

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**GUÍA PARA EL DISEÑO  
DE LA INSTALACIÓN ELECTRICA  
DE UNA PLANTA FARMACÉUTICA**

TESIS

PRESENTADA A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA

FACULTAD DE INGENIERÍA

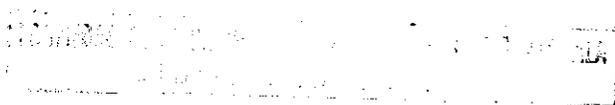
POR

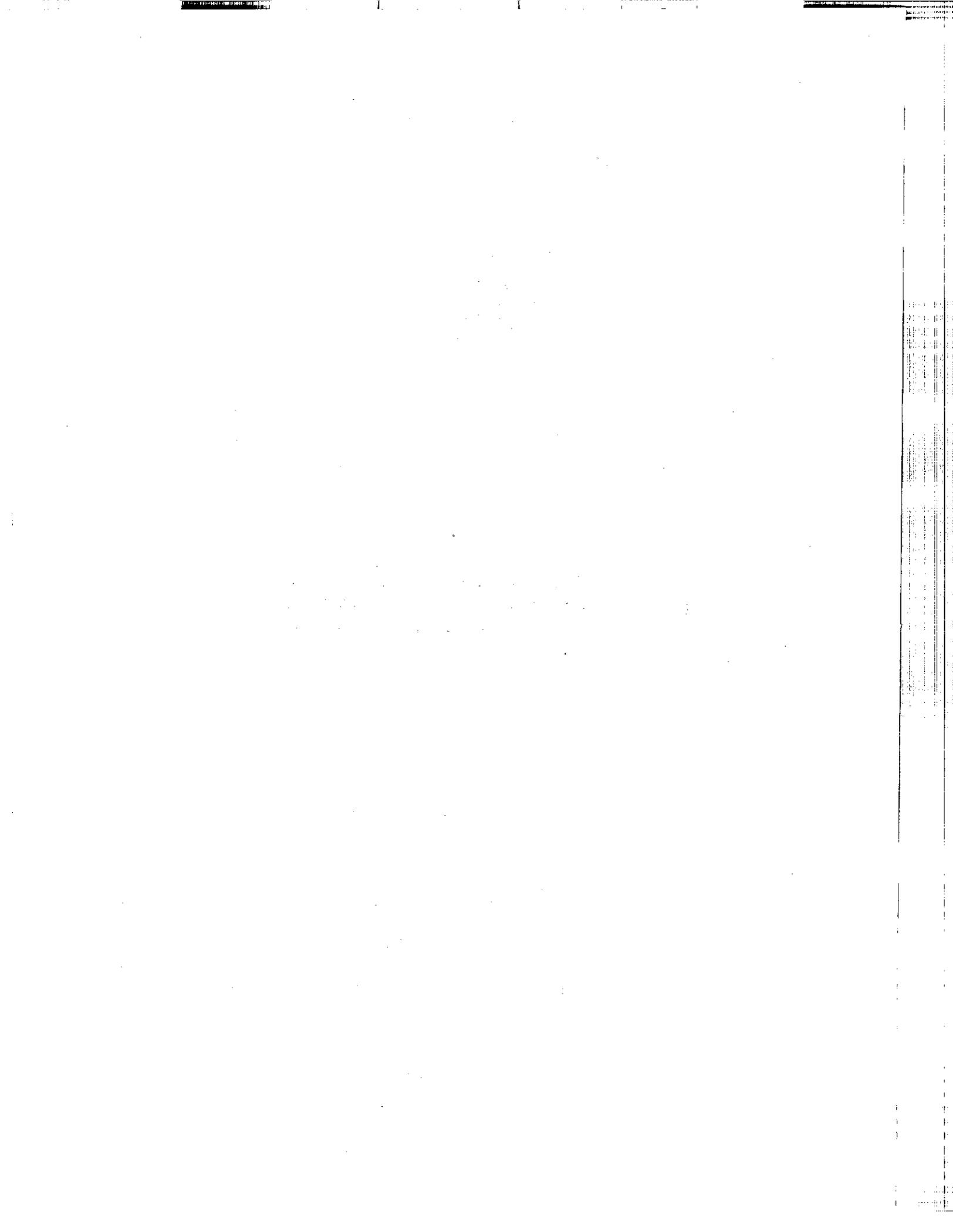
ALEJANDRO LÓPEZ MOTA

AL CONFERÍRSELE EL TITULO DE

INGENIERO ELECTRICISTA

GUATEMALA, JULIO DE 1996



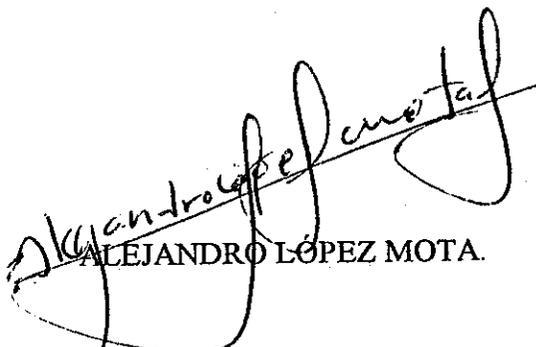


HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

**GUÍA PARA EL DISEÑO  
DE LA INSTALACIÓN ELECTRICA  
DE UNA PLANTA FARMACÉUTICA**

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería de Mecánica Eléctrica, con fecha 12 de junio de 1992.

  
ALEJANDRO LÓPEZ MOTA.



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

MIEMBROS DE JUNTA DIRECTIVA

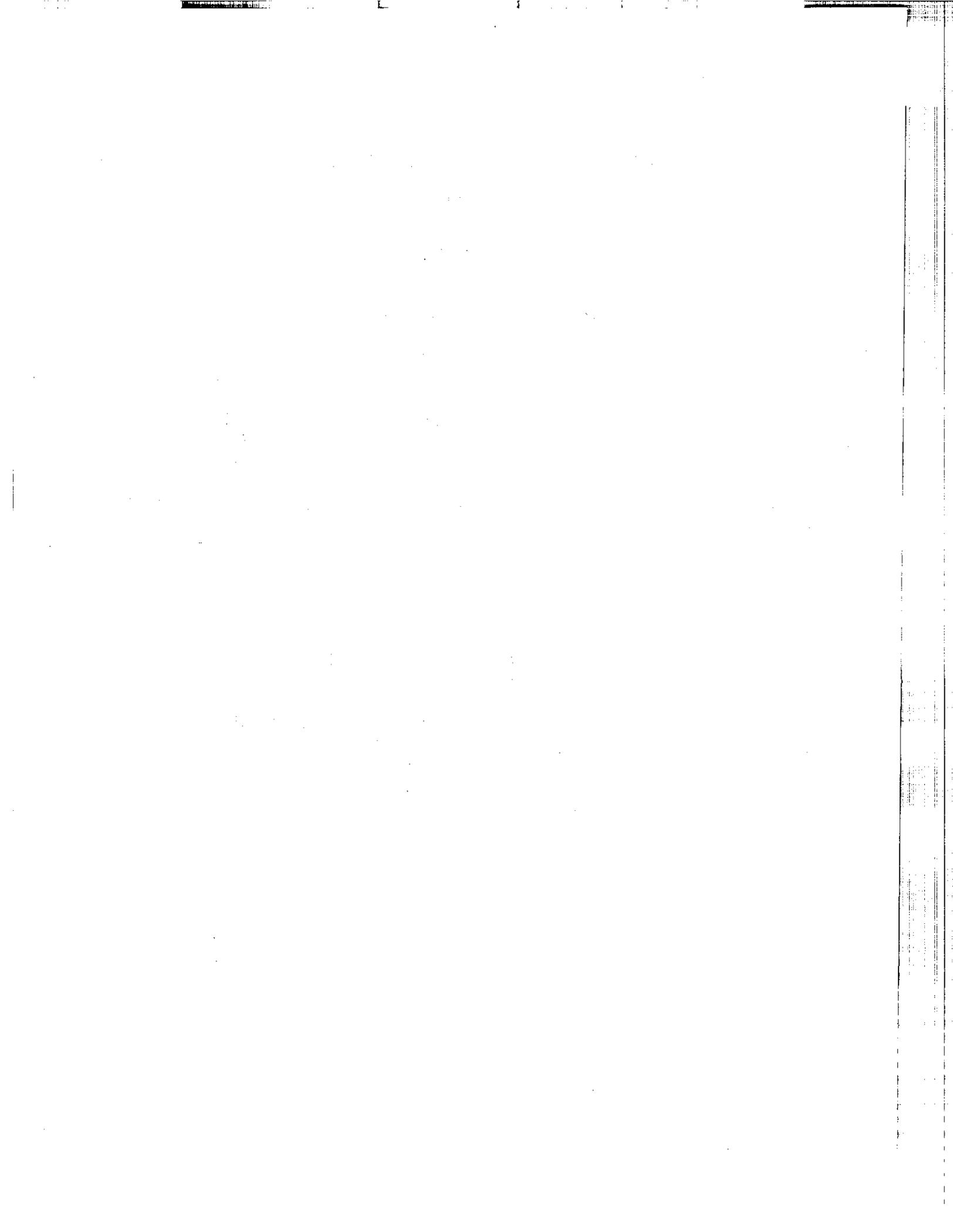
DECANO  
VOCAL 1ro.  
VOCAL 2do.  
VOCAL 3ro.  
VOCAL 4to.  
VOCAL 5to.  
SECRETARIO

ING. JULIO ISMAEL GONZÁLEZ PODSZUECK  
ING. MIGUEL ÁNGEL SÁNCHEZ GUERRA  
ING. JACK DOUGLAS IBARRA SOLORZANO  
ING. JUAN ADOLFO ECHEVERRÍA MÉNDEZ  
BR. FERNANDO WALDEMAR DE LEÓN CONTRERAS  
BR. PEDRO IGNACIO ESCALANTE PASTOR  
ING. FRANCISCO JAVIER GONZÁLEZ LÓPEZ

TRIBUNAL QUE PRACTICO EL EXAMEN  
GENERAL PRIVADO

DECANO  
EXAMINADOR  
EXAMINADOR  
EXAMINADOR  
SECRETARIO

ING. JORGE MARIO MORALES GONZÁLEZ  
ING. ENRIQUE RUIZ CARBALLO  
ING. JOSÉ LUIS HERRERA GALVEZ  
ING. ÁNGEL S. GARCÍA.  
ING. EDGAR JOSÉ BRAVATTI CASTRO



Guatemala,  
6 de noviembre de 1995

Ingeniero  
Luis Herrera Gálvez  
Coordinador Area Básica  
Escuela Mecánica Eléctrica  
Facultad de Ingeniería  
U S A C  
Ciudad

Señor Coordinador:

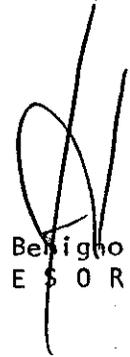
Atentamente me dirijo a usted, para informarle que he llevado a cabo la revisión del trabajo de tesis denominado: GUIA PARA EL DISEÑO DE LA INSTALACION ELECTRICA DE UNA PLANTA FARMACEUTICA, presentado por el estudiante ALEJANDRO LOPEZ MOTA, previo a optar al título de Ingeniero Electricista.

