

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
Facultad de Ingeniería

## PLANEAMIENTO FABRIL EN GUATEMALA

### TESIS

Presentada  
a la  
Junta Directiva  
de la  
Facultad de Ingeniería  
de la  
Universidad de San Carlos de Guatemala  
por

**JUAN ENRIQUE REY ROSA QUIROZ**

al conferirsele el Título de  
INGENIERO CIVIL

BIBLIOTECA CENTRAL-USAC  
DEPOSITO LEGA'  
PROHIBIDO EL PRESTAMO EXTERNO



Guatemala, Junio de 1968.

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

Biblioteca Central

DL  
08  
T(5)

*JUNTA DIRECTIVA  
DE LA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
DE LA  
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA*

Decano .....	Ing.	Amando Vides Tobar
Vocal 1o. ....	Ing.	Otto Ernesto Becker M.
Vocal 2o. ....	Ing.	Francisco Ubieto Bedoya
Vocal 3o. ....	Ing.	Leonel Pinot Leiva
Vocal 4o. ....	Br.	Rolando Llovera
Vocal 5o. ....	Br.	Víctor Hugo González
Secretario .....	Ing.	José A. Massanet T.

*TRIBUNAL QUE PRACTICO EL EXAMEN  
GENERAL PRIVADO*

Decano .....	Ing.	Enrique Godoy S.
Secretario .....	Ing.	Rodolfo González M.
Vocal 2o. ....	Ing.	Emilio Beltranena M.
Examinador .....	Ing.	Enrique Azmitia
Examinador .....	Ing.	Otto Ernesto Becker M.

*HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR*

De acuerdo con lo establecido por la Ley de la Universidad de San Carlos, tengo el honor de someter a vuestra consideración, mi trabajo de Tesis titulado:

*PLANEAMIENTO FABRIL EN GUATEMALA*

tema que me fuera asignado por la Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería.

En este Acto de Graduación tan trascendental en que culmina la Carrera de Ingeniería, quiero hacer patente mi agradecimiento a las personas que en una u otra forma me han estimulado y asistido en mi vida de estudiante.

*D E D I C O   E S T E   A C T O :*

*A mi Madre y mi Padre*

*A mi Esposa y mis Hijos*

*A mis Hermanos Mario y Arcely*

*A mis Profesores*

**TESIS DE REFERENCIA**  
**NO**  
**SE PUEDE SACAR DE LA BIBLIOTECA**  
**BIBLIOTECA CENTRAL - USAC.**

## INDICE

### CAPITULO I

#### INTRODUCCION

Definición

Propósitos

Contribución de la Universidad de San Carlos al Desarrollo Industrial

Programa de especialización en Ingeniería Industrial

Carrera de Ingeniería Mecánica-Electricista

### CAPITULO II

#### BASES PARA LA LOCALIZACION DE LA PLANTA

Generalidades

Transporte de la materia prima y del producto elaborado

Mano de obra

Energía eléctrica

El agua

Impuestos fiscales

Clima

Determinación definitiva del lugar

### CAPITULO III

#### EDIFICIOS PARA LA INDUSTRIA

Localización del terreno

Análisis del terreno

Métodos de análisis preliminares

Perforaciones profundas

Prueba de carga de los suelos

Dimensión del terreno con relación al edificio

Edificio de una sola planta o de varias plantas

Iluminación en la fábrica

Iluminación natural

Iluminación con ventanas laterales

Iluminación con **ventanas laterales** y monitor

Clasificación  
Iluminación artificial  
Espaciamiento de las lámparas  
Tipos de lámpara  
Cálculo de la iluminación  
Ventilación  
Ventilación mecánica  
Techos  
Armaduras de madera  
Ventilación natural  
Sistema de cálculo  
Armaduras de acero  
Cubiertas de concreto  
Pisos  
Acabados de los pisos  
Tipo de paredes de los edificios industriales  
Paredes de ladrillo de barro cocido  
Paredes de block de poma y de concreto  
Paredes de concreto

CONCLUSIONES

BIBLIOGRAFIA

## CAPITULO I

# INTRODUCCION

### *DEFINICION:*

La fábrica o planta fabril es la construcción o grupo de construcciones que albergan el equipo o maquinaria cuyo objeto es el de transformar o modificar la materia prima en producto con los métodos adecuados, para llenar una necesidad del mercado, además de proporcionar una fuente de trabajo digna y una remuneración justa a los operarios y personal que en ella trabajan.

### *PROPOSITOS:*

Es sabido que en la localización y planeamiento de algunas fábricas de Guatemala, se ha cometido graves errores por haberse hecho empíricamente, sin estudiar los factores más importantes que hay que tomar en cuenta, ni menos, hacer un balance de los mismos para tomar una buena determinación. Este pequeño trabajo no pretende dar reglas fijas que puedan resolver cualquier problema, sino servir de guía al Industrial o Ingeniero para seguir un orden en el enfoque de los aspectos que se presentan. Las alternativas que se pueden escoger merecen ser objeto de detenido estudio, pues son tan variadas como el proceso de fabricación de cada producto y sus condiciones locales.

En Guatemala hay una escasa absorción de Ingenieros Industriales dentro de la Industria, en algunos casos porque los dueños de las fábricas son a la vez sus directores, en otros, porque las limitaciones económicas de las pequeñas empresas no permiten cubrir los gastos de un Ingeniero de tiempo completo. En todo caso, se recomienda la asesoría del Ingeniero desde el momento en que se inicie el planeamiento de una Industria. La economía en los costos de operación pagará con creces sus honorarios.

la Facultad de Ingeniería crea el Programa de Especialización en Ingeniería Industrial para graduados y la carrera de Ingeniero Mecánico Electricista.

### EXPORTACIONES DEL COMERCIO INTRACENTROAMERICANO

En millones \$CA

Año	Total	Año	Total
1952	10.8	1959	28.7
1953	11.9	1960	32.7
1954	14.0	1961	36.8
1955	13.1	1962	50.8
1956	13.7	1963	72.1
1957	16.9	1964	106.4
1958	21.1	1965	135.4

El Peso Centroamericano (\$CA) es equivalente a un Dólar de los Estados Unidos de América.

Fuente: SIECA.

Importaciones y exportaciones de cada país al resto de C. A. en 1965 en millones de \$CA.

País	Exportación	Importación	Saldo
Guatemala	38.3	31.2	+7.1
El Salvador	45.9	42.4	+3.5
Honduras	22.2	25.5	-3.3
Nicaragua	9.9	21.6	-11.7
Costa Rica	19.1	14.7	+4.4

#### *Programa de Especialización en Ingeniería Industrial:*

El objeto de este programa es de preparar a corto plazo a los profesionales, especialmente Ingenieros, para ocupar puestos de alto nivel en la Industria. La fuerte competencia de mercados y un nivel mínimo de calidad requerido en los productos exigen que las plantas trabajen técnicamente. Este programa de un año de duración que se inició por primera vez en Enero de 1967 permite que técnicos egresados, ya estén al servicio de nuestra Industria y de Centro América, actualmente.

**Carrera de Ingeniería Mecánica Electricista:**

Previendo la demanda de técnicos que habrá en esta rama en un próximo futuro, a principios de este año se inició la carrera de Ingeniería Mecánica Electricista.

Considerando la dimensión y capacidad económica de la pequeña y mediana Industria en nuestro medio, se contempló la unión de las dos ramas, es decir, la Mecánica y Electricidad en una sola carrera.

Año	Total	Año	Total
1965	31.1	1965	30.7
1967	16.9	1966	32.7
1968	13.7	1967	36.8
1969	12.1	1968	30.8
1970	12.7	1969	27.1
1971	10.9	1970	10.4
1972	21.1	1971	10.4

El Peso Centroamericano (CCA) es equivalente a un Dólar de los Estados Unidos de América.

Fuente: SIECA.

Importaciones y exportaciones de cada país al resto de C. A. en 1965 en millones de CCA.

País	Exportación	Importación	Saldo
Guatemala	36.3	31.2	+5.1
El Salvador	45.9	42.4	+3.5
Nicaragua	22.2	25.5	-3.3
Costa Rica	9.8	21.6	-11.7
	10.1	11.7	+1.4

**Programa de Especialización en Ingeniería Industrial:**

El objeto de este programa es de preparar a corto plazo a los profesionales, especialmente Ingenieros, para ocupar puestos de alto nivel en la industria. La fuerte competencia de mercados y un nivel mínimo de calidad requerido en los productos exigen que las plantas trabajen técnicamente. Este programa de un año de duración que se inició por primera vez en febrero de 1967 permite que técnicos extranjeros ya estén al servicio de nuestra industria y de Centro América, actualmente.

REPUBLICA DE GUATEMALA  
RED VIAL DE CARRETERAS

## CAPITULO II

### BASES PARA LA LOCALIZACION DE LA PLANTA

#### *GENERALIDADES:*

Hemos querido seguir un orden en el análisis de los factores que intervienen en la selección del lugar donde se va a instalar una planta; este orden no indica prioridad, ya que la importancia relativa es muy diversa de acuerdo con el tipo de Industria; asimismo, no se puede agrupar algunos factores entre sí, ya que en la mayoría de los casos éstos son independientes unos de otros.

La competencia interna y externa hace necesario que se analicen detenidamente estos factores para poder obtener el producto al costo mínimo.

#### *TRANSPORTE DE LA MATERIA PRIMA Y DEL PRODUCTO ELABORADO:*

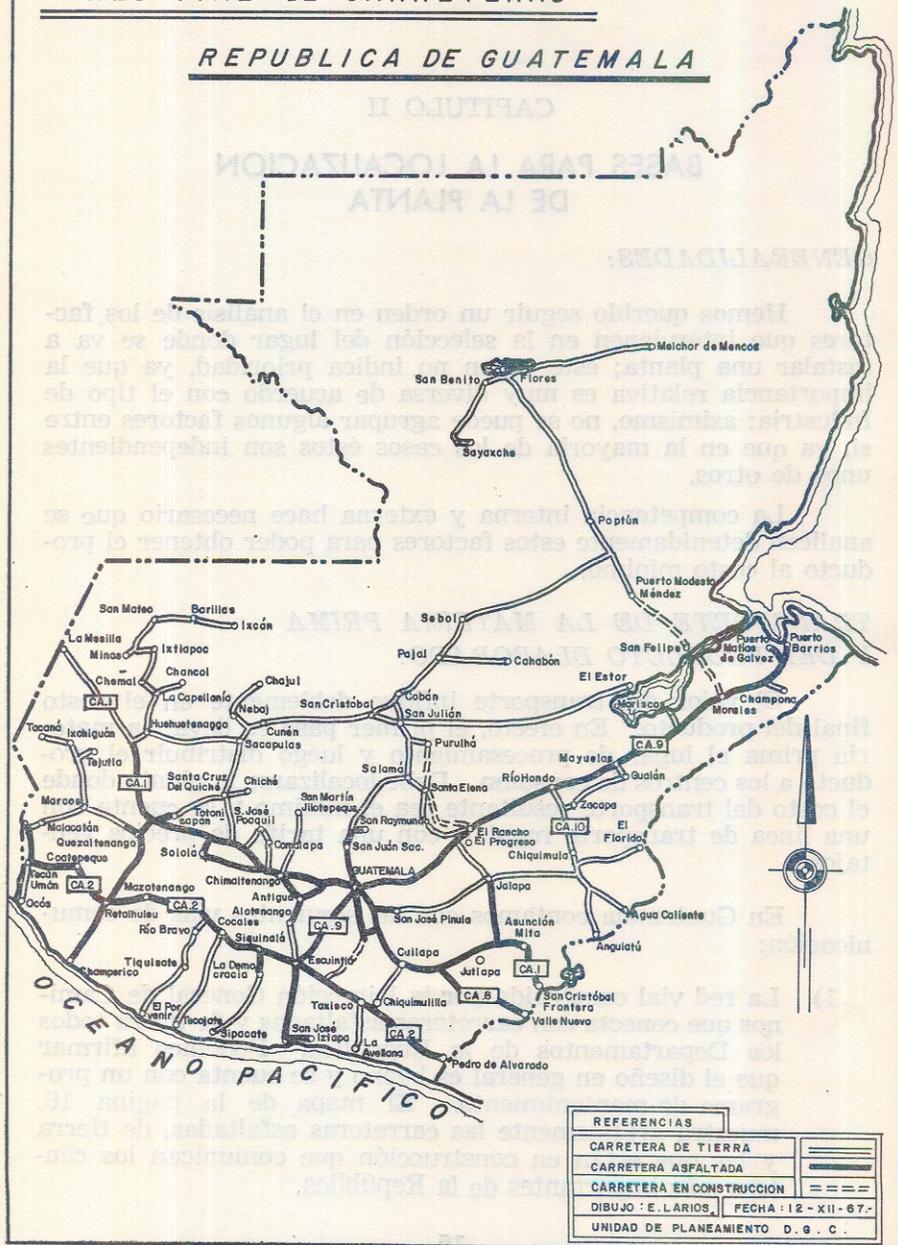
El valor del transporte influye doblemente en el costo final del producto. En efecto, el primer paso es llevar la materia prima al lugar de procesamiento y luego distribuir el producto a los centros de consumo. Debe localizarse la planta donde el costo del transporte resultante sea el mínimo y se cuente con una línea de transporte regular, con una tarifa de precios ventajosa.

