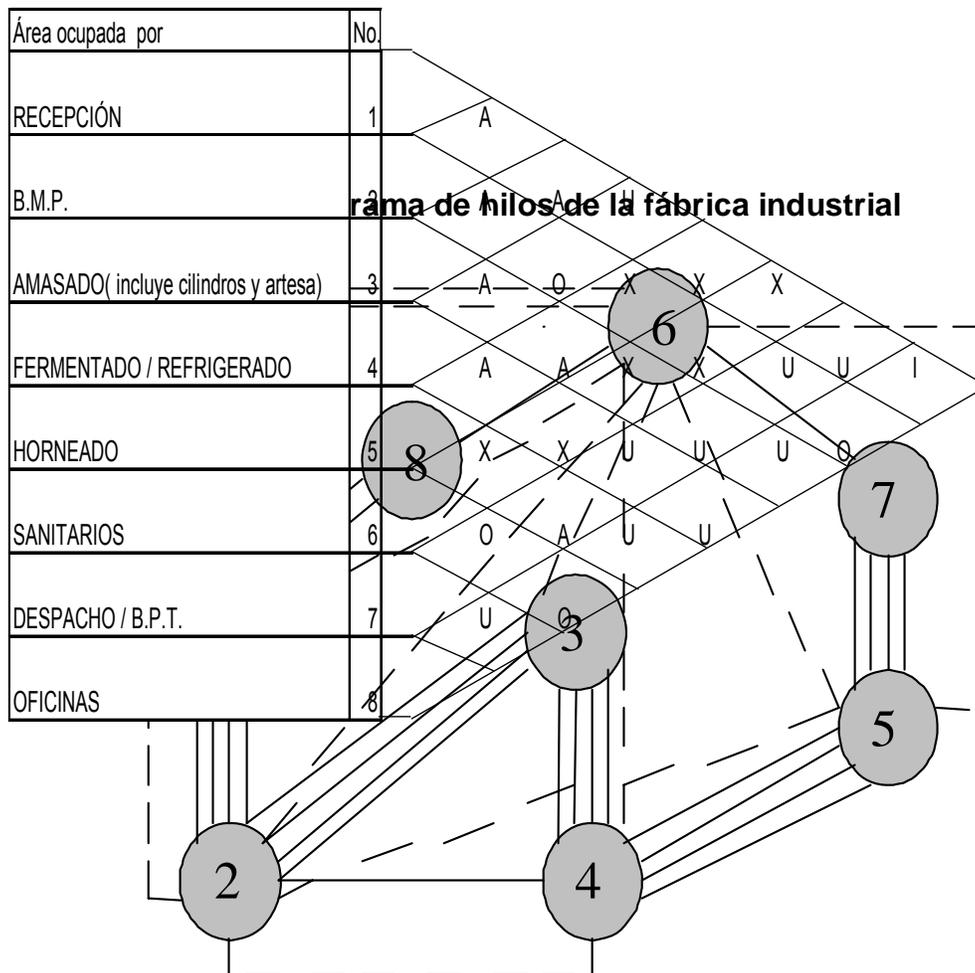


Figura 20. Distribución primer nivel de la fábrica industrial