Me complace así mismo, informarle que el presente trabajo hace una importante aportación a la Ingeniería Eléctrica y será de mucha utilidad para los profesionales que se dediquen a diseño y/o mantenimiento de plantas industriales de tipo farmacéutico.

Finalmente, debo expresarle que el desarrollo del trabajo y las conclusiones del mismo, son responsabilidad del autor y del asesor.

Sin otro particular me es grato suscribirme,

Atentamente,



Ing. Gustavo Benigno Orozco Godínez  
A S E S O R

GBOG/Ldec.





**ACULTAD DE INGENIERIA**

Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería  
Mecánica Industrial, Ingeniería Química,  
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica  
Regional de Post-grado de Ingeniería  
Sanitaria.

Ciudad Universitaria, zona 12  
Guatemala, Centroamérica

Guatemala,  
6 de noviembre de 1,995

Ingeniero  
Edgar F. Montúfar Urizar  
Director  
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica  
Facultad de Ingeniería, USAC.

Señor Director:

Me permito dar aprobación al trabajo de tesis titulado: **Guia**  
para el diseño de la instalación eléctrica de una planta farmacéutica,  
desarrollado por el señor Alejandro López Mota.

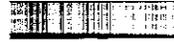
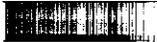
Sin otro particular, me suscribo de usted.

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. José Luis Herrera Gálvez  
Coordinador Area de Electrotecnia

JLHG/amtr



Vertical text or markings along the right edge of the page, possibly a page number or margin indicator.

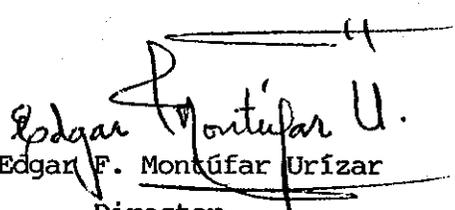


ACULTAD DE INGENIERIA

Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería  
Mecánica Industrial, Ingeniería Química,  
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica  
Regional de Post-grado de Ingeniería  
Sanitaria.

Ciudad Universitaria, zona 12  
Guatemala, Centroamérica

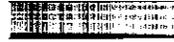
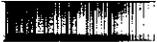
El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, después de  
conocer el dictamen del Asesor, con el Visto Bueno del Coordinador de  
Area, al trabajo de tesis del estudiante Alejandro López Mota,  
titulada: Guía para el diseño de la instalación eléctrica de una  
planta farmacéutica, procede a la autorización del mismo.

  
Ing. Edgar F. Montúfar Urizar

Director

Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica

Guatemala, 24 de enero de 1,996.



1  
 2  
 3  
 4  
 5  
 6  
 7  
 8  
 9  
 10  
 11  
 12  
 13  
 14  
 15  
 16  
 17  
 18  
 19  
 20  
 21  
 22  
 23  
 24  
 25  
 26  
 27  
 28  
 29  
 30  
 31  
 32  
 33  
 34  
 35  
 36  
 37  
 38  
 39  
 40  
 41  
 42  
 43  
 44  
 45  
 46  
 47  
 48  
 49  
 50  
 51  
 52  
 53  
 54  
 55  
 56  
 57  
 58  
 59  
 60  
 61  
 62  
 63  
 64  
 65  
 66  
 67  
 68  
 69  
 70  
 71  
 72  
 73  
 74  
 75  
 76  
 77  
 78  
 79  
 80  
 81  
 82  
 83  
 84  
 85  
 86  
 87  
 88  
 89  
 90  
 91  
 92  
 93  
 94  
 95  
 96  
 97  
 98  
 99  
 100

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



**FACULTAD DE INGENIERIA**

Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería  
Mecánica Industrial, Ingeniería Química,  
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica  
Regional de Post-grado de Ingeniería  
Sanitaria.

Ciudad Universitaria, zona 12  
Guatemala, Centroamérica

El Decano de la Facultad de Ingeniería, luego de conocer la autorización por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, al trabajo de tesis: Guía para el diseño de la instalación eléctrica de una planta farmacéutica, del estudiante Alejandro López Mota, procede a la autorización para la impresión de la misma.

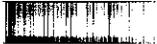
IMPRIMASE:

Ing. Julio Ismael González Podszueck

Decano

Guatemala, 8 de julio de 1,996.





Faint, illegible text or markings in the lower-left quadrant of the page.



## ACTO QUE DEDICO A

A DIOS EL ETERNO PADRE,  
A SU HIJO JESUCRISTO Y  
A EL ESPÍRITU SANTO.

POR PERMITIRME OBTENER CONOCIMIENTO EN  
ESTA VIDA, PARA PONERLO AL SERVICIO DE MI  
FAMILIA, MI PAÍS, Y LA IGLESIA DE JESUCRISTO  
DE LOS SANTOS DE LOS ÚLTIMOS DÍAS

A MI PADRE

ENRIQUE OMAR LÓPEZ GIL  
POR SU APOYO INCONDICIONAL EN LOGRAR MIS METAS

A MI MADRE

AJICIA MOTA VILLEGAS DE LÓPEZ  
PORQUE DESDE NIÑO ME ENSEÑO A ESTUDIAR Y EN MI  
JUVENTUD ME RECORDÓ LA IMPORTANCIA DE LAS  
SAGRADAS ESCRITURAS

A MI ESPOSA

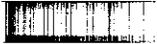
EMMA PATRICIA MEDINA DE LÓPEZ  
POR SU APOYO TOTAL EN MI FORMACIÓN PROFESIONAL

A MIS HIJOS

ALEJANDRO JOSÉ, CRISTEL ALEJANDRA Y CAROL ALEJANDRA  
POR SU COMPENSIÓN EN EL TIEMPO QUE NO LES HE  
DEDICADO PARA AVANZAR EN MIS ESTUDIOS.

A MIS HERMANOS

HECTOR ALFREDO, JORGE LUIS, ELEONORA, EDUARDO,  
FERNANDO, BENJAMIN, BEATRIZ, MARGOT, RAQUEL Y  
ADOLFO  
POR SU APOYO Y MOTIVACIÓN



11/11/2011

11/11/2011

11/11/2011

11/11/2011

11/11/2011

11/11/2011

11/11/2011

11/11/2011

11/11/2011

11/11/2011

11/11/2011

11/11/2011

11/11/2011

11/11/2011

11/11/2011

11/11/2011

11/11/2011

11/11/2011

11/11/2011

11/11/2011

11/11/2011

11/11/2011

11/11/2011

11/11/2011

11/11/2011

11/11/2011

11/11/2011

11/11/2011

11/11/2011

11/11/2011

11/11/2011

11/11/2011

11/11/2011

11/11/2011

11/11/2011

11/11/2011

11/11/2011

11/11/2011

11/11/2011

11/11/2011

11/11/2011

11/11/2011

11/11/2011

11/11/2011

11/11/2011

11/11/2011

11/11/2011

11/11/2011

11/11/2011

11/11/2011

## AGRADECIMIENTO A

ING. GUSTAVO OROZCO

POR LA ASESORÍA PROFESIONAL QUE ME OTORGO PARA PODER CONCLUIR MI TRABAJO DE TESIS.

ABBOTT LABORATORIOS

POR PROPORCIONARME LA INFORMACIÓN NECESARIA PARA TERMINAR MI TESIS LABORANDO COMO GERENTE DE INGENIERÍA DE PLANTA.

LABORATORIOS LAPROFA

POR PERMITIR QUE INICIARA MI TRABAJO DE TESIS, CUANDO LABORE COMO SUPERVISOR DE MANTENIMIENTO.

MEISA S. A.

POR HABERME DADO LA OPORTUNIDAD DE LABORAR PARA ELLA COMO SUPERVISOR TÉCNICO Y AYUDARME EN LOS ÚLTIMOS AÑOS DE ESTUDIO DE MI CARRERA.

INDE

PORQUE ME DIO LA OPORTUNIDAD DE ESTUDIAR Y TRABAJAR EN LOS PRIMEROS AÑOS DE MI CARRERA, LO CUAL ME PERMITE AHORA, LOGRAR ESTA META QUE ANHELE DESDE LA INFANCIA.



# GUÍA PARA EL DISEÑO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA PLANTA FARMACÉUTICA..

INDICE	
GLOSARIO	
I INTRODUCCIÓN	
II JUSTIFICACIÓN	
III ANTECEDENTES	
IV OBJETIVOS	

## CAPITULO 1.

PLANEAMIENTO DEL SISTEMA.	Pág.
1.1 CARACTERÍSTICAS DE UNA PLANTA FARMACÉUTICA.	1
1.2 REQUERIMIENTOS.	2
1.3 LINEAMIENTOS GENERALES.	7

## CAPITULO 2.

CRITERIOS BÁSICOS PARA EL DISEÑO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA.	13
---	----

## CAPITULO 3.

CRITERIOS DE DISEÑO PARA ÁREAS DE ALIMENTACIÓN Y SERVICIOS.	
3.1 SUBESTACION.	28
3.2 PLANTA DE EMERGENCIA.	35
3.3 SISTEMA DE AIRE COMPRIMIDO.	46
3.4 CALDERA.	54
3.5 AGUA POTABLE .	56
3.6 TALLERES DE MANTENIMIENTO.	61

## CAPITULO 4.

CRITERIOS DE DISEÑO PARA ÁREAS DE MANUFACTURA, CONTROL DE CALIDAD Y ADMINISTRATIVAS.	
4.1 ÁREAS DE MANUFACTURA.	62
4.2 ÁREAS DE CONTROL DE CALIDAD.	63
4.3 ÁREAS ADMINISTRATIVAS.	70

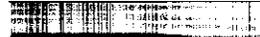
## CAPITULO 5.

EJEMPLO DE APLICACIÓN EN UN LABORATORIO TRANSNACIONAL.	71
--	----

## CAPITULO 6.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	
6.1 CONCLUSIONES.	98
6.2 RECOMENDACIONES.	99

## BIBLIOGRAFÍA



## **GLOSARIO.**

### **1. REQUERIMIENTOS**

Conjunto de especificaciones dadas por el Ministerio de Salud Publica través del departamento de Control de Medicamentos, basados en las buenas prácticas de manufactura que deben cumplirse.

### **2. BUENAS PRACTICAS DE MANUFACTURA**

Conjunto de normas desarrolladas en los Estados Unidos de Norteamérica, para la elaboración y distribución de alimentos y medicinas.