En Guatemala contamos con las siguientes vías de comunicación:

- 1) La red vial construida por la Dirección General de Caminos que conecta con carreteras asfaltadas y de tierra todos los Departamentos de la República. Podemos afirmar que el diseño en general es bueno y se cuenta con un programa de mantenimiento. El mapa de la página 16, muestra gráficamente las carreteras asfaltadas, de tierra y las que están en construcción que comunican los centros más importantes de la República.

# RED VIAL DE CARRETERAS

## REPUBLICA DE GUATEMALA



- 2) La F.I.C.A. (Ferrocarriles Internacionales de Centro América), comunica la ciudad capital con Puerto Barrios, el Puerto San José y con la frontera de México. Esta línea férrea por sus fletes más bajos compite ventajosamente con el transporte por carretera. En el año 1967 esta compañía ofreció rebajar aún más sus tarifas a las empresas de mayor importancia a condición que éstas hicieran uso exclusivo de sus servicios.

Queda todavía un problema por resolver: la situación cerca de la materia prima o cerca del mercado de consumo; en este sentido se presentan dos casos:

Las industrias que en el proceso de elaboración tienen un alto porcentaje de desperdicio sobre el material en bruto (Ej. Minería y Agricultura), conviene situarlas tan cerca como sea posible de la recolección de la materia prima, con el objeto de transportar a los centros de consumo únicamente el producto neto y obtener así, un ahorro substancial en los costos de transporte. Por el contrario, las industrias que no tienen un desperdicio apreciable conviene ubicarlas de preferencia cerca de los centros de consumo, para asegurar existencias suficientes a los distribuidores y un rápido servicio a los consumidores. (Ej. Fábricas envasadoras, ensambladoras).

#### **MANO DE OBRA:**

En el proceso de fabricación, el factor humano es uno de los más importantes; mientras los técnicos y el personal altamente especializado se puede contratar en el país o en el extranjero, los obreros se contratan localmente. Conviene contratar obreros que tengan por lo menos certificado de Educación Primaria, para contar con los conocimientos básicos que les permita asimilar fácilmente las técnicas de trabajo.

En nuestro país la Educación Primaria se ha extendido hasta los municipios, mientras que la Educación Secundaria ha llegado casi exclusivamente a las cabeceras departamentales.

Se cuenta también con la siguiente instrucción técnico-vocacional:

- a) A nivel del ciclo básico o prevocacional, con una duración de 3 años, se imparte en los Institutos Industriales siguientes:

San Pedro Sacatepéquez	San Marcos	216
Quezaltenango	Quezaltenango	
Guatemala	Guatemala	247

b) A nivel vocacional se cuenta con dos centros que lo imparten en programas de 3 años de duración. Los egresados obtienen el título de Bachilleres Industriales especializados en una de las diferentes ramas que se ilustran a continuación:

Rama	Instituto Vocacional de Guatemala 456 inscritos en 1967	Técnico de 222 inscritos en 1967	Instituto Vocacional de Mazatenango 222 inscritos en 1967
Mecánica general	X		X
Electricidad	X		X
Albañilería	X		X
Carpintería	X		X
Mecánica automotriz	X		X
Mecánica diesel	X		
Mecánica de mantenimiento	X		
Radio y televisión	X		
Enderezado y pintura	X		
Fundición	X		
Refrigeración y aire acondicionado	X		
Artes gráficas	X		
Panadería	X		
Dibujo de construcciones	X		
Construcciones metálicas	X		

## ENERGIA ELECTRICA:

Ninguna industria por pequeña que sea, puede prescindir del uso de la energía eléctrica sea ésta para iluminación, fuerza motriz, sistema de aire acondicionado o calefacción. De ahí que una industria debe situarse en un lugar próximo a las líneas de conducción o donde no sea muy costoso tender una línea secundaria de abastecimiento. Las empresas cuyo consumo de energía eléctrica represente un renglón importante respecto al costo de producción, estudiarán detenidamente el sistema de tarifas en los diferentes Departamentos, tomando en cuenta los más favorables.

Otro aspecto que no hay que olvidar es la calidad del servicio, considerando las fluctuaciones en el voltaje que puede dañar los motores o las frecuentes suspensiones en el servicio que paralizan totalmente una planta, aumentando los costos y atrasando el programa de producción. Es una buena práctica antes de decidir la localización de una fábrica, hablar con los vecinos del lugar que podrán informar sobre la calidad del servicio.

Por considerarlo de interés se elaboró un cuadro que demuestra la capacidad en KW instalada en cada Departamento. Cuando un sistema (Ej. Sistema Santa María), abastece diferentes Departamentos, se determinó la capacidad instalada en cada uno, proporcionalmente al consumo del mismo. El cuadro está dividido en cinco columnas: Las primeras tres corresponden a la energía distribuida por la EEGSA (Empresa Eléctrica de Guatemala, S. A.); parte de esta energía es generada por el INDE y vendida a la EEGSA. En la cuarta columna aparece la energía generada por las plantas municipales, aunque debe señalarse que en estas plantas el servicio es bastante deficiente, debido a escasez de recursos económicos y a la falta del personal técnico que las opere.

En la quinta columna se indican las plantas eléctricas privadas que distribuyen su energía al consumo público. A continuación del cuadro aparecen los precios promedio de venta por KWH.

Este precio varía de acuerdo con la tarifa para el consumo de cada industria, sin embargo, nos da un término de comparación. Estos precios se pudieron conseguir únicamente en los tres sistemas y en la planta de Puerto Barrios que opera el INDE.

**CAPACIDAD INSTALADA EN KW EN LOS DEPARTAMENTOS  
DE GUATEMALA**

**AÑO 1966**

	Sistema Sta. María		Sistema Río Hondo		Sistema Central		Plantas Municipales	Plantas Privadas
	INDE	EE,GSA	INDE	EE,GSA	INDE	EE,GSA		
Guatemala					76,256			
Sacatepéquez					1,516			100
Escuintla					12,400		499	2,042
Quezaltenango	1,996						1,500	
Totonicapán	695							
Sololá	707						172	
Suchitepéquez	2,400						110	191
Retalhuleu	629						1,498	
El Quiché	437						297	
San Marcos	36						710	165
Chiquimula			428				92	
Zacapa			1,760					86
Chimaltenango								900
Jalapa			212				198	
El Progreso							283	
Santa Rosa							159	500
Huehuetenango							1,122	
Baja Verapaz							104	12
Alta Verapaz							638	
Izabal							340	9
El Petén							294	12
Jutiapa							643	7
<b>Total</b>	<b>6,900</b>	<b>2,400</b>	<b>428</b>	<b>1,760</b>	<b>90,172</b>		<b>8,659</b>	<b>4,024</b>

**PRECIO PROMEDIO DE LA ENERGIA ELECTRICA**

Sistema Central	3.28	centavos/KWH
Sistema Santa María	4.08	centavos/KWH
Sistema Río Hondo	3.35	centavos/KWH
Izabal	9.6	centavos/KWH

**EL AGUA:**

Son muy pocas las operaciones industriales que se pueden realizar sin el agua; aun suponiendo que la industria no necesitara de este líquido en su proceso, es imprescindible para el consumo del personal.

La industria necesita agua en cantidad y calidad adecuada a su función. Es una idea generalmente aceptada que el agua potable del servicio municipal se puede usar en cualquier tipo de industria, sin embargo, esta agua que es "potable", o sea apta para beber, algunas veces no puede usarse en ciertos tipos de industria. Por otra parte, no se puede pretender que el agua municipal satisfaga los requisitos de cada empresa; el tratamiento adecuado corresponde a la iniciativa privada.

En la capital se cuenta con el servicio de la Cía. de Agua del Mariscal y el servicio de Agua Municipal. Se puede afirmar que la calidad del agua es buena, ya que ambos sistemas cuentan con plantas de tratamiento manejadas por personal idóneo que realiza análisis químicos con regularidad. En los otros Departamentos no se puede decir lo mismo. En el cuadro que sigue, reproducimos los análisis realizados en 21 cabeceras departamentales, por medio del cual se puede comprobar que el servicio de agua en un alto porcentaje no es potable. Esto se debe a que en algunos casos el servicio de agua no tiene ningún tratamiento y otras veces como en el caso de Zacapa tienen una planta con tratamiento completo, pero está mal manejada. Siendo que este trabajo está orientado hacia la industria, en la quinta columna se ha indicado la dureza del agua, de acuerdo con la clasificación para usos industriales. En la última columna, o sea en observaciones, se señalan las aguas muy duras para el consumo humano.

La escasez de agua en la capital y en el interior de la República se ha hecho más aguda este verano; algunas zonas de la ciudad se han quedado sin agua durante una semana. Frente a esta situación las industrias se han visto obligadas a buscar otras fuentes de abastecimiento como son básicamente: ríos, lagos y pozos.

#### *Ríos y lagos:*

El agua de estas fuentes se contamina con el polvo de la atmósfera y en contacto con la tierra, disuelve los minerales que se encuentran en la zona. Se ha observado que se obtiene agua dura en donde abunda la tierra caliza (carbonato de calcio) o yeso (sulfato de calcio), y agua alcalina donde existen depósitos alcalinos. Estas fuentes tienen también el inconveniente de arrastrar los sólidos en suspensión tales como basuras, lodo y materia orgánica. La ventaja que presentan es el caudal considerable que se puede obtener de ellas.

#### *Pozos:*

Las aguas profundas son casi siempre termales. Contienen sales de metales alcalinos, de hierro, de manganeso, siendo

**CARACTERISTICAS DE LOS ABASTECIMIENTOS Y CALIDAD DEL AGUA EN 21 CABECERAS DEPARTAMENTALES**

Cabecera	Fuente	Tratamiento S F C	Calidad	Total PPM Dureza	Valor paja contado Q.	Canon mensual una paja Q.	Observaciones
San Marcos	Manantial		Potable	20	30.00	0.50	No tiene tratamiento.
Huehuetenango	Manantial		Mala	182	65.00	0.80	No tiene tratamiento.
Zacapa	Río	X	Regular	64	120.00	1.00	Planta de tratamiento mal manejada.
Quezaltenango	Manantial	X	Potable	162	100.00	0.60	Agua dura.
Chimaltenango	Manantial	X	Mala	34	40.00	0.40	No tiene tratamiento, deficiencia de agua.
Flores	Lago	X	Mala	212	—	—	No se pudieron obtener datos de tarifas.
Salamá	Río	X	Mala	160	35.00	0.50	Deficiencia de agua.
Chiquimula	Río	X	Mala	136	40.00	0.50	Sedimentación simple y filtros lentos.
Puerto Barrios	Río		Mala	136	—	1.50	Servicio en mal estado.
Santa Cruz	Río		Mala	28	40.00	0.60	Ningún tratamiento.
Mazatenango	Río	X	Potable	34	120.00	1.00	Ningún tratamiento, deficiencia de agua.
Escuintla	Manantial	X	Potable	48	108.00	0.25	Ningún tratamiento, deficiencia de agua.
Antigua	Manantial		Mala	59	100.00	0.40	Filtros lentos.
Cuulapa	Manantial		Mala	73	50.00	0.30	Servicio en mal estado.
Retalhuleu	Río	X	Potable	166	60.00	1.50	Ningún tratamiento.
El Progreso	Manantial	X	Mala	171	30.00	0.20	Ningún tratamiento, deficiencia de agua.
Totonicapán	Manantial		Mala	28	35.00	0.33	Ningún tratamiento, deficiencia de agua.
Jutiapa	Río	X	Potable	36	50.00	1.50	Ningún tratamiento, deficiencia de agua.
Jalapa	Río	X	Potable	13	30.00	0.50	Ningún tratamiento, deficiencia de agua.
Sololá	Manantial	X	Potable	34	15.00	0.20	Filtros lentos.
Cobán	Río	X	Regular	166	100.00	1.00	Deficiencia de agua. No necesita purificación.