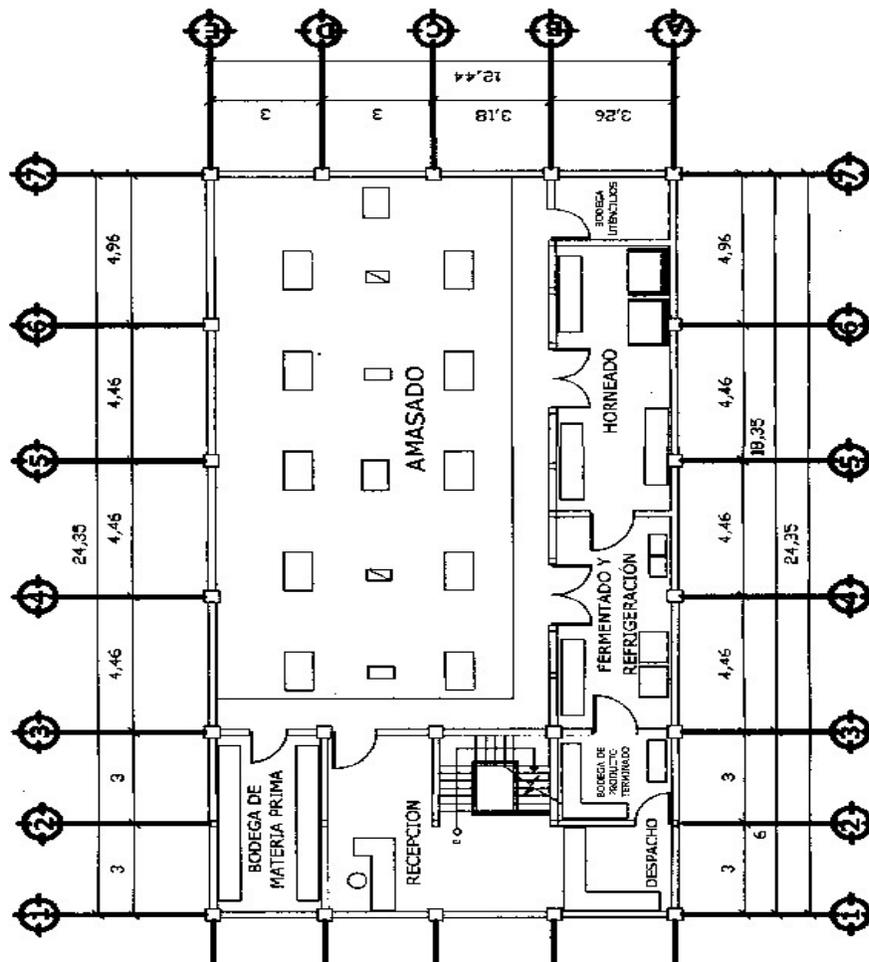
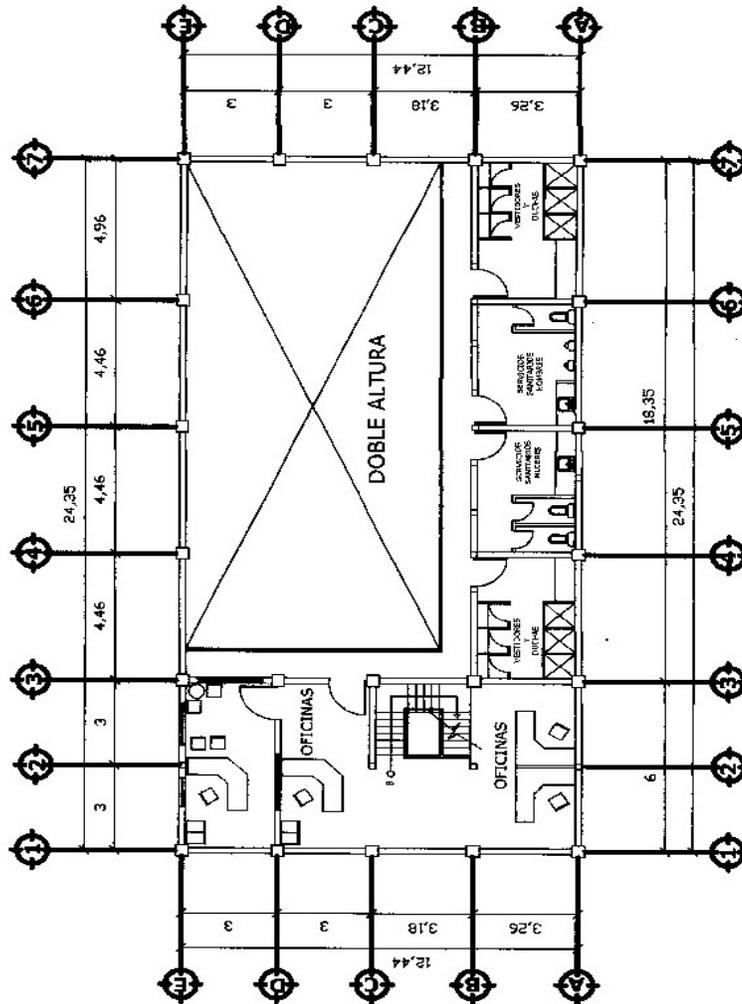