### **3. MANUAL DE PRODUCTOS ESTÉRILES**

Documento que contiene la información necesaria para trabajar en la manufactura de productos estériles, es decir, áreas libres de microorganismos.

### **4. BUENAS PRACTICAS DE LABORATORIO.**

Documento que contiene las normas, procedimientos y técnicas generales que deben practicarse en un laboratorio.

### **5. MANUFACTURA**

Acto de elaboración de un producto. Conjunto de operaciones que deben realizarse en una planta para la fabricación de un producto.

### **6. SANITIZACION**

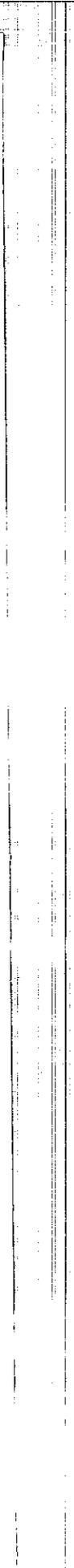
Acto de desinfectar un equipo o utensilios con productos especiales, como por ejemplo, el cloro.

### **7. CONTAMINACIÓN CRUZADA**

Situación que puede presentarse al darse la mezcla de componentes activos de dos o más productos farmacéuticos en el proceso de manufactura, debido al mal manejo de los mismos.

### **8. CERTIFICACIÓN DE UN AMBIENTE**

Es el proceso de verificación y comprobación por medio de pruebas con instrumentos calibrados, de que un ambiente determinado cumple con todas las características que se consideraron en el diseño.



## I INTRODUCCIÓN.

La necesidad de tener un documento que sirva de guía a profesionales de la Ingeniería Eléctrica que se dedican al diseño de instalaciones eléctricas y a los que realizan las actividades de mantenimiento de las industrias farmacéuticas nos motivo a realizar este trabajo.

Tal como su nombre lo indica, es una guía que contiene lineamientos generales, y no un proyecto específico en particular, sin embargo, la cantidad de conceptos, normas y técnicas que incluye, lo hacen de gran valor para el profesional que se dedica a éstas actividades.

En el capítulo 1, se describen las características de una planta farmacéutica y los requerimientos necesarios para su implementación en nuestro país, tal como lo especifica el Ministerio de Salud a través del Departamento de Control de Medicamentos, el cual incluye especialmente las normas relacionadas a la instalación física .

En seguida, se enumera una serie de criterios eléctricos que deben tenerse presente al momento de iniciar el diseño de una instalación eléctrica, o bien la ampliación de la misma. Estos criterios se definen brevemente y no se entra en detalle en el cálculo de los mismos, ya que esa información puede adquirirse en libros de texto de instalaciones eléctricas. El valor de este capítulo radica en la agrupación de los criterios y en llevarlos a la mente del profesional que se dedique al diseño de instalaciones en plantas nuevas o ampliación de las existentes.

Continuando con el desarrollo del trabajo, se integra información relacionada con las áreas de servicios, para las cuales se describen criterios técnicos y normas de aplicación, de códigos locales e internacionales, específicamente de la subestación eléctrica, la planta de emergencia y de una manera general de los sistemas de aire comprimido, agua potable, caldera de vapor y talleres de mantenimiento.

En la parte medular del trabajo se encuentran descritos los criterios técnicos para la instalación eléctrica de las áreas de manufactura y control de calidad, las cuales son diferentes a las de otras industrias debido a que deben cumplir con normas locales e internacionales, por el tipo de procesos y productos que realizan. Como un complemento a este capítulo, se agregan normas para las instalaciones de áreas administrativas.

Como ejemplo práctico, se describen las aplicaciones en tres áreas específicas de una planta transnacional, es decir, las áreas de líquidos, sólidos y un laboratorio microbiológico. En este capítulo, se aprovecha para describir los estándares de ingeniería de esta corporación, afectados por las normas nacionales, ya que siempre prevalece el criterio de que si la norma local es específica o más exigente que la corporativa, debe utilizarse la norma local.

Después de haber desarrollado el trabajo, el último capítulo incluye las conclusiones y recomendaciones que se consideraron pertinentes.



Vertical text or markings along the right edge of the page, possibly a page number or document identifier.

## II JUSTIFICACIÓN.

Para el diseño y construcción de una industria, es necesario contar con la asesoría técnica adecuada. Siempre debe tenerse presente que en el desarrollo y operación del proyecto estarán participando personas y que además se realizarán inversiones elevadas de capital en equipo y maquinaria que será necesario resguardar.

En nuestro país, existen laboratorios farmacéuticos que han laborado por más de 25 años. Al inicio estas industrias realizaron sus montajes con personal extranjero, pero a través de los años han hecho ampliaciones bajo la dirección de personas instruidas localmente.

Por las exigencias del mercado y la necesidad de desarrollo, éstos han mejorado y aumentado sus instalaciones, pero muchas veces lo han hecho con personal de sus plantas sin contar con la dirección técnica adecuada. Por otro lado se observa que nuevos empresarios invierten en instalaciones para dedicarse a la manufactura de productos farmacéuticos.

Debido al crecimiento de las industrias ya establecidas y a la confianza de aparición de nuevas, se ve la necesidad de una guía que contenga los lineamientos básicos y necesarios para garantizar la vida de quienes dependen de ellas y a la vez poder cuidar el equipo y maquinaria.

Es de mencionar que la manufactura de productos farmacéuticos es delicada en ciertas fases de sus procesos, debido a las materias primas que maneja, ya que éstas pueden ser inflamables, tóxicas o corrosivas.

NO.	NAME	GRADE	STATUS
1	...	...	...
2	...	...	...
3	...	...	...
4	...	...	...
5	...	...	...
6	...	...	...
7	...	...	...
8	...	...	...
9	...	...	...
10	...	...	...
11	...	...	...
12	...	...	...
13	...	...	...
14	...	...	...
15	...	...	...
16	...	...	...
17	...	...	...
18	...	...	...
19	...	...	...
20	...	...	...
21	...	...	...
22	...	...	...
23	...	...	...
24	...	...	...
25	...	...	...
26	...	...	...
27	...	...	...
28	...	...	...
29	...	...	...
30	...	...	...
31	...	...	...
32	...	...	...
33	...	...	...
34	...	...	...
35	...	...	...
36	...	...	...
37	...	...	...
38	...	...	...
39	...	...	...
40	...	...	...
41	...	...	...
42	...	...	...
43	...	...	...
44	...	...	...
45	...	...	...
46	...	...	...
47	...	...	...
48	...	...	...
49	...	...	...
50	...	...	...

### III ANTECEDENTES.

Para el establecimiento de industrias farmacéuticas en los Estados Unidos de Norteamérica, se han utilizado desde hace decenas de años como guía normativa para su diseño e implementación un conjunto de normas conocidas como las buenas prácticas de manufactura. Varias de las corporaciones, que tienen su sede en ese país, han establecido plantas para la manufactura de productos farmacéuticos en Guatemala. En nuestro país, no existían regulaciones específicas, por lo que las actividades farmacéuticas también eran normadas mediante este documento de las buenas prácticas de manufactura de los Estados Unidos.

A través de los años, se han establecido varias plantas farmacéuticas nacionales, las cuales han tenido la necesidad de aplicar estas normas en su diseño y montaje.

Hasta hace unos años, se elaboró por parte del departamento de control de medicamentos, un documento que contiene normas para la implementación y funcionamiento de establecimientos que se dediquen a la manufactura de productos farmacéuticos.

El conocimiento de estas regulaciones, es decir, las buenas prácticas de manufactura, dadas por el departamento de Control de Medicamentos del Ministerio de Salud, las cuales están basadas en las normas estadounidenses, y los estándares de ingeniería empleados en el diseño y montaje de estas plantas, que generalmente no se encuentran al alcance del profesional guatemalteco que tiene la oportunidad de realizar trabajos para este tipo de industrias.

Con el propósito de reunir las normas propias de la industria farmacéutica, las normas eléctricas generales y estándares de ingeniería aplicables en los Estados Unidos de Norteamérica y en Guatemala, se elaboró este documento para que pueda ser de utilidad al profesional que diseña y al que realiza actividades de mantenimiento.

Es importante mencionar que los documentos que sirvieron de base para este trabajo, especialmente los relacionados a las normas, como las buenas prácticas de manufactura, el NEC, el manual de la Empresa Eléctrica y los estándares de ingeniería, son actualizados periódicamente, por lo que es necesario utilizar siempre la última edición disponible.



#### **IV OBJETIVOS.**

##### **1. GENERALES:**

- A. Reunir los fundamentos teóricos con un enfoque práctico para poder diseñar una instalación eléctrica para una planta farmacéutica, la cual debe ser confiable, segura y económica.**
- B. Estructurar las normas y técnicas por áreas para facilitar la aplicación de las mismas, como subestación, generación, iluminación, etc.**
- C. Aplicar los conocimientos de Ingeniería en las ramas de subestaciones, generación, iluminación, etc.**

##### **2. ESPECÍFICOS:**

- A. Elaborar un documento útil al ingeniero que va a diseñar, así como al que realiza los trabajos de mantenimiento.**
- B. Describir equipo del campo de la industria farmacéutica.**
- C. Hacer hincapié en las normas de seguridad.**



## **CAPITULO 1.**

### **PLANEAMIENTO DEL SISTEMA.**

#### **1.1 CARACTERÍSTICAS DE UNA PLANTA FARMACÉUTICA.**

Una planta farmacéutica es un establecimiento en donde se elabora, empaca y se distribuyen medicamentos, alimentos de uso medico, cosméticos y productos de higiene en el hogar.

Una planta de este tipo deberá estar localizada en áreas libres de contaminación ambiental tales como crematorios, rastros, polleras, fábricas de plaguicidas, etc..

En Guatemala, no es permitido que se instalen laboratorios en áreas residenciales. A la vez, se deberá contar con una evaluación del impacto ambiental extendida por la Comisión Nacional del Medio Ambiente CONAMA.

Generalmente se encuentran varias áreas definidas en una planta farmacéutica, de las cuales la más importante es el área para producción en la que ubicamos los departamentos de metrología, líquidos, sólidos, semisolidos, granulación, mezcla, tableteado, encapsulado, áreas estériles, a la vez que se incluyen las áreas de acabado y/o empaque.

Asimismo, se encuentran las áreas de bodegas, en las que se guardan las materias primas y los materiales de empaque, los productos en proceso, y los productos ya terminados.

Para que las actividades se puedan desarrollar adecuadamente, es necesario que existan instalaciones diseñadas especialmente para ello.

Como parte del equipo de apoyo de toda industria, se requiere de un área administrativa que provea de un departamento de servicios de energía y mantenimiento, el cual provee de energía eléctrica, vapor, agua potable, aire comprimido, agua caliente, agua destilada, agua desionizada, y el recurso humano para los servicios de mantenimiento a el equipo, maquinaria e instalaciones.