**NOTA:** Algunos de estos datos fueron recabados de los archivos del INFOM (Instituto de Fomento Municipal).

Para juzgar el grado de dureza para uso industrial, damos los siguientes índices:

S = Sedimentación.  
F = Filtración.  
C = Cloración.

PPM  
Menos de 15  
15-50  
50-100  
100-200  
Más de 200

Clasificación.  
Agua muy blanda.  
Agua blanda.  
Agua medianamente blanda.  
Agua dura.  
Agua muy dura.

generalmente aguas duras. Como ventaja puede citarse que estas aguas son cristalinas, por su proceso de filtrado natural, a través de las capas porosas de la tierra. Con esta filtración se elimina gran parte de las bacterias y gérmenes patógenos que viven normalmente en el agua.

En la selección del lugar para la instalación de una industria, se recomienda seleccionar la fuente de aprovisionamiento que dé agua en cantidad y calidad adecuada al mínimo costo.

#### *IMPUESTOS FISCALES:*

Ha sido una preocupación común de todos los Gobiernos observar cómo las actividades económicas del país y la población se concentran en la capital. La gente del campo viene a la ciudad atraída por mejores condiciones de vida y oportunidades de trabajo; esta tendencia, lejos de disminuir, se va acentuando más cada año. El problema tiene dos aspectos negativos, si se piensa que por un lado la ciudad está creciendo en una forma tan alarmante que cuando llegue al millón de habitantes o antes, será casi imposible prestarle los servicios públicos básicos, sobre todo agua potable, debido a que las fuentes disponibles son cada vez más remotas y será más cara su conducción. Por otro lado, un crecimiento desproporcionado sugiere la idea de un hombre con la cabeza de dimensiones normales y el cuerpo raquíptico; el hombre no podrá tener un desarrollo satisfactorio, mientras no exista armonía en sus miembros. En la página 24 se ilustra la distribución de la población en los diferentes Departamentos de la República.

Se puede ver que el Departamento de Guatemala tiene el 18.5 por ciento del total, sin embargo, según estimaciones hechas, se calcula que tiene el 25 por ciento del total de la población económicamente activa.

Para detener esta centralización se dictó en Junio de 1964 la Ley del Impuesto sobre la Renta que en el Artículo 65 inciso b), rebaja el Impuesto sobre la Renta en un 20% para las industrias establecidas fuera del Departamento de Guatemala. Sin embargo, esta disposición no ha dado resultados positivos, posiblemente porque esta misma ley, exonera totalmente a las industrias del Impuesto sobre la Renta por un período de 5 a 10 años, es decir, que la rebaja del 20% se aplicará hasta que tengan que pagar sus impuestos.

#### *CLIMA:*

Al hacer referencia al clima se estudiarán los aspectos más importantes, es decir: temperatura, grado de humedad y régimen de lluvias.

En algunos casos específicos, el clima es el factor determinante en la selección del lugar. Supóngase que una planta necesite mantener una temperatura constante de 22°C en sus instalaciones. En el país no se encontrará ningún lugar que tenga una temperatura pareja igual a la citada, pero sí se puede encontrar un lugar cuya temperatura media sea de 22°C y tenga una pequeña desviación con relación a la deseada entre la máxima y mínima temperatura. Esto requiere una menor cantidad de calefacción y enfriamiento artificial, y por consiguiente, un menor consumo de energía eléctrica.

El ahorro es especialmente significativo, si se piensa que Guatemala tiene la tarifa de energía eléctrica más alta de Centro América después de Nicaragua y Honduras.

En algunas industrias textiles es necesario cierto grado de humedad en el ambiente, para reducir la estática que causa problema en los telares y en las máquinas de hilaturas. Cuando no se tiene la humedad adecuada, se debe instalar sistemas de aire acondicionado o de humidificación, en cuyo caso, los costos de producción suben por la amortización del equipo.

#### DISTRIBUCION DE LA POBLACION DE LA REPUBLICA DE GUATEMALA POR DEPARTAMENTO

AÑO 1964

Departamento	Población en millares	Porcentaje
	4,210	100.0
Guatemala	788	18.5
El Progreso	66	1.6
Sacatepéquez	79	1.9
Chimaltenango	162	3.8
Escuintla	252	6.0
Santa Rosa	160	3.8
Sololá	109	2.6
Totonicapán	143	3.4
Quezaltenango	266	6.3
Suchitepéquez	181	4.3
Retalhuleu	113	2.7
San Marcos	328	7.8
Huehuetenango	285	6.8
El Quiché	255	6.1
Baja Verapaz	96	2.3
Alta Verapaz	263	6.2
El Petén	28	0.7
Izabal	114	2.5
Zacapa	99	2.3
Chiquimula	145	3.5
Jalapa	99	2.4
Jutiapa	189	4.5

El conocimiento del régimen de lluvias tiene también su importancia; hay algunos Ingenieros que prefieren iniciar sus obras en la época seca, para evitar desmoronamientos y problemas en los cimientos, así como un aumento en el costo debido a las frecuentes suspensiones por la lluvia. En las industrias hay cierto tipo de operaciones que se realizan al aire libre, de ahí que sea muy útil saber en qué época del año se tendrá escasa precipitación. En Guatemala tenemos los climas que difieren con la altura y con la proximidad de los océanos; aquí seguido se reproduce un cuadro que da los diferentes climas en las 22 Cabeceras Departamentales.

#### CARACTERISTICAS DEL CLIMA EN LAS 22 CABECERAS DEPARTAMENTALES

Cabecera	Temperatura	Lluvias	Humedad
Guatemala	templado	invierno seco	húmedo
Antigua	templado	invierno seco	húmedo
Escuintla	cálido	sin estación seca bien definida	húmedo
Quezaltenango	semifrío	invierno seco	semiseco
Totonicapán	semifrío	invierno seco	húmedo
Sololá	templado	invierno seco	húmedo
Mazatenango	cálido	invierno seco	muy húmedo
Retalhuleu	cálido	sin estación seca bien definida	muy húmedo
Sta. Cruz del Quiché	templado	invierno seco	húmedo
Jutiapa	semicálido	invierno seco	semiseco
San Marcos	semifrío	sin estación seca bien definida	muy húmedo
Chiquimula	cálido	invierno y otoño seco	seco
Zacapa	cálido	invierno y otoño seco	seco
Chimaltenango	templado	invierno seco	húmedo
Jalapa	semicálido	invierno seco	semiseco
El Progreso	cálido	invierno seco	seco
Cuilapa	cálido	invierno seco	muy húmedo
Huehuetenango	templado	invierno seco	muy húmedo
Salamá	semicálido	invierno seco	semiseco
Cobán	templado	sin estación seca bien definida	muy húmedo
Puerto Barrios	cálido	sin estación seca bien definida	muy húmedo
Flores	cálido	sin estación seca bien definida	muy húmedo

**Nota:** En este cuadro se entiende por invierno la estación que en nuestro Hemisferio comprende los meses de Diciembre, Enero y Febrero y el Otoño los meses de Septiembre, Octubre y Noviembre.



**CUADRO COMPARATIVO DEL ANALISIS ECONOMICO  
PARA ELEGIR EL SITIO PARA UNA FABRICA**

Renglones	Ciudad 1	Ciudad 2	Ciudad 3
<i>Transporte</i>			
Flete materia prima .....			
Flete producto .....			
Total	_____	_____	_____
<i>Mano de obra</i>			
Directa .....			
Indirecta .....			
Total	_____	_____	_____
<i>Servicios</i>			
Energía eléctrica .....			
Agua .....			
Total	_____	_____	_____
<i>Impuestos</i>			
Impuestos fiscales .....			
Seguro social .....			
Impuesto territorial .....			
Impuesto municipal .....			
Otros impuestos .....			
Total	_____	_____	_____
<b>Gran Total</b>	_____	_____	_____

### CAPITULO III

## EDIFICIOS PARA LA INDUSTRIA

#### LOCALIZACION DEL TERRENO:

En el capítulo anterior se ha tratado sobre la elección de la región o ciudad que ofrece las mejores condiciones para la instalación. A continuación se tratará de determinar el terreno más adecuado dentro de esa región.

Este lugar debe estar situado de preferencia cerca de la línea de autobuses para facilidad de los obreros, y contar con calles de acceso en buen estado hacia la arteria principal, las que nos servirán para transportar la materia prima y el producto elaborado.

Para las industrias que producen aguas residuales en su proceso de transformación, conviene investigar si está próximo el ramal de desagüe, ya que cualquier extensión se hará por cuenta del interesado. En Guatemala, ya se han presentado los primeros problemas por las molestias que causan las aguas residuales de las industrias en el desagüe general. No es muy remoto que la Municipalidad exija plantas de tratamiento para estos casos.

Conviene escoger un terreno plano o con ligera pendiente para facilitar el manejo de los materiales. Como norma se debe evitar las hondonadas, ya que pueden inundarse a causa de las fuertes lluvias o desbordamiento de los ríos.

La tendencia moderna en la localización de las plantas es ubicarlas en las afueras de las ciudades, solución que reúne varias ventajas, como facilidad de estacionamiento, servicios públicos tan buenos y eficientes como en la propia ciudad y la oportunidad de escoger un buen terreno a bajo precio.

#### ANALISIS DEL TERRENO:

Generalmente los terrenos se adquieren después de una simple inspección sin tomar en cuenta la calidad del suelo.

### *MÉTODOS DE ANÁLISIS PRELIMINARES:*

Una de las formas más sencillas de conocer el estado del suelo es abrir una zanja a la misma profundidad en que se piensa excavar los cimientos. La resistencia del suelo a la excavación nos dará un índice de la resistencia del suelo.

Otro sistema práctico para saber a "grosso modo" la resistencia del suelo es aplicar el propio peso sobre el tacón del zapato. La presión aplicada corresponde a una presión de 3,000 lbs./pie<sup>2</sup>, si se produce una depresión apreciable, es decir, mayor de 1/8" el terreno es de baja resistencia.

### *PERFORACIONES PROFUNDAS:*

Cuando el suelo es de arcilla blanda no es suficiente hacer una simple zanja, necesitamos hacer perforaciones a mayor profundidad, ya que este material es plástico y al estar sometido a cargas se producen asentamientos. Asimismo, es necesario hacer perforaciones profundas para edificios de más de 3 plantas o cuando se necesite instalar maquinaria pesada sobre el primer piso, es decir al nivel del terreno. Esta operación se hace a máquina, la máquina perforadora atraviesa los diferentes estratos de la tierra los cuales se pueden identificar al salir el material a la superficie; un cambio en la velocidad de la perforación indica que se ha pasado de un estrato a otro. Al terminar la perforación se registran en el mismo orden el grueso de cada estrato y su composición en un gráfico llamado perfil estratigráfico del suelo. Durante la operación se toman las muestras inalteradas (en la misma condición en que se encuentran en el suelo) de las distintas capas de suelo que se atraviesa. Estas muestras se envían al laboratorio para realizar las pruebas que determinan: contenido de humedad, esfuerzo de corte, compresibilidad, consolidación, permeabilidad, valor soporte y probable asentamiento.

### *PRUEBA DE CARGA DE LOS SUELOS:*

Cuando se prevé que pueda haber asentamientos diferentes en los cimientos que provoquen la falla de la estructura, se recomienda la prueba de carga. Se determina el área donde se planea construir el edificio y se hacen perforaciones en los puntos más apropiados. Luego se aplica la carga directamente sobre el fondo de la perforación en un área de 1 ó 2 pies cuadrados. Se aplica una carga dada y se deja pasar varias horas (10 ó 12) para medir el asentamiento, luego, se incrementa la carga y se registra el nuevo asentamiento, y así sucesivamente

hasta que llegamos a aplicar una carga mayor de la que deseamos en el diseño. Es posible que antes de llegar a esta carga el terreno falle, registrándose un fuerte y repentino asentamiento. En los suelos arenosos el asentamiento se produce rápidamente y luego cesa, mientras que en los suelos plásticos (arcilla) el asentamiento es lento.