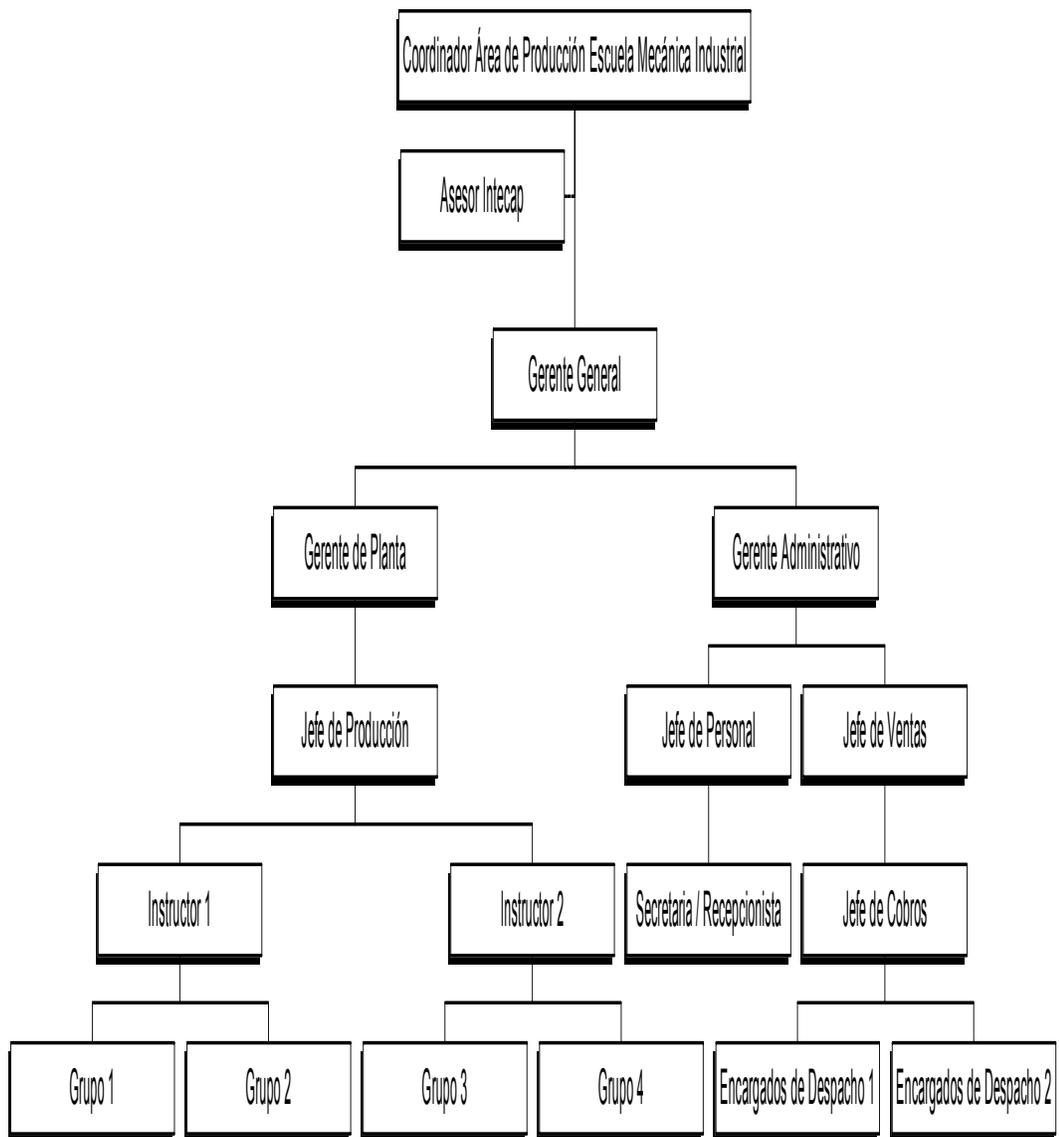
Figura 23. Distribución segundo nivel de la fábrica industrial





### APÉNDICE 3. ORGANIGRAMA PROPUESTO PARA LA FÁBRICA INDUSTRIAL

Figura 25. Organigrama del área de producción de la planta





## **ANEXO 1. FUNCIONES BÁSICAS DEL DEPARTAMENTO DE DISEÑO, URBANIZACIÓN Y CONSTRUCCIONES**

1. Proveer de soluciones técnicas a los problemas planteados por las distintas unidades académicas y administrativas de la universidad.
2. Dar asesoría técnica en el campo de la arquitectura e ingeniería a las diferentes unidades académicas y administrativas de la universidad.
3. Organizar, administrar y ejecutar los programas de inversión, de la universidad de San Carlos de Guatemala, en los programas de construcción, restauración, reparaciones, remodelaciones, instalaciones y urbanización.
4. Elaboración de proyectos de arquitectura o ingeniería en sus fases de:
  - Estudio preliminar (según el caso)
  - Elaboración de dictámenes técnicos
  - Elaboración de anteproyectos
  - Elaboración de proyectos que incluyen:
    - a) Planos
    - b) Cálculo estructural
    - c) Cálculo de instalaciones
    - d) Especificaciones técnicas
    - e) Cuadros de trabajo
    - f) Presupuesto
5. Supervisión de proyectos por contrato y administración, administración de proyectos constructivos y compra de materiales de construcción.

6. Actividades administrativas propias del Departamento de Diseño, Urbanización y Construcciones:
  - a) Elaboración, ejecución y control de presupuesto de funcionamiento asignado al departamento.
  - b) Elaboración de documentos administrativos del departamento:
    - b.1) Certificaciones de pago a contratistas
    - b.2) Elaboración de cronogramas de avance físico-financiero de obra
    - b.3) Actas de las diferentes obras a cargo del departamento
    - b.4) Memoria anual de labores
    - b.5) Notas diversas
    - b.6) Especificaciones técnicas
    - b.7) Bases de contratación
    - b.8) Términos de contratación.