De acuerdo con la práctica farmacéutica, es sabido que sus procesos requieren el manejo de materias primas líquidas y sólidas, unas con características inflamables como los anestésicos, el alcohol, y otras como medicamentos controlados por considerarse como drogas de uso delicado, tal es el caso de la codeína y muchos más, que necesitan un tratamiento especial.

Con base en lo que se ha descrito, puede decirse que un laboratorio farmacéutico es una planta que se dedica a la elaboración de productos para satisfacer las necesidades de sus clientes, desarrollando para ello una serie de procesos que requieren la observancia de las buenas prácticas de manufactura, y que en su diseño demanda un cuidado especial debido a los procesos que en ella se desarrollan y al tipo de materias primas que se manejan.

## **1.2 REQUERIMIENTOS PARA EL ESTABLECIMIENTO Y OPERACIÓN DE UNA PLANTA FARMACÉUTICA.**

### **A) REQUERIMIENTOS LEGALES**

De conformidad con lo que establece el artículo 130 del Código de salud, la instalación y funcionamiento de todo establecimiento destinado a la producción, almacenamiento, distribución y expendio de productos medicinales para uso humano, sólo podrá permitirse previa autorización de la Dirección General de Servicios de Salud (DGSS) a través del Departamento de Registro y Control de Medicamentos, Sección de supervisión, quedando sujetos todos estos actos al control respectivo. (Artículo 4 y 131 del Reglamento para el Control de Medicamentos, Estupefacientes, Psicotrópicos y Productos de tocador e Higiene Personal, del Hogar y Establecimientos Farmacéuticos).

### **B) REQUERIMIENTOS GENERALES**

Son los que deben cumplir todos los laboratorios sin importar el tipo de productos o formas farmacéuticas que deseen fabricar y distribuir. Se aplican también a establecimientos que se dediquen únicamente a maquila.

### **C) REQUERIMIENTOS ESPECÍFICOS**

La planta física de un laboratorio de manufactura de productos farmacéuticos, en lo posible, deberá ser diseñada por un equipo de profesionales de las diferentes disciplinas involucradas; esto permitirá que de acuerdo con la capacidad de la producción y a la diversidad de productos que se fabriquen, puedan planificarse las áreas apropiadas para la adecuada manufactura de productos farmacéuticos.

Las distintas operaciones se realizarán dentro de áreas específicamente definidas, de tamaño, espacio, iluminación y ventilaciones adecuadas. Según los procesos que se realicen, existirán áreas separadas o definidas para las operaciones de la empresa, a fin de prevenir la contaminación o confusión. Deberán existir las siguientes áreas.

#### **1. ÁREA ADMINISTRATIVA**

Debe existir un área destinada a la administración debidamente separada del área de producción, organizada de tal forma que permita un ágil flujo de recepción, manejo y egreso de documentos relacionados con la producción.

#### **2. ÁREA DE BODEGAS**

Las bodegas serán de tamaño, espacio, iluminación y ventilación adecuados.

Tendrán tarimas, o estanterías para evitar que los materiales o productos se encuentren directamente sobre el piso. Contarán con áreas separadas por pintura, malla, pilares con cuerdas o paredes según se desee. Estas áreas deben identificarse correctamente y son las siguientes:

**a) Recepción, identificación y cuarentena**

Deberá ser una sección claramente delimitada para el almacenamiento de materia prima, material de envase y empaque, cuyo propósito será evitar su uso antes que sea aprobado o rechazado por el Departamento de Control de Calidad. Se autorizan también los productos farmacéuticos pendientes de aprobación por el Departamento de Control de Calidad para autorizar su distribución en el mercado.

**b) Almacenamiento de materia prima y materiales**

Será un área aislada, diseñada y construida de tal forma que evite el riesgo de contaminación cruzada de los materiales que ahí se guardan. En ellas se almacenan los materiales y materias primas aprobados y debidamente identificados. Si existen procedimientos de identificación que garanticen un adecuado control, dentro de esta área podrán almacenarse los materiales en cuarentena y los productos en proceso (graneles).

**c) Almacenamiento de materias primas sujetas a control especial**

En caso que se manejen materias primas sujetas a control especial, de acuerdo a las reglamentaciones oficiales vigentes, habrá un local cerrado y adecuado para las mismas.

**d) Devoluciones**

Área definida en donde se colocan los productos devueltos al establecimiento y que se encuentran pendientes de la decisión correspondiente por parte del departamento de control de calidad.

**e) Almacenamiento de materiales en proceso-graneles**

Área definida para almacenar productos semiterminados, en forma ordenada.

**f) Almacenamiento en cuarentena de productos terminados**

En esta área, se localizan los productos farmacéuticos pendientes de la decisión final del Departamento de Control de Calidad para autorizar su distribución en el mercado.

### **g) Almacenamiento de productos terminados aprobados:**

Esta es una área definida para almacenar los productos farmacéuticos autorizados para su distribución en el mercado.

### **h) Área de metrología**

En esta área debe existir un espacio separado para colocar los materiales a ser pesados y los ya pesados, por el cual se ingresará a una área cerrada y debidamente acondicionada para evitar la contaminación cruzada. Contando con sistemas de inyección de aire y extracción de polvo, así como balanzas adecuadas para el tamaño de pesajes que se efectúen. Esta área debe encontrarse cercana al área de bodegas para facilitar el traslado de los envases (toneles, sacos) que se van a pesar.

Las operaciones de peso, adiciones o fraccionamientos deben realizarse por una persona y verificarse por otra.

## **3. ÁREA DE MANUFACTURA**

### **Operaciones de manufactura**

De acuerdo con las formas farmacéuticas que se elaboran, se contará con áreas que posean el tamaño, diseño, construcción y servicios adecuados para efectuar los procesos de manufactura correspondientes.

El conjunto de las áreas de fabricación tendrá espacio suficiente y funcional a fin de facilitar el flujo de los materiales. Las áreas de manufactura serán seguras y de acceso restringido.

Las áreas de manufactura y las áreas de envase, se deben mantener en iguales condiciones, debido a que el producto que se está fabricando se encuentra expuesto. Dichas áreas deben contar con pisos, paredes y techos de superficies lisas y duras, fáciles de limpiar, libres de fisuras. Preferiblemente las uniones entre pisos, paredes y techos deben de ser redondeadas para facilitar su limpieza; las ventanas deben ser de materiales de construcción que soporten la oxidación, sin grietas, fáciles de limpiar; los vidrios deben de ser de una sola pieza y deben de estar selladas. Las ventanas deben de estar al ras de la pared o la unión entre la base y el marco de las ventanas debe de ser redondeado.

Deberá contar con suministro de aire filtrado (inyección en la parte superior media con un difusor de cuatro lados y la extracción en la parte lateral inferior, con el objeto de que se distribuya el aire por todo el cuarto). La pureza del aire debe de lograrse por medio de prefiltros y filtros de 85-95%.

Las áreas de producción y envase no deben de servir de paso unas con otras; el acceso a cada área debe ser independiente y debe dar a un corredor o pasillo interno, con el objeto de evitar contaminaciones.

Las áreas con las que se deben contar depende de los productos que se fabriquen.

**a) Producción de líquidos y semisólidos**

(Jarabes, suspensiones, soluciones, cremas, etc.)

Puede utilizarse la misma área para producir líquidos y semisólidos cuando la producción es mínima, pero en casos en que la producción es mayor deben tenerse áreas separadas para evitar contaminaciones. Esta área debe ser independiente y el tamaño dependerá del equipo con el que se cuente, y se debe tomar en cuenta el movimiento del equipo y personal dentro del área.

Anexa a esta área debe encontrarse el área de envase de líquidos y semisólidos (dependiendo de lo que se fabrique). Esta área también debe ser independiente y debe contar con un agujero en la pared para el paso de las mangueras que llevan el producto manufacturado ya filtrado. El producto puede transportarse a esta área también por medio de un tanque con rodos bien sellado.

**b) Producción de semisólidos**

(Cremas, supositorios, óvulos, ungüentos, etc.)

En caso de que se produzcan semisólidos en un área separada, ésta debe reunir los mismos requisitos solicitados en el área de producción de líquidos.

**c) Producción de sólidos**

(tabletas, cápsulas, grageas, polvos, granulados, etc.)

En todas las áreas, debe contarse con inyección y extracción de aire filtrado según especificaciones dadas con anterioridad. Además de eso, debe contarse con extractores de polvos con el objeto de evitar la polución en el ambiente. Este extractor de polvos debe tener un colector de polvos y un filtro que no permita el paso del polvo al ambiente. Dicho colector puede ser móvil y debe tener una especie de gusano, en el cual la boca de succión este localizada muy cerca del lugar en donde se este generando el polvo.

Deben contar con las áreas que a continuación se describen, las cuales deben cumplir con los requisitos de construcción indicados. Las áreas dependen de los productos que se fabriquen.

- a) Área de mezcla seca.
- b) Área de granulación y mezcla húmeda.
- c) Área de hornos.
- d) Área de producción de tabletas.
- e) Área de producción de cápsulas.
- f) Área de grageado o cubierta.
- g) Área de envase de tabletas
- h) Área de envase de cápsulas.

- i) Área de envase de polvos.
- j) Área de envase de grageas.
- k) Área de envase de granulados.

Las áreas descritas anteriormente deben contar con un suministro de aire con presión negativa respecto a un pasillo interno, el que debe contar con aire con presión positiva respecto al corredor de paso de personal.

#### **d) Operaciones de manufactura de productos estériles**

Para conocer los requisitos de estas áreas, debe consultarse el manual de productos estériles.

#### **e) Calibración**

Deben contar con procedimientos escritos de la calibración de balanzas, manómetros de presión, termómetro de vidrio, mercurio, termocuplas, controles en equipos de esterilización, etc.

#### **f) Operaciones de empaque**

Las áreas de empaque pueden ser cerradas o abiertas, los materiales de construcción pueden ser diferentes, siempre que no sean difíciles de limpiar.

#### **g) Área de lavado**

Debe ser una área completamente delimitada, preferiblemente con paredes lisas, pintada con materiales que faciliten su limpieza, cercana a las áreas de manufactura. Debe de estar dotada con agua potable, agua desionizada y debe contar con drenajes tipo sanitario.

#### **h) Operaciones de Control y Laboratorio**

Será una área específicamente definida con las instalaciones, equipos requeridos y adecuados para realizar todos los procesos de control y pruebas analíticas, que cumplan con el reglamento de buenas practicas de laboratorio.

En caso de no contar con instalaciones propias, deberá de existir un contrato de servicio con un laboratorio externo debidamente autorizado.

#### **i) Área Social**

De acuerdo con las instalaciones de cada empresa, deben planificarse áreas para la preparación y consumo de alimentos, las cuales deberán estar separadas del área de manufactura.