La tabla siguiente puede servir de guía para estimación del valor soporte:

1) Roca sólida		100 tons./pie <sup>2</sup>
2) Pizarra o talpetate		10 tons./pie <sup>2</sup>
3) Grava o arena con grava	a) Compacta .....	5 tons./pie <sup>2</sup>
	b) Suelta .....	5 tons./pie <sup>2</sup>
4) Arena	a) Gruesa y suelta o fina y compacta .....	3 tons./pie <sup>2</sup>
	b) Fina y suelta .....	1 ton./pie <sup>2</sup>
5) Arcilla	a) Dura .....	6 tons./pie <sup>2</sup>
	b) Media .....	4 tons./pie <sup>2</sup>
	c) Suave .....	1 ton./pie <sup>2</sup>

**Nota:** 1 ton. equivale a 2,000 lbs.

#### *DIMENSION DEL TERRENO CON RELACION AL EDIFICIO:*

La dimensión del edificio y su forma dependen principalmente de la distribución en planta, es decir, la distribución de las máquinas y de la situación de los departamentos auxiliares, como el departamento de recepción, el de embarque, el de repuestos, los servicios sanitarios, etc.

Si se desea saber el área construida aproximada para presupuestar la inversión o para otros estudios económicos, se determinará separadamente el área de la línea de producción principal y el área de cada departamento auxiliar. El área resultante, más un porcentaje destinado a cubrir alguna superficie imprevista nos dará el área total necesaria.

La forma y disposición del edificio debe ser tal, que permita hacer ampliaciones futuras. Las instalaciones de agua, luz, fuerza y drenajes se deben planear también previendo un crecimiento. Se recomienda escoger un terreno que sea por lo menos cinco veces el tamaño actual de la planta para permitir la construcción de parqueos, espacio para carga y descarga de camiones, calles de entrada, bodegas y futuras ampliaciones.

## *EDIFICIO DE UNA SOLA PLANTA O VARIAS PLANTAS:*

Para algunas industrias la disposición de la planta de un piso o en varios pisos depende esencialmente de su proceso de producción. Las fábricas de varios pisos son ventajosas para las industrias que procesan granos y líquidos aprovechando la fuerza de gravedad. Como ejemplo, podemos citar un molino de trigo que sube el grano a la parte más alta del edificio por medio de bombas de aire y de allí baja a la molienda tamizado y envasado por su propio peso. En una fábrica de conservas de carne, el ganado sube al cuarto piso de la planta por medio de una rampa. De esta manera, después de haber subido por su propia energía hasta el piso más alto, se destaza y la carne se manipula por gravedad.

Por el contrario, las fábricas que cuentan con maquinaria muy pesada deben disponerse en un solo piso, ya que resultaría muy cara la estructura para soportar la carga en los pisos altos.

Cuando exista una alternativa para escoger entre la planta de un piso o la de varios pisos deben tomarse en cuenta las ventajas y los factores que favorecen una u otra solución. A continuación se enumeran otros factores:

### *Ventajas y factores favorables de construcciones en un piso:*

- 1) Terreno a bajo costo.
- 2) Construcción a bajo costo.
- 3) Menor tiempo de construcción.
- 4) No hay desperdicio de terreno por aceras, columnas, elevadores, escaleras, etc.
- 5) Se puede instalar máquinas pesadas.
- 6) Hay más flexibilidad para hacer cambios en la instalación y en las rutas del trabajo.
- 7) Máximo aprovechamiento de la luz natural y de la ventilación natural.

### *Ventajas y factores favorables de construcciones de varios pisos:*

- 1) Alto costo del terreno.
- 2) Disponibilidad de poco espacio para construir.

- 3) Disposición del terreno que permita la entrada a diferentes niveles.
- 4) Instalación de máquinas livianas (fábricas de ropa).
- 5) Buena coordinación de los departamentos.
- 6) Manipuleo por gravedad.

#### *LA ILUMINACION EN LA FABRICA:*

Las ventajas de una buena iluminación son evidentes: Aumenta la eficiencia de los trabajadores proporcionándoles un ambiente más confortable y reduce la fatiga de la vista. En algunas industrias textiles, una buena iluminación permite reducir las fallas del tejido en el telar.

Una buena iluminación es tanto más necesaria, cuanto mayor sea el grado de precisión del trabajo a realizar; una de las principales ventajas es la reducción de accidentes. Se ha establecido que una mala iluminación es la causa directa del 5% de los accidentes industriales y en el 20% de los casos contribuye a que éstos sucedan. Los dos tipos de iluminación que se usan son: la iluminación natural y la iluminación artificial.

#### *ILUMINACION NATURAL:*

La iluminación natural consiste en el aprovechamiento de la luz del día. En nuestro medio tenemos generalmente de 10 a 12 horas de luz, lo que representa el 50% del tiempo en que operan las fábricas que tienen un proceso continuo. En las fábricas que tienen un solo turno de 8 horas, este tiempo representa el 100%. Hay que considerar también que se tiene un alto porcentaje de días de sol durante el año. En el verano el cielo se mantiene despejado, la estación en algunas zonas se prolonga hasta 6 meses; en el invierno las precipitaciones ocurren frecuentemente sólo por las tardes. Si se examinan las tarifas de la energía eléctrica que son tan elevadas, se tendrá otra razón más para utilizar al máximo la luz del día. En Europa después de la Segunda Guerra Mundial, algunos países adelantaban la hora local durante el invierno para ahorrar energía eléctrica. Tomando en cuenta las consideraciones anteriores, uno de los principales objetivos del Ingeniero al proyectar un edificio industrial debe ser el mejor aprovechamiento de la luz natural.

En la tabla I se da la intensidad de iluminación requerida en cada ambiente:

TABLA I

*Iluminación en pies-bujía recomendada*

	<i>Pies-bujía</i>
Trabajos burdos, cuarto de calderas, bodegas y lugares donde se requiere visibilidad .....	5
Manufactura en general de objetos grandes, y oficinas donde se necesita poca visibilidad .....	10
Salas de dibujo y lugares donde se requiere una buena visibilidad .....	20
Trabajos de alta precisión .....	20 a 50

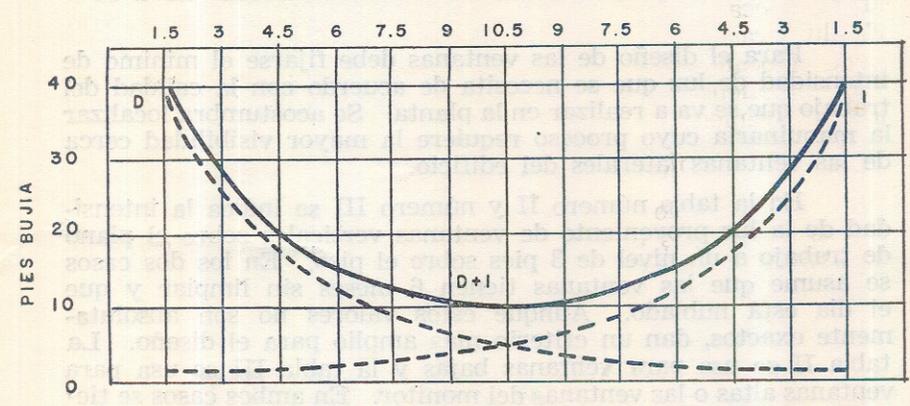
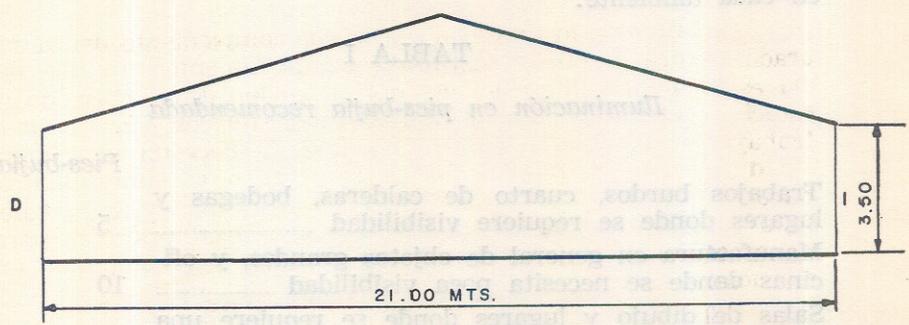
Para el diseño de las ventanas debe fijarse el mínimo de intensidad de luz que se necesita de acuerdo con la calidad del trabajo que se va a realizar en la planta. Se acostumbra localizar la maquinaria cuyo proceso requiere la mayor visibilidad cerca de las ventanas laterales del edificio.

En la tabla número II y número III se indica la intensidad de la luz proveniente de ventanas verticales sobre el plano de trabajo a un nivel de 3 pies sobre el piso. En los dos casos se asume que las ventanas tienen 6 meses sin limpiar y que el día está nublado. Aunque estos valores no son absolutamente exactos, dan un criterio más amplio para el diseño. La tabla II se usa para ventanas bajas y la tabla III se usa para ventanas altas o las ventanas del monitor. En ambos casos se tiene la intensidad de la luz en función de la distancia a la ventana y la altura de la misma.

**ILUMINACION CON VENTANAS LATERALES:**

En general se recomienda una superficie de ventana del 30% del área del piso del edificio. La intensidad mínima que se recomendó de 10 pies-bujía se logra aproximadamente a una distancia igual al doble de la altura de la ventana, si la luz proviene de un solo lado. Si la luz proviene de los dos lados del edificio, se logrará esa misma iluminación a una distancia igual a tres veces la altura de la ventana. En la figura 1, se reproducen las curvas de intensidad de luz de un edificio de piso con ventanas laterales. Como se puede apreciar, la intensidad de luz es buena cerca de las ventanas, pero baja en un 75% de la máxima intensidad en el centro del edificio.

En la tabla I se da la intensidad de iluminación recomendada en cada ambiente:

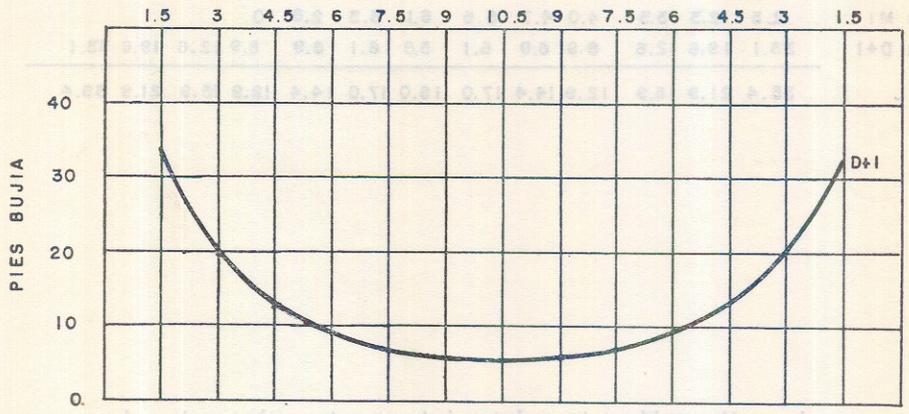
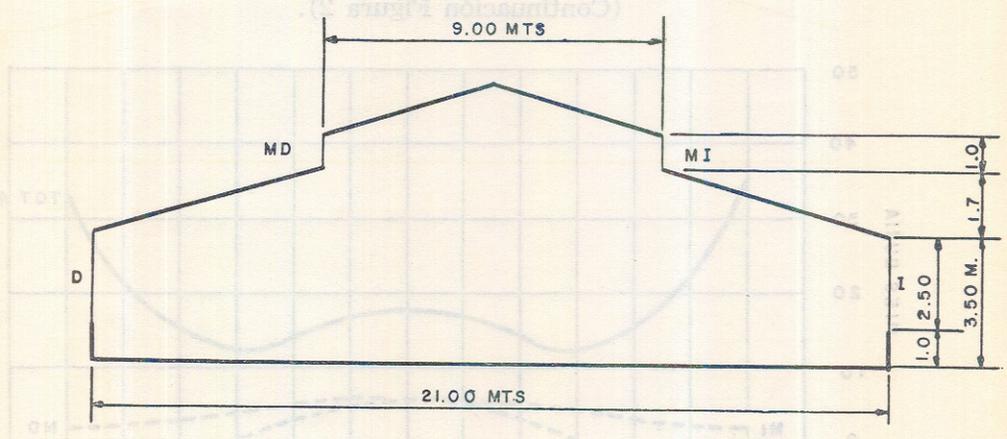


CURVA D	38.8	26.0	17.6	12.4	8.9	6.7	5.1	4.1	2.9	2.6	2.1	1.7	1.5
CURVA I	1.5	1.7	2.1	2.6	2.9	4.1	5.1	6.7	8.9	12.4	17.6	26.0	38.8
CURVA D+I	40.3	27.7	19.7	15.0	11.8	10.8	10.2	10.8	11.8	15.0	19.7	27.7	40.3

FIGURA 1

**ILUMINACION CON VENTANAS LATERALES Y MONITOR:**

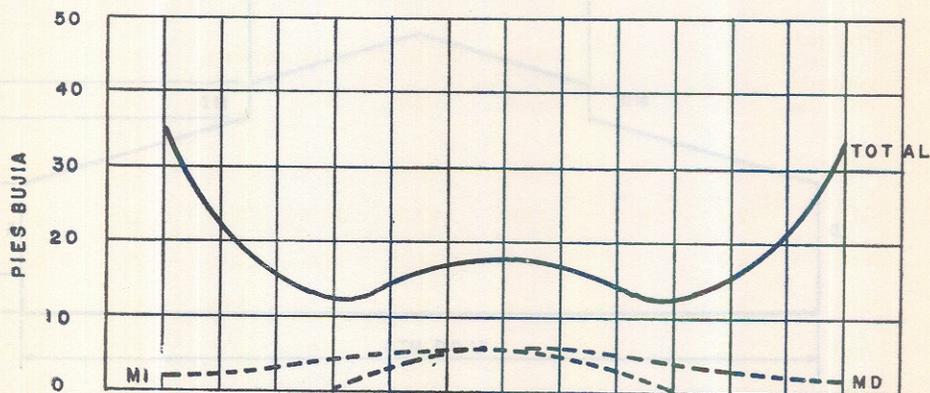
Para lograr una iluminación más pareja que la anterior se recurre al uso de monitores como se puede apreciar en la figura 2. En este caso el área de ventana del monitor, más el área de las ventanas laterales debe ser el 30% del área del piso. Para que el monitor distribuya la luz con uniformidad debe tener un ancho del 40 ó 50 por ciento del ancho del edificio.