Los alimentos deben guardarse, prepararse y comerse sólo en los lugares especialmente designados para este fin.

## **j) Área de Mantenimiento**

El edificio e instalaciones empleados en la manufactura, empaque y almacenamiento de un producto farmacéutico deberá recibir un mantenimiento adecuado.

Debe destinarse un local especial para guardar todo el equipo que sea necesario para dar a todas las instalaciones un mantenimiento continuo y programado.

Existirán instrucciones precisas de seguridad con el fin de evitar accidentes.

Deben existir procedimientos escritos del mantenimiento preventivo, curativo, de equipos y maquinaria, edificaciones, etc..

## **k) Área de Servicios Auxiliares**

Deberán existir baños y vestidores separados para mujeres y hombres, los cuales deben encontrarse debidamente identificados, manteniéndose limpios, con dotación de papel higiénico, jabón y toallas. Preferiblemente los artículos de limpieza deben ser desechables. Deberá contar con ventilación adecuada e iluminación suficiente.

Los servicios sanitarios deberán ser de fácil limpieza y accesibles a las áreas de trabajo.

## **1.3 LINEAMIENTOS GENERALES.**

### **a) Construcciones**

Cualquier edificio o edificios utilizados en la manufactura, empaque o almacenamiento de productos farmacéuticos serán del tamaño, construcción y ubicación apropiados para facilitar la limpieza, mantenimiento y operaciones adecuadas. Debe contar con espacio adecuado para la colocación ordenada del equipo y materiales para impedir que se mezclen las distintas materias primas, material de empaque, material en proceso o productos terminados y para impedir la contaminación.

Los pisos, paredes, ventanas y techos de las áreas de fabricación serán lisos y deberán construirse con material que no desprenda polvo, que sea impermeable, sin grietas, resistentes a fisuras, desgastes, oxidación u otro deterioro. Debe facilitar la limpieza y ser impermeable al agua y soluciones desinfectantes. La construcción debe impedir el acceso de insectos, roedores y otras plagas.

La tubería y ductos no deben quedar dentro de áreas de manufactura o envase de productos.

Debe diseñarse el flujo de materias primas, materiales de envase y empaque, productos semielaborados, a granel y terminados a través de las distintas áreas, de manera que se evite el

tránsito innecesario y especialmente el retroceso hacia las áreas en las que éstos han sido procesados o manejados previamente. El flujo fácil del personal y materiales permite reducir al mínimo el riesgo de confusión entre diferentes productos farmacéuticos y sus componentes, evita las posibilidades de contaminación por otras sustancias e impide la omisión de cualquier fase de fabricación y/o la inspección.

Las áreas adyacentes, vecinas o circundantes al edificio deben permanecer limpias, convertirse en áreas verdes o recubrirse de material apropiado para evitar contaminaciones de polvo y deben estar libres de basura, desechos, plagas y otros focos de contaminación.

#### **b) Iluminación**

Se proveerá iluminación adecuada en todas las áreas. Las lámparas deberán contar con protectores de fácil limpieza que impidan la acumulación de polvo y otros contaminantes, y para evitar la caída del material en caso de ruptura. Estas lámparas deberán encontrarse empotradas en el cielo falso y cuando se requiera existirá un sistema a prueba de explosión o humedad.

#### **c) Ventilación y filtración de aire**

Ventilar es hacer circular y remover el aire en algún sitio o local, con el propósito de eliminar el aire contaminado o viciado.

El nivel de ventilación se especifica por número de cambios por hora, que resulta de dividir la cantidad de aire inyectada al local entre el volumen del local.

El aire inyectado puede ser 100% aire fresco o una mezcla de aire fresco o renovado con aire recirculado del propio local, dependiendo (lo que se deberá especificar), de las condiciones de operación de cada local las cuales algunas veces permiten la ~~recirculación~~ recirculación, tomando en cuenta si se controla adecuadamente la contaminación de polvos y gases.

Los sistemas de filtración de aire deben incluir prefiltros y filtros para lograr la pureza de aire en un rango de 85-95%. (Deben presentarse planos de aire en el Departamento de Registro y Control de Medicamentos para su autorización).

#### **d) Balance de presiones**

La presión de aire en un local se especifica como positiva, negativa o neutral respecto a las áreas o locales adyacentes, con el fin de mantener un grado de limpieza en el aire, y confinar bajo control las operaciones normales de operación.

Si un local tiene presión positiva, el aire contenido en el mismo fluirá hacia las áreas o locales adyacentes con los cuales tiene comunicación a través de puertas o ventanas abiertas, y si su presión es negativa, el aire fluirá al contrario, y en las situaciones de presión neutral o de equilibrio, el aire no fluirá.

La presión positiva se especifica para un local, cuando el aire contenido en el local, es más limpio que en las áreas adyacentes.

La presión negativa se especifica para un local, cuando el aire contenido en el local, es sucio respecto al aire de las áreas adyacentes.

La presión neutral o de equilibrio se especifica para un local cuando la calidad del aire en el local y las áreas adyacentes es la misma.

#### **e) Medición de la presión de aire**

Los diferenciales de presión positivas o negativas que se requieren para el control de las áreas de trabajo son sumamente bajas y su medición se debe efectuar con instrumentos especiales.

Las medidas o unidades de presión no son de uso generalizado o común, y son normalmente especificados como milímetros o fracciones de pulgada por agua, las cuales son leídas por medio de manómetros de columna inclinada donde el agua coloreada sirve para la lectura diferencial de la presión, o por el uso de manómetros muy especializados como el manómetro marca Magnehelic que mide con precisión entre cero hasta tres pulgadas de agua.

#### **f) Humedad relativa**

La humedad relativa se expresa en % que va desde cero hasta 100%, de la cantidad de vapor de agua contenida en el aire, comparada con la cantidad máxima que podría contener en el aire, en condiciones de temperatura y condiciones dadas. La humedad relativa varía según los requerimientos del producto que se va a fabricar.

#### **g) Medición de la humedad relativa**

Para la medición de la humedad relativa, se utiliza el psicrómetro o el higrómetro de cabello; el psicrómetro es más exacto.

#### **h) Contaminación microbiana**

Sin ser un medio adecuado para el crecimiento de microorganismos, el aire es portador de muchas partículas, polvo y pequeñas gotas de agua que transportan microorganismos. El tipo y número de microorganismos transportados por el aire depende de la fuente en donde el aire ha sido contaminado, por lo que las condiciones ambientales en donde la planta está localizada influyen determinadamente en la calidad del aire exterior que será usado para la ventilación del aire de la planta.

La contaminación del aire de la planta no proviene solamente del exterior, ya que el personal al hablar, respirar, cantar, toser o estornudar, generan rocíos que contienen microbios del

tracto respiratorio y también es conocido que durante la actividad o trabajo de las personas generan miles de partículas contaminantes por minuto.

La actividad de la planta y los procesos de la misma levantan polvo que contienen microorganismos que son dispersados profusamente.

Factores como humedad relativa, temperatura, luz solar, velocidad de las corrientes de aire, tipo y nivel de contaminación por polvo o partículas, naturaleza de los microorganismos, etc. determinan la condición potencial de contaminación microbiana en el aire.

En condiciones de humedad relativa alta, se producirá condensación de agua que dará oportunidad al crecimiento de microorganismos.

Muchos de los microorganismos contaminantes que entran a las áreas de producción y empaque provienen de polvo asentado del aire en los recipientes de materias primas o empaques.

La contaminación microbiana, por lo tanto, debe de ser controlada de fuente exteriores e internas de la planta.

#### **i) Recirculación de aire**

La recirculación de aire en un local no puede ser el 100%, y se requiere desechar una cantidad que será repuesta con aire fresco, se indica como especificación de recirculación el porcentaje del aire fresco que se tendrá que reponer.

La recirculación de aire ofrece la ventaja de que el aire que se suministra al área de trabajo es filtrado y refiltrado varias veces, lo que favorece a mantener la limpieza del mismo, así como a mantener la humedad relativa requerida.

En operaciones que generen contaminación como polvo, partículas, etc., la recirculación de aire está permitida siempre que se instalen los equipos de extracción y recolección de polvos adecuados y que se instalen los filtros necesarios en los ductos de retorno.

#### **j) Equipos colectores de polvo**

(Para áreas en las cuales se maneja pesado, mezcla, envase de polvos).

Los equipos de recolección de polvo deberán ser de capacidad y eficiencia diseñadas para que su operación sea efectiva en el momento más crítico o sea cuando el proceso produce el máximo de contaminantes.

Los equipos de recolección de polvos deben ser muy eficientes, pues la descarga del aire filtrado se hace a la atmósfera o al área en donde se está produciendo.

Las bocas de succión de los equipos de extracción de polvos, deberán estar localizadas lo más cerca posible del origen de la generación de la contaminación.

Debe tomarse en cuenta la capacidad del equipo para que a pesar de que este funcionando exista presión positiva en el área.

#### **k) Aire comprimido**

Cuando el aire comprimido se utilizará para la limpieza de frascos o equipo que tiene contacto directo con el producto, éste deberá ser libre de aceite, agua y partículas.

#### **l) Suministro de agua cruda**

Se designa agua cruda al agua que se obtiene de fuentes naturales como ríos, lagos, nacimientos o pozos, la cual no ha sufrido ningún tratamiento.

Agua potable es la que llena un grado de calidad establecido por especificaciones sobre niveles y tipos de contaminación permitidos, que la hacen apta para el consumo humano, lo que se logra por el tratamiento del agua cruda por diversos procesos físicos y químicos, tal como filtración, floculación y clorinación, que depende de las condiciones iniciales del agua.

El agua suave es aquella en la cual los cationes de calcio y magnesio que conforman la denominada dureza, son removidos por sustitución con iones de sodio, logrado por intercambio ionico con zeolitas.

El agua desionizada se obtiene a partir del agua suave, a la cual por un proceso adicional de intercambio ionico se le han removido los aniones como cloro, sulfato, hidróxido, nitrato, bicarbonato, etc.

El agua destilada para la industria farmacéutica se obtiene por la destilación de agua desionizada, que hace uso de destiladores diseñados para obtener los requerimientos de alta pureza que son exigidos.

Ver diagrama de tratamiento y manejo de agua en la planta.

El agua que se utilizará en la manufactura de productos farmacéuticos orales o tópicos deberá ser desionizada. Para la manufactura de productos estériles, deberá utilizarse agua recién destilada.

#### **II) Tuberías, cañerías y drenajes**

Deberá existir una red de cañerías de agua potable, cuya distribución sea adecuada a las necesidades de la industria, libre de desperfectos que pudieran contaminar el agua y eventualmente a los productos o que representen un riesgo para la salud del personal.

Todas las tuberías y cañerías fijas deberán identificarse adecuadamente respecto al material que conducen, siguiendo la nomenclatura internacional que para ello existe. Además deberán estar libre de defectos que pudieran aportar contaminación a cualquier producto farmacéutico.

Deberán contar con una red de desagües de tamaño y capacidad adecuados, para permitir el drenaje de las aguas servidas de producción, desechos industriales y sanitarios. Estos desagües estarán provistos de una salida de aire, una trampa o algún dispositivo mecánico que evite el retrosifonaje.

Los desagües deben terminar en tal forma que no contaminen el ambiente y deben incorporarse al sistema general de desagües o a una fosa séptica.

#### **m) Aguas negras y desechos**

Las aguas negras, basura y otros desperdicios en y desde el edificio y las áreas vecinas serán recolectados y eliminados en forma segura y sanitaria para evitar contaminar el medio ambiente, de acuerdo con la legislación vigente (Ley de protección del medio ambiente).

## CAPITULO 2.

### CRITERIOS BÁSICOS PARA EL DISEÑO DE LA INSTALACIÓN ELECTRICA.

- 2.1 CRITERIOS FUNDAMENTALES.
- 2.2 CONDICIONES TÉCNICAS.
- 2.3 CONDICIONES DE SERVICIO.
- 2.4 CONDICIONES DE SEGURIDAD.
- 2.5 CONDICIONES ECONÓMICAS.
- 2.6 ASPECTOS TÉCNICOS.
  - 2.6.1 FACTOR DE POTENCIA.
  - 2.6.2 SECUENCIA DE FASES.
  - 2.6.3 AMPLIACIONES.
  - 2.6.4 SIMPLICIDAD.
- 2.7 ELEMENTOS DE DISEÑO DEL PROYECTO.
  - 2.7.1 ANÁLISIS DE LA DEMANDA.
  - 2.7.2 DETERMINACIÓN DE LAS FUENTES DE ABASTECIMIENTO.
  - 2.7.3 TIPOS DE SERVICIO Y SELECCIÓN DE VOLTAJES.
  - 2.7.4 PERDIDAS ADMISIBLES.
  - 2.7.5 CALCULO DE CONDUCTORES.
  - 2.7.6 SELECCIÓN DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN.
  - 2.7.7 CANALIZACIÓN ELECTRICA.
  - 2.7.8 LOCALIZACIÓN DE UTILIDADES.
  - 2.7.9 DISEÑO DE CIRCUITOS RAMALES.
  - 2.7.10 DISEÑO DE ALIMENTADORES.
  - 2.7.11 ACOMETIDA, SUBESTACION Y MEDICION.
  - 2.7.12 DISEÑO DE PROTECCIÓN Y TABLEROS.
  - 2.7.13 COORDINACIÓN DE PROTECCIONES.
  - 2.7.14 SISTEMA DE PROTECCIÓN ESTÁTICA.
  - 2.7.15 BALANCE DE LA CARGA.
  - 2.7.16 ILUMINACIÓN DE EMERGENCIA.
  - 2.7.17 INSTALACIÓN DE MOTORES.
    - 2.7.17.1 TABLERO GENERAL.
    - 2.7.17.2 PROTECCIÓN DE CIRCUITO DEL ALIMENTADOR.
    - 2.7.17.3 ALIMENTADOR.
    - 2.7.17.4 DESCONECTADOR.
    - 2.7.17.5 PROTECCIÓN DEL CIRCUITO RAMAL.
    - 2.7.17.6 CONDUCTOR DEL CIRCUITO RAMAL.
    - 2.7.17.7 CONTROLADOR DEL MOTOR.
    - 2.7.17.8 PROTECCIÓN DE MARCHA.
  - 2.7.18 ELABORACIÓN DE ESPECIFICACIONES.
  - 2.7.19 LISTA DE MATERIALES.
  - 2.7.20 PRESUPUESTO.
  - 2.7.21 PLANOS FINALES.

## 2.1 CRITERIOS FUNDAMENTALES

Una instalación eléctrica tiene por objetivo prestar servicio eléctrico a una carga o conjunto de cargas en forma adecuada, segura y económica.

## 2.2 CONDICIONES TÉCNICAS

Son requerimientos necesarios que deben satisfacerse para disponer en todas las salidas de un voltaje adecuado para el correcto funcionamiento de los equipos, dentro de un rango aceptable de fluctuación.

## 2.3 CONDICIONES DE SERVICIO

Los requerimientos de los equipos han resultado en la conveniencia de dividir los voltajes en zonas favorables y zonas tolerables. La zona favorable es aquella, dentro de la cual opera satisfactoriamente el equipo. La zona tolerable está por debajo y por encima de la zona favorable, y se reconoce como parte normal del rango de voltaje que puede presentarse con alguna frecuencia. Los equipos son capaces de trabajar todavía en esta zona de una manera más o menos satisfactoria. Los sistemas se deben diseñar de manera que se minimice la ocurrencia de valores de voltaje que caen en esta zona, (libro rojo IEEE).

### VOLTAJES EN EL PUNTO DE UTILIZACIÓN [IEEE]

VOLTAJE NOMINAL	ZONA FAVORABLE	ZONA TOLERABLE
120	110-125	107-127
120/240	110/220-125/250	107/214-127/254
120/208	114/197-125/216	111/193-127/220
240	220-250	210-254
480	440-500	420-510
2400	2200-2450	2100-2540
2400/4160	2200/3810-2450/4240	2100/3630-2540/4400

Tomando en consideración estas condiciones, se debe determinar el voltaje mínimo aceptable, y por lo tanto la pérdida de voltaje admisible en la instalación.

Estas pérdidas de voltaje pueden estar alrededor del 5% desde la entrada del servicio, hasta el punto más remoto de la instalación, ya que así nos mantendremos dentro de la zona favorable.

## 2.4 CONDICIONES DE SEGURIDAD

Aunque es aceptable un compromiso entre la economía y el riesgo material, en cualquier momento lo más importante es la seguridad de las personas.

Las normas de la EEGSA, el NEC y otros códigos respectivos pretenden precisamente garantizar la seguridad, obligando al uso de ciertos valores mínimos, otros máximos, y restringiendo el uso de algunos materiales.

Es recomendable para el proyecto de instalaciones eléctricas consultar la edición del NEC más reciente, ya que este se edita cada tres años.

## **2.5 CONDICIONES ECONÓMICAS**

Es necesario que al hacer trabajos de instalaciones eléctricas, se tome en cuenta el factor económico. El costo impone ciertas restricciones, pero éstas nunca deben afectar la seguridad de las personas.

Lograremos un diseño económico, si después de haber aplicado las normas de seguridad y hecho nuestros cálculos técnicos, gastamos lo menos posible para su cumplimiento. Esto implica:

- a) No sobrestimar la demanda.
- b) Evitar sobredimensionar los materiales.
- c) Usar los métodos de instalación más sencillos.

En las consideraciones económicas no hay nada absoluto, todo es relativo. Esto es especialmente cierto al hablar de la estimación de la demanda.

## **2.6 ASPECTOS TÉCNICOS**

Entre los aspectos técnicos más importantes que se deben tomar en cuenta se tienen los que a continuación se describen:

### **2.6.1 FACTOR DE POTENCIA**

Actualmente es sumamente necesario considerar el factor de potencia de una instalación eléctrica, ya que las empresas distribuidoras de la energía eléctrica están aplicando penalizaciones por tener un factor de potencia por debajo del 90%, lo que implica un sobrecosto por el servicio de la energía eléctrica.

Es recomendable que a motores de 10 HP o más se les corrija el factor de potencia en sus propios centros de control, mientras que a motores de menor capacidad es conveniente corregirles el factor de potencia en grupo.

En aplicaciones industriales es práctica normal corregir un porcentaje del factor de potencia en la misma subestación, lo cual puede ser un 10% de la capacidad de la subestación.

Si después de corregir el factor de potencia por sectores y por motores de 10 HP o más, no se logra un factor de potencia del 90 % o mayor, es conveniente entonces utilizar los centros

de capacitores autorregulables. En estos casos, es necesario verificar que el tiempo de respuesta del mismo coincida con el comportamiento de las máquinas.

La corrección del factor de potencia debe corroborarse en un período prolongado de operación del equipo y no en una lectura puntual.

#### **2.6.2 SECUENCIA DE FASES**

Generalmente, cuando se instala un equipo que requiere una alimentación trifásica, es necesario conocer la secuencia de fases de la instalación, por lo que es importante identificar desde el alimentador principal la secuencia de fases del mismo, es decir ABC o ACB, y es conveniente mantenerla en todos los tableros de distribución, haciendo los cambios necesarios en los arrancadores de las máquinas.

Para identificar la secuencia de fases, se pueden emplear conductores de colores como el azul, rojo, negro y blanco, o bien números del 1 al 4 o letras como la a,b,c, y n; no importa cuál nomenclatura se emplee, lo que se requiere es que se indique y se utilice en toda la instalación.

#### **2.6.3 AMPLIACIONES**

La previsión para expansiones es muy importante, especialmente en instalaciones industriales. Para ello, hay que balancear costos adicionales contra lo que costaría más adelante una remodelación completa. La previsión de expansiones es una espada de dos filos, porque si se excede en la estimación del crecimiento, el costo inicial podría resultar prohibitivo. Por otro lado, la falta de previsión también puede tener consecuencias graves. Es usual emplear un 20 % más de la capacidad necesaria al principio del proyecto, para cubrir el crecimiento del corto plazo, sin embargo, el mejor valor se puede obtener al conocer en detalle los planes de expansión de la empresa.

#### **2.6.4 SIMPLICIDAD**

Para la operación y el mantenimiento del sistema es sumamente importante que este sea lo más sencillo posible. Hay que evitar operaciones complicadas para controlar y aislar una falla en casos de emergencia. El buen mantenimiento es facilitado por un sistema simple, fácilmente accesible a revisiones. La simplicidad también resulta en beneficios económicos.

## **2.7 ELEMENTOS DE DISEÑO DEL PROYECTO.**

El proyecto de una instalación abarca entre otros los siguientes pasos:

- 2.7.1 Análisis de la demanda.
- 2.7.2 Determinación de las fuentes de abastecimiento.
- 2.7.3 Tipos de servicio y selección de voltajes.
- 2.7.4 Perdidas admisibles.
- 2.7.5 Cálculo de conductores.
- 2.7.6 Selección de sistemas de distribución.
- 2.7.7 Canalización eléctrica
- 2.7.8 Localización de utilidades.
  - 2.7.8.1 Subestaciones y tableros.
- 2.7.9 Diseño de circuitos ramales.
- 2.7.10 Diseño de alimentadores.
- 2.7.11 Diseño de acometida, subestación y medición.
- 2.7.12 Diseño de protección y tableros.
- 2.7.13 Coordinación de protecciones.
- 2.7.14 Sistema de protección estática.
- 2.7.15 Iluminación de emergencia.
- 2.7.16 Balance de la carga.
- 2.7.17 Instalación de motores.
- 2.7.18 Elaboración de especificaciones.
- 2.7.19 Lista de materiales.
- 2.7.20 Presupuesto.
- 2.7.21 Planos finales.