CURVA D	32.3	18.6	11.4	7.4	5.1	3.8	2.9	2.3	1.8	1.5	1.2	1.0	0.8
CURVA I	0.8	1.0	1.2	1.5	1.8	2.3	2.9	3.8	5.1	7.4	11.4	18.6	32.3
CURVA D+I	33.1	19.6	12.6	8.9	6.9	6.1	5.8	6.1	6.9	8.9	12.6	19.6	33.1

FIGURA 2

(Continuación Figura 2).



CURVA MD			0	2.8	5.3	6.1	5.6	4.7	4.0	3.3	2.3	2.3	
CURVA MI	2.3	2.3	3.3	4.0	4.7	5.6	6.1	5.3	2.8	0			
CURVA D+1	33.1	19.6	12.6	8.9	6.9	6.1	5.8	6.1	6.9	8.9	12.6	19.6	33.1
TOTAL	35.4	21.9	15.9	12.9	14.4	17.0	18.0	17.0	14.4	12.9	15.9	21.9	35.4

A continuación, otros datos interesantes sobre este mismo aspecto:

- En general, la altura de las ventanas del monitor debe ser igual a la mitad del alto de las ventanas del edificio.
- La altura del monitor, generalmente no debe ser mayor a la mitad de su ancho.

TABLA No. II

ILUMINACION EN BUJIAS-PIE PARA VENTANAS VERTICALES  
EN EL PLANO DE TRABAJO

Distancia a la ventana en mts.	Altura de la ventana en mts.							
	1.50	2.00	2.50	3.00	3.50	4.00	4.50	5.00
1.50	23.2	27.6	32.3	35.8	38.8	41.1	43.2	45.0
3.00	12.2	15.2	18.6	22.5	26.0	29.6	32.5	37.2
4.50	7.0	9.0	11.4	14.4	17.6	20.0	22.6	25.0
6.00	4.5	5.8	7.4	9.5	12.4	14.9	16.6	19.4
7.50	3.3	3.9	5.10	6.7	8.9	10.7	12.7	14.9
9.00	2.2	2.9	3.8	5.10	6.7	8.1	9.7	11.5
10.50	1.6	2.2	2.9	3.9	5.1	6.3	7.5	9.0
12.00	1.3	1.7	2.3	3.0	4.1	5.1	6.0	7.2
13.50	1.0	1.3	1.8	2.4	2.9	4.0	4.8	5.9
15.00	0.8	1.1	1.5	2.0	2.6	3.2	3.9	4.6
16.50	0.7	0.9	1.2	1.6	2.1	2.6	3.2	3.9
18.00	0.6	0.7	1.0	1.3	1.7	2.1	2.7	3.2
19.50	0.5	0.6	0.8	1.1	1.5	1.8	2.2	2.7
21.00	0.4	0.5	0.7	0.9	1.3	1.6	1.9	2.3
22.50	0.3	0.4	0.6	0.8	1.1	1.4	1.7	2.0
24.00	0.29	0.39	0.52	0.69	0.95	1.19	1.44	1.75
25.50	0.26	0.35	0.46	0.61	0.84	1.02	1.25	1.53
27.00	0.22	0.22	0.32	0.42	0.54	0.73	0.91	1.11
28.50	0.20	0.28	0.37	0.49	0.65	0.79	0.98	1.16
30.00	0.18	0.25	0.33	0.44	0.60	0.71	0.88	1.07

TABLA No. III  
**ILUMINACION EN BUJAS-PIE PARA VENTANAS VERTICALES  
 COLOCADAS ARRIBA DEL PLANO DE TRABAJO**

Distancia a la ventana en mts.	4.50 mts. arriba del plano de trabajo						7.50 mts. arriba del plano de trabajo					
	Altura de la ventana en mts.						Altura de la ventana en mts.					
	1.00	1.50	2.00	2.50	3.00	3.00	1.00	1.50	2.00	2.50	3.00	
1.5	2.79	3.72	4.74	5.58	6.18	6.18	1.07	1.39	1.67	1.95	2.32	
3.0	5.3	6.88	9.1	10.4	11.3	11.3	2.05	2.79	3.3	4.0	4.37	
4.5	6.14	7.44	9.85	11.9	12.85	12.85	2.74	4.1	4.8	6.05	6.6	
6.0	5.58	7.1	9.1	11.2	12.7	12.7	3.26	4.74	5.8	7.2	8.32	
7.5	4.74	6.32	7.9	9.86	11.35	11.35	3.53	4.83	6.14	7.71	9.05	
9.0	4.0	5.4	6.93	8.56	9.85	9.85	3.35	4.65	5.63	7.76	9.3	
10.5	3.35	4.46	5.9	7.26	8.41	8.41	3.16	4.28	5.72	7.21	8.5	
12.0	2.34	3.72	5.02	6.14	7.26	7.26	2.84	3.86	5.12	6.46	7.53	
13.5	2.32	3.18	4.14	5.12	6.10	6.10	2.6	3.44	4.61	5.76	6.7	
15.0	1.81	2.6	3.44	4.33	5.21	5.21	2.32	3.02	4.05	5.12	6.05	
16.5	1.53	2.23	2.79	3.58	4.41	4.41	2.09	2.7	3.58	4.65	5.4	
18.0	1.16	1.86	2.33	3.02	3.72	3.72	1.86	2.37	3.17	4.05	4.8	
19.5	1.02	1.53	1.95	2.56	3.17	3.17	1.63	2.16	2.84	3.58	4.23	
21.0	0.84	1.3	1.67	2.24	2.74	2.74	1.4	1.91	2.52	3.12	3.72	
22.5	0.7	1.07	1.39	1.91	2.32	2.32	1.26	1.72	2.23	2.79	3.26	

## ILUMINACION ARTIFICIAL:

El alumbrado artificial puede ser complemento del alumbrado natural o puede sustituirlo completamente. La luz del día está sujeta a fluctuaciones que dependen de la hora, de la estación del año y de los cambios atmosféricos. En algunos trabajos de alta precisión en los cuales se necesita una intensidad de luz uniforme en las horas de trabajo, es imprescindible hacer uso de la iluminación artificial, asimismo, en los locales donde se utiliza aire acondicionado no se usan ventanas para evitar cambios de temperatura y se trabaja únicamente con luz artificial.

El alumbrado artificial se puede clasificar en general y suplementario. El alumbrado general es el que provee el mínimo de iluminación a toda la planta; corrientemente esta fuente de luz se coloca a 3 mts. de altura o más arriba del área de trabajo. El alumbrado suplementario provee la luz adicional que se obtiene colocando otras lámparas encima de las máquinas, generalmente tienen un brazo para que el obrero lo pueda graduar a su conveniencia.

### CLASIFICACION:

De acuerdo con la forma en que se distribuye la luz se cuenta con varios tipos de iluminación los que se enumeran en la tabla IV.

TABLA No. IV

### CLASIFICACION DE LA ILUMINACION

		Distribución de la luz	
		% hacia arriba	% hacia abajo
Directa		0 — 10	90 — 100
Semidirecta		10 — 40	60 — 90
Difusa general		40 — 60	40 — 60
Semiindirecta		60 — 90	10 — 40
Indirecta		90 — 100	0 — 10

### *ILUMINACION DIRECTA:*

La luz directa por su eficiencia es la que se aprovecha al máximo en el área de trabajo, en efecto, la pantalla refleja hacia abajo los rayos luminosos. Tiene la ventaja de estar menos expuesta a la suciedad y al polvo, no depende de la superficie de reflexión de las paredes y es de instalación y funcionamiento más económico. Como desventajas se puede citar que a veces provoca sombras molestas y contrastes excesivos.

### *ILUMINACION SEMIDIRECTA:*

Para evitar los inconvenientes de la luz directa que se mencionaron, se usa el alumbrado semidirecto, especialmente en las áreas de servicio, como escaleras, pasillos, etc.

### *ILUMINACION DIFUSA GENERAL:*

Este tipo de iluminación se produce a través de un globo de vidrio opaco que difunde la luz en todas las direcciones. Este tipo de iluminación es más caro que la iluminación directa.

### *ILUMINACION SEMIINDIRECTA:*

Es recomendada especialmente en los casos en que los techos reflejan bien la luz.

### *ILUMINACION INDIRECTA:*

En este sistema el techo recibe toda la luz y se encarga de distribuirla a la habitación uniformemente. Este tipo de alumbrado es el más caro por el alto porcentaje de luz que absorbe el cielo raso.

### *TIPOS DE LAMPARAS:*

Los tipos de lámparas que se usan corrientemente, son las incandescentes y las fluorescentes; se dan a continuación algunas ventajas de las lámparas fluorescentes sobre las incandescentes:

- a) Las lámparas fluorescentes rinden tres veces más que las incandescentes.

- b) Se puede obtener lámparas de diferente tono de color con un rendimiento elevado.
- c) Se obtiene la iluminación más parecida a la luz del día.
- d) Por su alto rendimiento las lámparas fluorescentes transforman sólo una pequeña parte de energía eléctrica en calor, mientras que en las incandescentes se calienta el filamento hasta una temperatura en que emite luz, en esta forma casi toda la energía eléctrica se transforma en calor. El uso de estas lámparas puede provocar el aumento de la temperatura ambiente en los espacios reducidos como vitrinas y en las áreas de trabajo muy iluminadas.

Los inconvenientes del alumbrado fluorescente son:

- a) Costo inicial más elevado que las incandescentes.
- b) Los frecuentes encendidos acortan la vida de la lámpara.

#### *ESPACIAMIENTO DE LAS LAMPARAS:*

El espaciamiento de las unidades depende más del tipo de iluminación que del tipo de lámpara. Para el alumbrado indirecto, el espaciamiento deberá ser de vez y media la altura de montaje; para el alumbrado directo el espaciamiento no deberá ser mayor que la altura de montaje.

#### *CALCULO DE LA ILUMINACION:*

En el cálculo de la iluminación se establece el número de lámparas del tipo deseado que permita obtener un nivel dado de iluminación sobre el plano de trabajo. Existe un método llamado "método de lumen", a partir del cual se desarrolla una fórmula por cuyo medio se determina el número de unidades tomando en cuenta la distribución de la luz, las características de la lámpara, la altura de montaje, así como las características y dimensiones del local. La fórmula es la siguiente:

$$\text{No. de unidades} = \frac{\text{área en pies}^2 \times \text{pies-bujía requeridos.}}{\text{No. de lámparas por unidad} \times \text{lúmenes por lámpara} \times \text{coeficiente de utilización} \times \text{factor de mantenimiento.}}$$

Donde:

No. de unidades = total de unidades requeridas en el área bajo estudio.

Area en pies<sup>2</sup> = total del área que se necesita iluminar.

Pies-bujía requeridos = intensidad de la iluminación de acuerdo con utilización.

No. de lámparas por unidad = No. de focos.

Lúmenes por lámpara = capacidad de iluminación de acuerdo a las especificaciones del fabricante.