### **2.7.1 ANÁLISIS DE LA DEMANDA**

Este punto es vital y no tan fácil de determinar, especialmente en complejos industriales, en donde es necesario conocer los procesos para su determinación.

La carga que se va a conectar comprende básicamente: iluminación, calefacción y/o aire acondicionado, y fuerza motriz. El NEC presenta varias tablas para encontrar la demanda en diferentes aplicaciones.

Es necesario conocer ciertos términos para el estudio de la demanda.

**POTENCIA INSTALADA:** suma de las potencias de todas las cargas instaladas.

**DEMANDA:** es la potencia total requerida en un momento dado.

**DEMANDA MÁXIMA:** la demanda mayor en un período.

**FACTOR DE DEMANDA:** relación entre la demanda máxima y la carga total instalada ( su valor es menor de 1).

**FACTOR DE DIVERSIDAD:** relación entre la suma de demandas máximas parciales a la demanda máxima total de un sistema ( su valor es mayor de 1 ).

La mejor manera de obtener estos factores es conociendo los procesos de cada planta industrial.

### **2.7.2 DETERMINACIÓN DE LA FUENTE DE ABASTECIMIENTO**

Este punto se refiere a averiguar con la empresa más cercana las condiciones exigidas para la conexión del servicio. En caso de distancias grandes a las líneas de distribución de la misma, hay que considerar la posibilidad de una planta propia, de acuerdo con la demanda de la instalación. También cae dentro de este punto el análisis de la conveniencia de instalar una planta u otros servicios de emergencia.

### **2.7.3 TIPOS DE SERVICIO Y SELECCIÓN DE VOLTAJES**

En baja tensión se utiliza uno de los siguientes sistemas generalmente: Delta en 120/240, o Estrella en 120/208 voltios; en el capítulo de subestaciones, se da más información para tomar la decisión de cuál de las dos conexiones se deberá escoger.

### **2.7.4 PERDIDAS ADMISIBLES**

Las pérdidas de voltaje en el sistema afectan la operación satisfactoria de los motores y el demás equipo, los cuales deberían estar trabajando normalmente dentro de la zona favorable, y lo más cerca posible de su valor nominal, para su máxima eficiencia.

Considerando que la regulación de voltaje de las empresas distribuidoras no está definida exactamente se debe tratar de que la pérdida de voltaje dentro de nuestro sistema sea del 5% o menos, para que el voltaje de utilización en el punto más lejano sea aceptable.

El valor recomendado del 5% se puede distribuir así: 2% desde la acometida hasta los tableros secundarios, 2% en los alimentadores de los circuitos ramales, y el 1% restante para las ramificaciones pequeñas.

### **2.7.5 CALCULO DE CONDUCTORES**

Para el cálculo de conductores, se deben de emplear los criterios de corriente, la regulación del voltaje y el criterio financiero.

### **2.7.6 SELECCIÓN DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN**

La mayoría de las veces se utilizará un sistema radial simple por su economía, el cual consiste en instalar un alimentador principal y a partir de él otros alimentadores a los cuales se conectan las cargas.

### **2.7.7 CANALIZACIÓN ELECTRICA**

Es el medio a través del cual se instalan los conductores eléctricos para proveerles de una mayor protección mecánica.

En instalaciones pequeñas, medianas y grandes se utilizaran ductos, canaletas y tuberías; y sólo habrá que escoger el tipo más adecuado tomando en consideración factores de calidad, costo y tipo de instalación.

### **2.7.8 LOCALIZACIÓN DE UTILIDADES.**

#### **2.7.8.1 SUBESTACION Y TABLEROS**

La localización adecuada de subestaciones y tableros es muy importante, ya que afecta directamente la longitud de los circuitos de baja tensión, y por lo tanto las pérdidas correspondientes.

La recomendación general es montarlos lo más cerca posible de los centros de máxima carga. Por supuesto que hay otros aspectos que pueden limitar esto, como consideraciones arquitectónicas y/o estructurales, ventilación, tráfico de vehículos y personas, etc.; es necesario discutir el caso con el ingeniero o arquitecto del proyecto. Toda entrada de servicio debe estar puesta a tierra y es indispensable poner a tierra todos los tableros de distribución. Se debe recordar que las tierras sirven para distintas protecciones, como son:

- a) Limitar voltajes excesivos debidos a rayos, transitorios de líneas, contacto con líneas de mayor voltaje durante la operación normal del sistema.
- b) Prevenir un voltaje contra tierra de toda clase de materiales conductores que cubren o forman parte de equipos eléctricos.
- c) Facilitar la operación de la protección en caso de fallas a tierra.

Para la protección contra rayos (NEC 250-131) en servicios abajo de 1000 voltios, la tierra del mismo debe ser interconectada con la del sistema.

Los electrodos de tierra de preferencia deben quedar accesibles para poder verificar regularmente su resistencia a tierra.

Los interruptores de iluminación deben de ubicarse a 1.20 metros del suelo, en el lado opuesto a la sujeción o apoyo de las puertas; los tomacorrientes deben instalarse a 0.30 metros sobre el nivel del piso y a 3 metros linealmente uno del otro; las luminarias deberán instalarse de acuerdo con el cálculo obtenido en el diseño de iluminación, lo cual dependerá de la tarea que se efectúe en los ambientes y el tipo de luminarias que se va a emplear.

### **2.7.9 DISEÑO DE CIRCUITOS RAMALES**

El primer paso en el diseño es fijar las cargas en un plano a escala adecuada. Las cargas lumínicas se colocarán de acuerdo con el diseño previo y las cargas de fuerza de acuerdo con las necesidades presentes y futuras.

También hay que fijar inmediatamente el punto de control (interruptores) de los distintos elementos de alumbrado.

Para la iluminación, se pueden utilizar circuitos de 15 o 20 amperios y la carga de diseño no debe exceder el 80% de los valores nominales, para dejar un margen suficiente. Nunca se deben diseñar los cortacircuitos cargados al máximo, porque esto ocasionaría su recalentamiento, disparo en falso, y falla prematura.

Es conveniente dejar los circuitos de fuerza y de iluminación separados, aunque pueden utilizar la misma tubería.

A continuación, se unen sobre el plano las cargas que van a constituir cada circuito ( que se deben identificar adecuadamente), buscando siempre el desarrollo más corto de tuberías y longitudes de líneas.

Los tomacorrientes o armaduras para cargas no definidas (uso general), se consideran con un consumo promedio de 100 VA. Unidades de mayor consumo deberán ir en circuitos separados, adecuados a su potencia.

Con los circuitos ya establecidos, se calcula el conductor empleando los criterios de consumo de corriente, de caída de voltaje y el financiero.

Es necesario mencionar que para la iluminación es conveniente dejar una parte como circuitos de iluminación de emergencia que deben ser alimentados por la fuente normal de energía eléctrica y un generador u otra fuente de emergencia.

### **2.7.10 DISEÑO DE ALIMENTADORES**

El diseño de los alimentadores a tableros de circuitos ramales se realiza utilizando factores de demanda, es decir, se toma en cuenta la probabilidad de coincidencia de toma de carga de las distintas cargas y se revisa la regulación con un 2% de caída de tensión.

### **2.7.11 ACOMETIDA, SUBESTACION Y MEDICION**

La subestación deberá tener la capacidad para la carga total presente y futura prevista (a corto y mediano plazo) de todos los tableros de distribución, aplicando los factores de demanda y diversidad correspondientes.

La omisión de esto resultaría en una instalación demasiado grande, y por lo tanto con costo excesivo, sin ningún beneficio para el usuario. Para ampliaciones a largo plazo, es muchas veces conveniente dejar previsto espacios y tuberías vacías, ya que sería antieconómico tener capital muerto invertido, y además tener que pagar pérdidas de energía adicionales en los transformadores. Solamente un análisis detenido en cada caso en particular puede resolver este problema.

La medición debe diseñarse de acuerdo con las indicaciones de la empresa eléctrica correspondiente, y dejar previsto los soportes para los transformadores de medición y sus accesorios.

Finalmente, la acometida deberá ser efectuada también según las indicaciones de la empresa abastecedora de energía, no olvidando que todo servicio debe ser puesto a tierra en la entrada.

### **2.7.12 DISEÑO DE PROTECCIÓN Y TABLEROS**

La protección de cada circuito ya sea ramal o alimentador, se escogerá basados en :

- a) Tamaño nominal: tomando en consideración la carga conectada, así como los factores de demanda y diversidad, y el voltaje de operación.
- b) Capacidad de interrupción: de acuerdo con el cálculo de cortocircuito en el punto de ubicación del dispositivo.
- c) Tipo de dispositivo: de acuerdo con el tipo de falla contra la cual se pretenda proteger el sistema. Se recomienda utilizar una sola marca comercial en toda la instalación, y no mezclar diferentes marcas.

Es indispensable verificar que los calibres calculados para los conductores respectivos sean los indicados para soportar tanto la corriente nominal, como la de cortocircuito.

Los tableros de distribución se escogerán según el número y capacidad de los circuitos, es conveniente dejar previsto una ampliación futura, para lo cual se dejan espacios libres para montar cortacircuitos adicionales. La capacidad de las barras del tablero deberá ser adecuada para esta ampliación.

#### **2.7.13 COORDINACIÓN DE PROTECCIONES**

Las protecciones deberán instalarse en orden ascendente desde la carga, los ramales secundarios, el interruptor principal y la subestación, para permitir una operación correcta de la operación del sistema.

#### **2.7.14 SISTEMA DE PROTECCIÓN ESTÁTICA**

Es conveniente instalar un sistema de protección estática para permitir un paso favorable a las descargas atmosféricas y evitar así daños a las instalaciones. El diseño del mismo dependerá de las dimensiones y forma del edificio, por lo que es necesario consultar a un experto en la materia para la elaboración del mismo.

#### **2.7.15 BALANCE DE CARGA**

Es necesario distribuir convenientemente la carga monofásica, tanto la de 120 vac, como la de 240 vac, para evitar sobrecalentamientos en los transformadores de la subestación cuando se tiene un servicio trifásico en la misma.

#### **2.7.16 ILUMINACIÓN DE EMERGENCIA**

Es una norma que debiera cumplirse en las industrias, la cual ayudará a la protección del personal, especialmente cuando éste labora por la noche. Este sistema puede estar alimentado por el generador de emergencia o bien por un acumulador; lo ideal es que existan ambos tipos de servicio.

#### **2.7.17 INSTALACIÓN DE MOTORES**

La instalación de un motor se deberá realizar de acuerdo al siguiente diagrama esquemático según el NEC.