Coefficiente de utilización = proporción entre lúmenes generados y los que llegan al área de trabajo.  
Este coeficiente depende de:

- a) Factor de habitación.
- b) Absorción de luz de la unidad.
- c) Absorción de la luz en las superficies de la habitación.

Factor de habitación = relaciona la proporción de la habitación y la altura de montaje de la unidad.

El factor de habitación se determina por medio de las fórmulas siguientes:

- a) Para los tipos de iluminación directo, semidirecto, y general difuso, se usa:

$$\text{Factor de habitación} = \frac{\text{ancho} \times \text{largo}}{\text{altura de montaje sobre el área de trabajo (ancho} + \text{largo)}}.$$

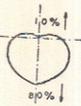
- b) Para los tipos de iluminación semiindirecto e indirecto se usa:

$$\text{Factor de habitación} = \frac{3 (\text{ancho} \times \text{largo})}{2 \times \text{altura del cielo sobre el área de trabajo (ancho} + \text{largo)}}.$$

Para visualizar los factores que intervienen en el coeficiente de utilización, se reproduce a continuación una de las tablas del IES (Illuminating Engineering Society). Lighting Handbook.

TABLA No. V

**COEFICIENTES DE UTILIZACION Y FACTORES DE MANTENIMIENTO PARA UNA LAMPARA DE DOS TUBOS SIN PANTALLA, ADHERIDA AL CIELO RASO**

Distribución típica	Reflexión . cielos %										
	Reflexión paredes %										
	Factor de habitación										
	80		70		50		30		0		
	50 30 10		50 30 10		50 30 10		30 10		0		
	Factor de mantenimiento	0.6	.30.24.19	.29.24.19	.29.23.19	.22 .18	.17				
		0.8	.39.32.27	.38.31.26	.37.31.25	.29 .25	.23				
	Bueno 0.80	1.0	.46.38.34	.46.38.33	.42.37.33	.35 .31	.28				
	Med. 0.75	1.25	.53.46.40	.52.45.39	.49.43.38	.41 .36	.34				
	Malo 0.70	1.5	.58.51.46	.56.50.44	.53.48.44	.45 .41	.38				
	Espaciamiento máximo igual a la altura de instalación sobre el piso.	2.0	.65.57.53	.63.57.52	.60.54.50	.52 .47	.45				
		2.5	.69.63.58	.67.62.57	.64.59.55	.56 .53	.49				
		3.0	.73.67.62	.71.65.61	.67.62.58	.60 .57	.52				
	4.0	.77.72.67	.75.70.66	.71.67.64	.64 .62	.57					
	5.0	.81.76.73	.78.74.71	.74.71.68	.68 .66	.61					

**VENTILACION:**

La ventilación en las plantas es de suma importancia. La ventilación consiste en la remoción del aire viciado, para reponerlo con aire limpio y fresco. No se puede hablar de ventilación cuando se tiene solamente agitación del aire sin renovación.

La renovación del aire es necesaria para la comodidad del personal, ya que repone el oxígeno, remueve los gases dañinos, elimina el polvo y el calor excesivo. La ventilación se mide generalmente en el número de veces por hora que se renueva el aire contenido en el local. En caso de que se tenga a un gran número de personas trabajando en un local relativamente reducido, se calculará el consumo en 2,000 pies cúbicos de aire por

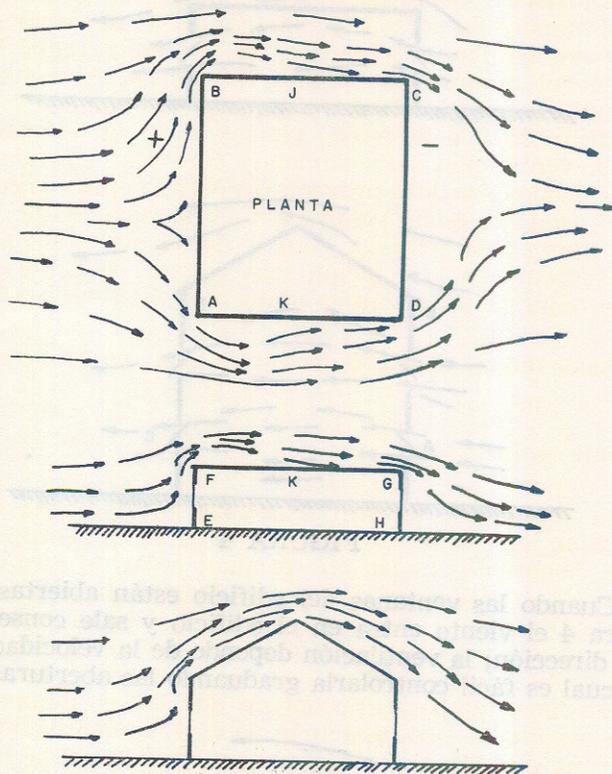


FIGURA 3

En la figura 3 se observa el recorrido del viento cuando se encuentra con un edificio completamente cerrado. Las flechas indican las direcciones en las cuales se desplaza el viento. El lado AB estará sometido a presión mientras que el lado CD estará bajo succión, también los lados BC-AD y el techo FG estarán bajo succión. Si el edificio es muy ancho, el viento puede producir presión en la última parte de las paredes laterales, es decir, las áreas JC y KD. Algunos autores afirman que el campo de área de succión en los puntos BJ y FK depende de la superficie de obstrucción del viento; siguiendo la misma figura, las áreas de succión BJ y FK aumentarán mientras más aumente AB y EF respectivamente. De lo anterior se deduce que se tiene la máxima acción del viento cuando éste actúa perpendicularmente al lado más largo del edificio.

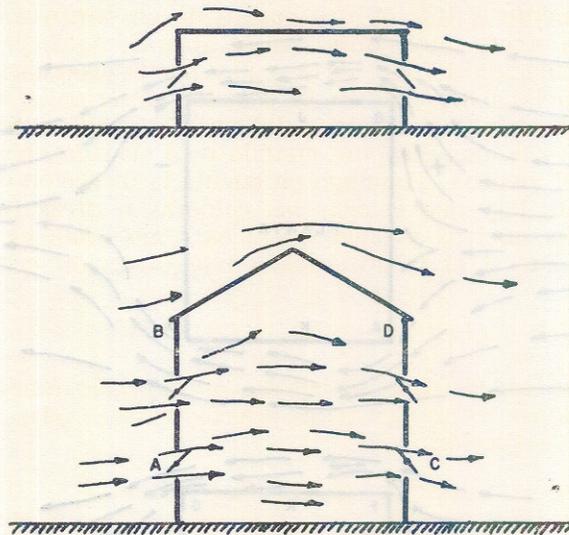


FIGURA 4

Cuando las ventanas del edificio están abiertas como en la figura 4 el viento entra en el edificio y sale conservando la misma dirección; la ventilación depende de la velocidad del aire, por lo cual es fácil controlarla graduando las aberturas.

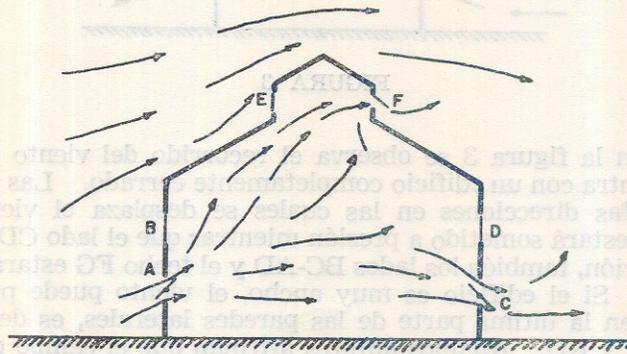


FIGURA 5

En la figura 5 se muestra la acción del viento sobre un edificio con monitor, las flechas muestran el recorrido aproximado del aire cuando están abiertas las ventanas A, C, y F. Si se abren las ventanas B y D se aumentará la ventilación. Si se

abre únicamente E y F el aire pasará de un punto a otro produciendo un efecto muy pobre. Si se abre E, A, C, y F, disminuye la circulación del aire de A a F y puede producirse alguna corriente hacia abajo. Si en la posición anterior se cierra F, seguramente se forzaría el aire a bajar. Se puede observar que el monitor es menos eficiente cuando está situado en la misma dirección del viento. Tomando en cuenta la dirección del viento predominante hay que colocar las calderas u otras fuentes de humos, gases nocivos y polvo en el extremo final, es decir en el extremo sur si el viento sopla en la dirección norte-sur.

#### SISTEMA DE CALCULO:

Existe un sistema de cálculo aproximado que indica si las instalaciones están planeadas adecuadamente para gozar de una buena ventilación.

Como es imposible prever las variantes y situaciones que se presentan en cada caso, hay que tomar un margen de seguridad estimado con buen juicio. Para hacer más claro el sistema de cálculo se ilustrará a continuación con un ejemplo.

Se quiere determinar el número de cambios de aire por hora en un edificio de 100 pies de ancho por 200 pies de largo, que tiene 150 pies cuadrados de ventanas en cada extremo y 300 pies cuadrados de ventana a cada lado. Las ventanas del monitor tienen un área de 325 pies cuadrados a cada lado y están situadas a una altura de 10 pies arriba de las anteriores.

La diferencia entre el aire interior y el exterior es de 7.5°F. El volumen de aire contenido en el edificio es de 400,000 pies cúbicos.

- 1) De la tabla 6 se obtiene el flujo de aire en pies cúbicos/min/ pie cuadrado de entrada o salida (en esta tabla se asume el área de entrada igual al área de salida). Interpolando se obtiene que  $Q. = 79.5$  pies cúbicos/min/ pie cuadrado entrada o salida.
- 2) 
$$\begin{aligned} \text{Area de entrada} &= 150 \times 2 + 300 \times 2 = 900 \text{ pies cuad.} \\ \text{Area de salida} &= 325 \times 2 = 650 \text{ pies cuad.} \end{aligned}$$

El gasto de aire aumenta en vista que se tiene el área de entrada mayor que el área de salida, la relación entre

las dos  $\frac{900}{650}$  da un coeficiente de 1.4 aproximado que

referido a la figura 6 da un porcentaje de aumento de flujo del 15/100.

3) Por lo tanto:

$$SQ = 1.15 \times 79.5 \times 650 \text{ (área de salida)} = 59,500 \text{ pies cub./min.}$$

$$SQ = 3,570,000 \text{ pies cub./hora.}$$

4) Finalmente:

$$N = \frac{SQ}{\text{Volumen}} = \frac{3,570,000}{400,000} = 8.94 \text{ número de cambios/hora.}$$

Otro problema interesante es determinar los cambios de aire para un viento de 6 mph. (millas por hora), perpendicular al lado largo del edificio anterior.

Se asume que todas las ventanas están abiertas pero no se toman en cuenta las que están colocadas en los extremos cortos del edificio. Para obtener un mejor rendimiento se asume que las ventanas del monitor que reciben el choque del aire están cerradas y las otras abiertas.

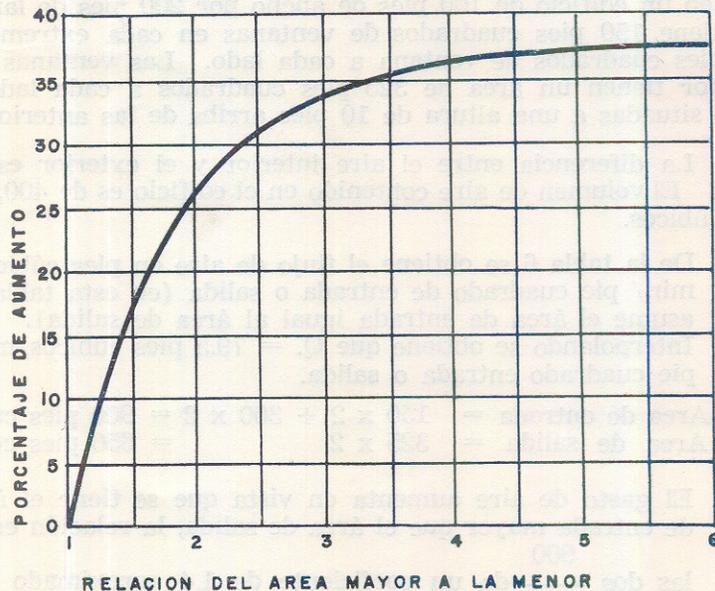


FIGURA 6

Resumiendo:

Area de entrada = 300 pies cuadrados.

Area de salida = 300 + 325 = 625 pies cuadrados.

- 1) La velocidad del aire es de 6 mph. =  $6 \times 88 = 528$  pies/  
(min.)
- 2) El área de las ventanas y aberturas tiene sus interrupciones por lo cual hay que aplicar el porcentaje de la tabla VII que es igual a 9.6.
- 3) Flujo del aire = área de entrada x velocidad aire x coeficiente.  $SQ = 300 \times 528 \times 0.6 = 95,000$  pies cub./ min.  
= 5,700,000 pies cub./hora.

$$4) N = \frac{SQ}{\text{Volumen}} = \frac{5,700,000}{400,000} = 14.2 \text{ cambios/hora.}$$

TABLA No. VI

Q = Flujo de aire en pies cúbicos por minuto por pie cuadrado de entrada o salida (para esta tabla se asume que las entradas y las salidas son iguales).

alturas de las entradas sobre las salidas = h (en pies)	D = Diferencia de temperatura entre el aire interior y exterior en °F								
	5°	10°	15°	20°	25°	30°	40°	50°	
5	46	66	79	93	104	114	130	145	
10	66	93	114	131	147	160	184	204	
15	81	114	139	160	170	196	225	250	
20	95	131	160	185	207	227	259	288	
25	106	147	179	208	231	253	290	324	
30	114	160	196	226	253	276	317	354	
35	124	173	211	244	272	298	343	383	
40	133	185	227	261	291	319	367	410	
45	141	196	240	278	309	338	389	433	
50	149	208	253	293	326	356	410	456	
60	160	228	278	321	356	391	450	500	
100	210	293	360	415	462	504	580	646	

TABLA No. VII

CORRECCIONES

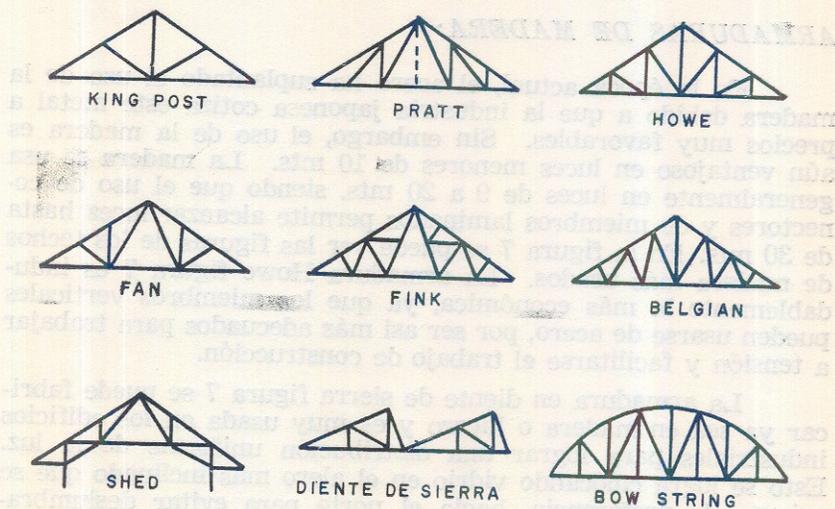
Dirección del viento	Sin monitor		Con monitor	
	perpendicular	diagonal	perpendicular	diagonal
Porcentaje de flujo	50	30	60	35

*VENTILACION MECANICA:*

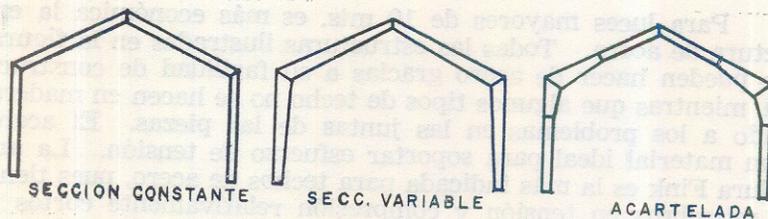
Se ha determinado que la ventilación natural depende de la diferencia de temperatura entre el ambiente exterior y el interior, de la velocidad del viento, de la posición del edificio y de la diferencia de altura entre la entrada y la salida del aire. Cuando no se tienen las condiciones favorables para este tipo de ventilación se recomienda la instalación de ventiladores eléctricos que proveen el movimiento de una cantidad dada de aire por minuto, aun en los periodos más cálidos y de mayor calma (viento). También es conveniente colocar ventiladores eléctricos en los puntos donde está instalada alguna máquina que produce excesivo calor. Los ventiladores se usan especialmente en las plantas donde no se permiten las aberturas de ventanas. Los fabricantes de ventiladores tienen diferentes medidas que varían con la capacidad del aparato, por este motivo no se incluye ninguna tabla ilustrativa.

*TECHOS:*

La planificación de los techos, guarda una relación directa con la planta de los edificios, razón por la cual se harán algunas consideraciones al respecto. En los E.E. U.U. de Norteamérica, hace algunos años, se planeaban los edificios de las fábricas siguiendo la forma de ciertas letras como U, H, E, T, L y F de acuerdo con la situación de los departamentos y el movimiento de los materiales. En ese mismo país en la época actual muchas compañías han adoptado la forma de un bloque macizo, con todas las operaciones en una misma planta y bajo un mismo techo. Las ventajas de esta solución son: el abaratamiento de los costos de construcción debido a que se necesita menos paredes, economía de terreno evitando patios intermedios y mayor flexibilidad cuando se quiere cambiar la situación de los departamentos auxiliares y la disposición de la maquinaria por algún nuevo producto que se desee fabricar. Siguiendo la idea de darle flexibilidad al edificio para los cambios interiores que se hagan ne-



ARMADURAS FIGURA 7



MARCOS RIGIDOS FIGURA 8

cesarios, se necesita tener luces grandes para evitar hasta donde sea posible, el estropezo de las columnas.

En los techos de las industrias se debe obtener grandes naves al mínimo costo, en vista de que así como la maquinaria, también el edificio tendrá que ser amortizado en un período no mayor de 10 años y la inversión incidirá en los costos de producción durante ese período. El tipo de cubierta que se utilice depende del valor del equipo instalado, ya que no se justificaría invertir en el edificio el doble del valor gastado en maquinaria.

### *ARMADURAS DE MADERA:*

En la época actual, el acero ha suplantado el uso de la madera debido a que la industria japonesa cotiza este metal a precios muy favorables. Sin embargo, el uso de la madera es aún ventajoso en luces menores de 10 mts. La madera se usa generalmente en luces de 9 a 20 mts. siendo que el uso de conectores y de miembros laminados permite alcanzar luces hasta de 30 mts. En la figura 7 se puede ver las figuras de los techos de madera más usados. La armadura Howe figura 7 es indudablemente la más económica, ya que los miembros verticales pueden usarse de acero, por ser así más adecuados para trabajar a tensión y facilitarse el trabajo de construcción.

La armadura en diente de sierra figura 7 se puede fabricar ya sea en madera o hierro y es muy usada en los edificios industriales para lograr una distribución uniforme de la luz. Esto se logra colocando vidrio en el alero más inclinado que se orienta de preferencia, hacia el norte para evitar deslumbramiento.

### *ARMADURAS DE ACERO:*

Para luces mayores de 10 mts. es más económica la estructura de acero. Todas las estructuras ilustradas en la figura 7 se pueden hacer de acero gracias a su facilidad de construcción, mientras que algunos tipos de techo no se hacen en madera debido a los problemas en las juntas de las piezas. El acero es un material ideal para soportar esfuerzo de tensión. La armadura Fink es la más indicada para techos de acero, pues tiene sus miembros en tensión y compresión relativamente cortos y su forma facilita la construcción. En los últimos diez años en Guatemala se han utilizado marcos rígidos de acero de los cuales se reproducen algunos tipos en la figura 8. Para estructuras menores de 12 mts. es más económico usar armaduras tipo Fink, mientras que para luces mayores es más económica la construcción con marco rígido.

El diseño plástico del marco rígido en vez del diseño elástico tradicional ha permitido diseñar las secciones más livianas usando el mismo factor de seguridad. En Guatemala, el diseño plástico se ha utilizado únicamente en los últimos años y constituye para los Ingenieros un método más rápido de diseño que el diseño elástico. Hay que hacer notar que el diseño plástico es útil únicamente en las estructuras estáticamente indeterminadas y tiene aplicación práctica cuando está sometido a cargas estáticas, como es el caso de un marco rígido.

El marco rígido tiene la ventaja de que puede ser erigido en el lugar antes de las paredes o se puede programar su construcción para tener listas las paredes a la altura de la solera hidrófuga, entonces se instalan los marcos y se siguen levantando las paredes sin pérdida de tiempo. Cabe también señalar que el marco rígido deja el interior de la fábrica sin ningún obstáculo que pueda perjudicar la difusión de la luz, el movimiento de los puentes grúa y la instalación futura de alguna máquina elevada. El mantenimiento y la limpieza son más baratos porque la superficie que presentan es muy reducida en comparación con las armaduras tradicionales que se mencionó.

#### *CUBIERTAS DE CONCRETO:*

Algunas industrias como las hilaturas y las artes gráficas necesitan acondicionamiento de aire en su proceso de producción. Esta operación consiste en mantener la temperatura ambiente y grado de humedad controlados, así como limpiar el aire de impurezas. El costo del equipo y de la operación de acondicionamiento está en proporción directa con el volumen de aire que hay que tratar; en este caso se recomiendan las construcciones con terraza de concreto que permiten un volumen mínimo y aíslan el edificio de la temperatura exterior.

En Guatemala la fábrica Copreca con licencia de la Sociedad Freyssinet de París y de la Cía. Spancrete Machinery Corporation de Milwaukee, Wisconsin, U.S.A., ha logrado producir recientemente planchas de concreto pretensado para techos "spancrete" en gruesos de 4", 6", 8", 10", por un metro de ancho. Estas planchas están diseñadas para cargas vivas de 40 y 100 libras por pie cuadrado. En el primer caso cubren luces de 18', 24', 33', 44', y en el segundo, luces de 12', 18', 26', 34'. En este sistema se utilizan cables de alta resistencia con un esfuerzo último de 250,000 libras por pulgada cuadrada que deben ser pre-esforzados a un mínimo del 60% del esfuerzo último antes de ser fundidos. Estas planchas prefabricadas son entregadas en la obra y colocadas sobre sus apoyos, tienen la ventaja de ser más económicas que las losas tradicionales y ahorran tiempo en la construcción. La misma compañía ha logrado fabricar también vigas rectangulares simplemente apoyadas en los extremos con secciones de 25 x 15 ó 30 x 15 cms. para luces hasta de 11 mts.

Para terminar se puede decir que el pretensado del acero ha permitido abaratar la construcción de las losas de concreto prefabricándolas y ha logrado, alcanzar luces que no se habían logrado obtener con el acero corriente.

## PISOS:

Vamos a tratar aquí únicamente de las losas de concreto fundidas sobre el suelo que es el material más indicado para instalaciones industriales por su resistencia, durabilidad, y bajo costo. Cuando el suelo no tiene facilidades de drenaje natural o la tierra es arcillosa se verifican cambios de volumen que pueden levantar la losa o provocar asentamientos; en estos casos se requiere estabilizar adecuadamente el suelo o proveer un drenaje francés. El drenaje francés consiste en una zanja de 50 a 75 cms. de profundidad con una pendiente de 0.25 a 0.50/100 en cuyo fondo se colocan tubos de 4 pulgadas de diámetro sin pegar. La zanja se llena hasta la mitad de pedrín y el resto de tierra. Para áreas grandes se necesitan varias filas de drenaje, a distancias de 7 a 15 mts. Cuando la configuración del terreno ofrece una pendiente natural para el drenaje, es suficiente hacer un relleno con arena gruesa o grava de 30 a 40 cms.

Cuando se funde pisos de gran extensión debe tomarse en cuenta la contracción que es de 0.5 a 1 cm. por cada 30 mts. Existen algunos sistemas para contrarrestar la contracción:

- a) Se divide el área en cuadrados o rectángulos no mayores de 6 mts. de lado y se funden alternativamente. Se dejan pasar por lo menos 24 horas para fundir las áreas intermedias.
- b) Se funde el piso en una sola plancha y se divide la superficie en secciones como las anteriores delimitadas por una sisa; al contraerse el concreto se formará la grieta en estas sisas.
- c) Se refuerza la losa en las dos direcciones colocando el 0.25% de hierro de la sección de la losa. Un piso de concreto sin refuerzo es muy probable que se agriete. Si se desea el piso para resistir el tráfico de cargas livianas y a la vez evitar la contracción, se puede usar una losa de 4" de grueso, armada con malla de alambre No. 8, soldado en cuadros de 4" de lado. Para resistir cargas más elevadas como camiones de 10 toneladas, se puede usar una losa de 6" con refuerzo de hierro de 3/8" en los dos sentidos, espaciado 12". Si el peso que pasará sobre la losa es mayor que el anterior se usará una losa de 8" con dos camas de hierro de 3/8" en los dos sentidos espaciados 12"; la primera cama se colocará a 1½" sobre el suelo y la segunda a 6". En el caso de una sola cama de hierro, ésta se colocará a la mitad del grueso de la losa, ya que

la tensión se puede producir en la parte superior o inferior de la losa. En la parte superior por algún asentamiento y en la inferior por una concentración de carga de rueda.

#### *ACABADO DE LOS PISOS:*

El acabado de los pisos de concreto, se logra corrientemente espolvoreando cemento y arena cernida sobre la losa recién fundida y alisándola con plancha de acero; la capa superficial que se forma es muy delgada y al poco tiempo empieza a levantarse. Para fábricas, cuando se desea un acabado liso y durable hay dos sistemas que han dado buenos resultados y a la vez son económicos.

- a) Sobre la superficie de la losa de concreto todavía fresco se extiende una capa de 3 ó 4 cms. de mortero de cemento y arena de río en la proporción de 1 a 3. Si no se aplica el mortero sobre el piso de concreto recién fundido debe quedar separado del hormigón inferior por medio de una hoja de papel aceitado, para evitar tensiones y grietas de contracción. Cuando se necesita un piso duro para tráfico intenso, se mezcla al mortero limadura de hierro o de acero.
- b) Se funde la losa de concreto. Después de dos o tres días se pasa la pulidora, luego se pinta el piso con una pintura transparente especial que tapa los poros del concreto.
- c) Hay también pavimentos industriales patentados de diferentes materiales. El pavimento de asfalto es tenaz, no resbaladizo, indicado para trabajo intenso. Puede construirse insensible a los ácidos, pero no es estable contra grasas, aceites, y combustibles derivados del petróleo. Los pavimentos de losetas de cerámica y de plástico son indicados para locales húmedos y son resistentes a los ácidos.

#### *Tipos de paredes de los edificios industriales:*

##### *Paredes de hierro galvanizado, aluminio, duralita.*

Las paredes de lámina galvanizada, aluminio y duralita acanaladas son cubiertas económicas y de peso liviano. La ventaja de estas láminas acanaladas es la rigidez considerable con relación al peso del material usado. Las láminas de asbesto cemento son generalmente más pesadas y más caras que las de

metal, pero tienen la ventaja que no se corroen y aíslan mejor de la temperatura exterior. Generalmente las paredes de lámina galvanizada y de duralita son más económicas que las de manpostería.

#### *Paredes de ladrillo de barro cocido.*

En Guatemala se fabrica dos tipos de ladrillo de barro cocido: el ladrillo tayuyo corriente y el ladrillo de barro cocido moldeado al vacío.

El ladrillo tayuyo es una mezcla de arcilla y agua de la cual se llenan unos moldes de madera que se dejan secar a la sombra de un cobertizo. Cuando el ladrillo tiene suficiente consistencia se pone a cocer en hornos alimentados por leña. El ladrillo que resulta de este proceso es poroso, disparejo, tiene grietas y por falta de control en la temperatura algunas partidas salen quemadas y otras sin cocción suficiente. El ladrillo de barro cocido moldeado al vacío se produce pasando la arcilla en una máquina que rompe el terrón y lo tritura. El material se mezcla con agua y pasa a un molino que lo desmenuza y de allí a otro molino refinador, por último pasa a una máquina que produce un vacío de 10 a 12 Kgs. por centímetro cuadrado, para extraerle el aire que había quedado retenido. Esta máquina está dotada de un tornillo sin fin que forza la pasta de arcilla a los moldes que les dan diferentes formas y medidas. Este ladrillo se coloca debajo de unas bóvedas donde se hace pasar una corriente de aire caliente que acelera el secado.

El último paso es la cocción del ladrillo que generalmente se lleva a cabo en los hornos tipo Hoffman de proceso continuo. Con este proceso se logran producir ladrillos perforados, tubulares y de formas tan diversas que difícilmente se podrían fabricar a mano.

#### *Ventajas del ladrillo de barro moldeado al vacío:*

- 1) Precio relativamente bajo.
- 2) Peso liviano (ladrillo perforado).
- 3) Resistente a cargas de compresión.
- 4) Impermeable.
- 5) Economiza mano de obra y la madera del encofrado en soleras (tubular).
- 6) Por su textura se economiza el cernido y el blanqueado (tubular).

### *Paredes de block, de poma y de concreto.*

Las paredes de block de concreto han tenido una gran aceptación y se siguen construyendo debido a su bajo costo. El block de poma es una mezcla de arena blanca con poma, arena de río, agua y cemento. El precio del block de poma, a pesar del aumento del costo de la vida, no ha sufrido ningún aumento sobre el precio de Q.120.00/millar que tiene desde hace más de 14 años. Es más, ahora se puede obtener de algunas fábricas hasta por Q.110.00 el millar puesto en obra. La competencia de precios ha obligado a bajar la calidad y como el elemento más caro es el cemento, algunas fábricas han reducido la proporción de este material en la mezcla. El resultado es que el agua de la lluvia y del subsuelo se filtra al interior de la pared por capilaridad. El costo del block representa aproximadamente el 25% del valor de la pared levantada con refuerzo, de ahí que un block de buena calidad aunque un poco más caro tendrá una influencia mínima en el valor final de la pared, por lo cual se recomienda usar blocks de buena calidad. El block de concreto es más caro, pero tiene la ventaja de ser impermeable y de soportar cargas más elevadas en compresión. Algunos ingenieros acostumbran levantar la pared hasta el nivel de la tierra con block de concreto y terminan la construcción con block de poma. Si se levanta toda la pared de block de poma se recomienda fundir la solera hidrófuga, es decir la solera al nivel del piso, de concreto para evitar que suba a la parte superior la humedad del cimiento.

En este caso es recomendable pintar las paredes exteriores con una lechada de agua y cemento para impermeabilización. Con este objeto se pueden usar también algunas pinturas a base de silicón que son generalmente de precio más elevado que la pintura a base del cemento que se citó.

### *Paredes de concreto.*

Para los edificios industriales se usan también las paredes de concreto. Este tipo de pared se usa en combinación con las columnas de concreto reforzado y es adecuada para resistir cargas de compresión. Estas paredes están sujetas a contracción y expansión, necesitan juntas que eviten la formación de grietas y rajaduras. El sistema de paredes de concreto es de construcción muy rápida, pero tiene el inconveniente de su alto costo porque necesita doble formaleta de madera, hierro de temperatura, además hay que hacer notar que el concreto no es tan buen aislante como los ladrillos perforados con espacio de aire intermedio.

## CONCLUSIONES

- 1) Si se examina la distribución geográfica de las industrias, se deduce que la gran mayoría están localizadas en el Departamento de Guatemala, siguiendo en su orden los Departamentos de Quezaltenango y Escuintla. Conviene crear en los suburbios de estas ciudades una zona industrial, con facilidades de luz, fuerza eléctrica, agua potable y urbanización completa. En la ciudad capital a lo largo de la Avenida Petapa, Zona 12, se pueden ver las instalaciones de varias fábricas formando una zona industrial, sin embargo, el constante crecimiento de la ciudad ha unido esta zona industrial con la residencial, de tal manera que no existe una separación marcada entre ambas. Los inconvenientes de las fábricas cerca de los centros urbanos son evidentes: humo, polvo, congestión de las calles en las horas de mayor tráfico. Conviene la organización de un parque industrial completamente separado de la ciudad.
- 2) La ciudad capital es la que reúne las condiciones ideales para la instalación de una fábrica, gracias a su posición geográfica, ya que está situada en el entronque de las principales carreteras del país, tiene servicio de energía eléctrica, agua, goza de un buen clima y se puede contratar mano de obra especializada. Estas facilidades para la industria han sido más poderosas que las ventajas de orden fiscal para que las industrias se establezcan fuera del Departamento de Guatemala.
- 3) El costo adicional de una buena iluminación y ventilación en una construcción industrial, es mínima y mejora notablemente las condiciones de trabajo que se traduce en un efectivo aumento de la producción.
- 4) Se recomienda la estructura de marco rígido para el techo industrial por la economía en el costo inicial de construcción, economía de mantenimiento y se presta a la instalación de maquinaria de altura considerable.

- 5) La cubierta más conveniente es la de duralita, que si bien aumenta la carga muerta sobre la estructura del techo, aísla del calor exterior y proporciona mejores condiciones de trabajo a los obreros. El costo adicional de este tipo de cubierta es mínimo comparado con la lámina galvanizada calibre 28.
- 6) Se recomienda levantar las paredes de mampostería por las ventajas que ofrece este material: es aislante del calor y de los ruidos, en caso necesario estas paredes se pueden demoler fácilmente para cambiar la disposición de la fábrica o agregar nuevos departamentos.
- 7) Para hacer la selección definitiva de la estructura y los materiales que se van a emplear, así como lograr una buena disposición de los departamentos de producción, es necesario cambiar impresiones previamente con el propietario o capataz de la industria, para conocer el proceso de producción y el capital de que se dispone para el financiamiento de la construcción, que afectan en cada caso la decisión final.

Dr. B.  
Ing. Enrique Gómez S.  
Director de la Escuela de  
Ingeniería Mecánica Industrial

Impresión  
Ing. Armando Vides Tovar  
Diseño

5) La cubierta más conveniente es la de dualita, que al  
bien muestra la carga sobre la estructura del  
techo, alia del color exterior y proporción mayor con-  
diciones de trabajo a los obreros. El costo adicional de  
este tipo de cubierta es mínimo comparado con la lámina  
galvanizada calibre 28.

6) Se recomienda levantar las paredes de mampostería por  
las ventajas que ofrece este material: es aislante del calor  
y de los ruidos, en caso necesario estas paredes se pueden  
diseñar fácilmente para cumplir la disposición de la  
fábrica o agregar nuevos departamentos.

7) Para hacer la estructura de acero, se han  
materiales que se van a emplear, así como se han  
disposición de los departamentos de producción, se necer-  
sario estudiar propuestas previas con el propietario  
o copistas de la industria para el proceso de pro-  
ducción y el método para el financiamiento de la obra  
asesor. que en cada caso la  
decisión final.

Juan E. Rey Rosa Q.

Vo. Bo.  
Ing. Otto Ernesto Becker M.  
asesor.

Vo. Bo.  
Ing. Enrique Godoy S.  
Director de la Escuela de  
Ingeniería Mecánica Industrial

Imprimase  
Ing. Amando Vides Tobar  
Decano.

## BIBLIOGRAFIA

Alford, L. P.  
J. R. Bangs

Manual de la producción.  
México, Uteha, 1953.

Alvarez, C. J. Armando

Guatemala, abastecimiento de agua.  
Tesis, Guatemala Universidad de San Carlos  
de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1961.

Colegio de Ingenieros

Tercer Congreso Nacional de Ingeniería  
del 18 al 24 de Junio, 1967.

Dunham, Clarence Whiting

Planning industrial structures.  
New York, Mc Graw-Hill, 1948.

Maynard, H. B.

Manual de Ingeniería de la producción industrial.  
Barcelona, Editorial Reverté, 1960.

Morales Roldán, Isidro

Abastecimiento de agua por medio de pozos.  
Experiencias en Guatemala. Tesis, Universidad  
de San Carlos de Guatemala,  
Facultad de Ingeniería, 1959.

Obiols del Cid, Ricardo

Clasificación preliminar de climas en la  
República de Guatemala.  
Tesis, Universidad de San Carlos de Guatemala,  
Facultad de Ingeniería, 1966.

Parker, Harry

Simplified design of roof trusses for.  
Architects and Builders.  
John Wiley & Sons, Inc. London, 1941.

Sheppard, T. Powell

Acondicionamiento de aguas para la Industria.  
Centro Regional de Ayuda Técnica, AIC, México.

TESIS DE REFERENCIA  
Nº  
SECRETARÍA DE LA BIBLIOTECA  
CENTRAL  
ESTADO DE GUATEMALA  
ESTADO DE GUATEMALA

---

ESTA TESIS SE TERMINO DE IM-  
PRIMIR EN LOS TALLERES DE  
EDITORIAL DEL EJERCITO, EN EL  
MES DE JUNIO DE 1968,  
GUATEMALA, C. A.

---