#### **2.7.17.1 TABLERO GENERAL.**

- a) Protección del alimentador.
- b) Alimentador.
- c) Desconectador.
- d) Protección circuito ramal (fusibles).
- e) Conductor circuito ramal.
- f) Controlador del motor (cuchillas).
- g) Protección de marcha de sobrecorriente (unidad térmica).

Motor.

#### **2.7.17.2 PROTECCIÓN DE CORTOCIRCUITO DEL ALIMENTADOR**

El alimentador que lleva la corriente a cargas fijas especificadas de uno o más motores; deberá tener un dispositivo de protección con un valor no mayor que el valor de protección de cortocircuito del circuito ramal del motor más grande, más la suma de las corrientes a plena carga de los demás motores.

En el caso de previsión para ampliaciones, esta protección se puede basar en la ampacidad de los conductores.

#### **2.7.17.3 ALIMENTADOR**

El calibre mínimo que se va a usar será el que tenga una ampacidad equivalente al 125% de la corriente a plena carga del motor más grande, más la suma de las corrientes a plena carga de todos los demás motores.

#### **2.7.17.4 DESCONECTADOR**

El desconectador debe de estar a la vista del operador del motor (puede estar incorporado a la caja del controlador), y debe abrir simultáneamente todos los conductores vivos, debiendo tener un indicador de posición completamente visible. Puede estar constituido por un interruptor de motor (con indicación de su potencia), o un cortacircuitos.

Para motores pequeños, de 2 HP o menos, se permite utilizar interruptores corrientes, que

tengan una capacidad nominal de dos veces la corriente del motor. Para motores portátiles, la espiga del enchufe correspondiente se considera como desconectador.

#### 2.7.17.5 PROTECCIÓN DEL CIRCUITO RAMAL

Este dispositivo debe ser capaz de llevar la corriente de arranque del motor, se recomienda un valor no mayor del tabulado a continuación:

##### VALOR MÁXIMO DE PROTECCIÓN RAMAL

##### PORCENTAJE DE LA CORRIENTE A PLENA CARGA

TIPO DE MOTOR	FUSIBLES		CORTACIRCUITOS	
	SENCILLO	DOBLE RETARDADO	INSTANTÁNEO	TIEMPO INVERSO
Monofásicos, sin código	300	175	700	250
Todos los motores monofásicos y trifásicos de jaula y sincrónicos, arranque directo, con resistencia o reactancia, con código				
-- --	300	175	700	250
F - V	300	175	700	250
B - E	250	175	700	200
A	150	150	700	150

Se permite la conexión de varios motores en el mismo circuito ramal para el caso de potencias no mayores de 1 HP.

#### 2.7.17.6 CONDUCTOR DEL CIRCUITO RAMAL

Los circuitos ramales que alimentan un solo motor, deberán tener una ampacidad no menor que el 125% de la corriente a plena marcha. En el caso de varios motores, vale la regla del 125% para el mayor, más el 100% de suma de los demás.

#### 2.7.17.7 CONTROLADOR DEL MOTOR

El controlador es cualquier dispositivo utilizado para arrancar y parar normalmente cualquier motor.

Para motores no mayores de 1/8 de HP, se permite el uso del protector del circuito ramal (d) como controlador.

Para motores de hasta 1/3 de HP de tipo portátil, el controlador puede estar constituido por la espiga del enchufe.

Para los demás motores, el controlador debe cumplir los requerimientos siguientes:

- a) Ser capaz de interrumpir la corriente de rotor bloqueado.
- b) Tener una capacidad en HP no menor a la del motor.
- c) Interrumpir una corriente dos veces la nominal.

No se requiere que el controlador abra todos los conductores vivos. Se permite el uso de un solo controlador para varios motores que forman parte de una sola máquina, o formen un grupo que este instalado en el mismo cuarto donde está el operador.

#### **2.7.17.8 PROTECCIÓN DE MARCHA**

Esta protección muchas veces se vende como parte integral del motor. Su objetivo es exclusivamente proteger al motor contra sobrecargas prolongadas o fallas en el arranque, no incluyendo cortocircuitos o fallas a tierra.

Se permite el uso del controlador como protector de sobrecarga, si interrumpe todos los conductores vivos.

Los motores generalmente trabajan en forma satisfactoria con un voltaje que fluctúa en más o menos un 5% de su voltaje nominal, por lo que hay que tratar que esta condición se cumpla en la instalación. Con alteraciones mayores de voltaje, sobrevienen calentamientos, baja en eficiencias y acortamiento de la vida útil, aunque muchas industrias aceptan hasta un 20% de desviación máxima.

#### **2.7.18 ELABORACIÓN DE ESPECIFICACIONES**

Para garantizar que la instalación será ejecutada en la forma correcta como la concibió el profesional que elaboró el diseño, es indispensable establecer las especificaciones que regirán la ejecución de los trabajos.

Al plantear especificaciones, es necesario considerar todas las normas aplicables en nuestro país; las cuales se referirán a:

- a) Características de equipo y materiales.
- b) Forma de ejecución de los trabajos.
- c) Condiciones de contratación.

Las condiciones de contratación son las siguientes:

- Capacidad nominal, de sobrecarga y de cortocircuito.
- Forma de accionamiento.
- Tipos de aislamiento y enfriamiento.
- Calidad de materiales.
- Dimensiones.
- Formas de montaje.
- Accesorios a incluir.
- Tipos de instalación y materiales para la misma.
- Forma de efectuar conexiones.
- Garantías exigidas.
- Términos de entrega.
- Renglones incluidos y no incluidos.
- Disponibilidad de servicios auxiliares, (bodega, luz, etc.).
- Forma de pago.

#### **2.7.19 LISTA DE MATERIALES**

Para poder presupuestar debidamente un trabajo es indispensable elaborar una lista de materiales. Es prácticamente imposible hacer esto con una exactitud absoluta en todo detalle, ya que siempre habrán desperdicios al cortar tubos y cables, pérdidas de piezas pequeñas, etc. .

La tubería y cables se deben medir a escala sobre los planos, no olvidando tomar en cuenta subidas y bajadas. Hay que tener bastante cuidado al contar piezas pequeñas como conectores, etc., lo que hace el trabajo bastante engorroso. Un método recomendable es contar los materiales circuito por circuito en forma ordenada alfabéticamente. Los elementos comunes (tuberías, cajas de registro, conductores, neutros, etc.) se contarán sólo para el primero de ellos, y evitar así una confusión.

De todas maneras, se recomienda agregar al final un 10% por desperdicios y pérdidas en todos los materiales; se exceptúan equipos como tableros, interruptores, etc.

#### **2.7.20 PRESUPUESTO**

La elaboración del presupuesto es sumamente importante, ya que de él depende el éxito o fracaso de un trabajo. Hay muchos gastos que escapan al que planea por primera vez un trabajo, por lo que se enumerarán a continuación todos los renglones que se deben considerar:

- Costo de equipo.
- Costo de materiales.
- Mano de obra y prestaciones laborales.
- Gastos administrativos.

Imprevistos. (Paros laborales, huelgas, etc.).  
Utilidad del contratista.

Estos renglones se explican solos, excepto el de gastos administrativos, que detallaremos a continuación.

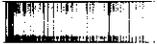
Contratación. (Timbres fiscales, honorarios).  
Impuestos.  
Gastos de oficina.  
Instalaciones temporales. (Bodega, agua y luz).  
Transportes.  
Seguros.  
Dirección y supervisión.  
Financiamiento.

#### **2.7.21 PLANOS FINALES**

Los planos, que deben contener toda la información requerida para llevar a feliz termino todos los trabajos de la instalación, comprenden:

Planos generales unifilares.  
Planos de instalación ( Dibujados sobre hijos sepia de los planos arquitectónicos).  
Plano de detalles.  
Simbología utilizada.

Los dibujos deben efectuarse con la mayor claridad posible, para evitar cualquier mala interpretación. Si el espacio disponible es insuficiente para algún detalle, siempre se deberá hacer una llamada y dar la información completa en otro lado. Nunca debe de tratar de meter una gran cantidad de información en un espacio demasiado pequeño utilizando una letra tan pequeña, que después es imposible descifrar. Existen muchas simbologías y mientras no se tenga una reglamentación al respecto, es lícito utilizar cualquiera; lo importante es hacerla constar en los planos.



Item No.	Description	Quantity	Unit Price	Total Price
1	...	...	...	...
2	...	...	...	...
3	...	...	...	...
4	...	...	...	...
5	...	...	...	...
6	...	...	...	...
7	...	...	...	...
8	...	...	...	...
9	...	...	...	...
10	...	...	...	...
11	...	...	...	...
12	...	...	...	...
13	...	...	...	...
14	...	...	...	...
15	...	...	...	...
16	...	...	...	...
17	...	...	...	...
18	...	...	...	...
19	...	...	...	...
20	...	...	...	...
21	...	...	...	...
22	...	...	...	...
23	...	...	...	...
24	...	...	...	...
25	...	...	...	...
26	...	...	...	...
27	...	...	...	...
28	...	...	...	...
29	...	...	...	...
30	...	...	...	...
31	...	...	...	...
32	...	...	...	...
33	...	...	...	...
34	...	...	...	...
35	...	...	...	...
36	...	...	...	...
37	...	...	...	...
38	...	...	...	...
39	...	...	...	...
40	...	...	...	...
41	...	...	...	...
42	...	...	...	...
43	...	...	...	...
44	...	...	...	...
45	...	...	...	...
46	...	...	...	...
47	...	...	...	...
48	...	...	...	...
49	...	...	...	...
50	...	...	...	...
51	...	...	...	...
52	...	...	...	...
53	...	...	...	...
54	...	...	...	...
55	...	...	...	...
56	...	...	...	...
57	...	...	...	...
58	...	...	...	...
59	...	...	...	...
60	...	...	...	...
61	...	...	...	...
62	...	...	...	...
63	...	...	...	...
64	...	...	...	...
65	...	...	...	...
66	...	...	...	...
67	...	...	...	...
68	...	...	...	...
69	...	...	...	...
70	...	...	...	...
71	...	...	...	...
72	...	...	...	...
73	...	...	...	...
74	...	...	...	...
75	...	...	...	...
76	...	...	...	...
77	...	...	...	...
78	...	...	...	...
79	...	...	...	...
80	...	...	...	...
81	...	...	...	...
82	...	...	...	...
83	...	...	...	...
84	...	...	...	...
85	...	...	...	...
86	...	...	...	...
87	...	...	...	...
88	...	...	...	...
89	...	...	...	...
90	...	...	...	...
91	...	...	...	...
92	...	...	...	...
93	...	...	...	...
94	...	...	...	...
95	...	...	...	...
96	...	...	...	...
97	...	...	...	...
98	...	...	...	...
99	...	...	...	...
100	...	...	...	...

## CAPÍTULO 3.

### CRITERIOS DE DISEÑO PARA ÁREAS DE ALIMENTACIÓN Y SERVICIOS.

#### 3.1 SUBESTACIÓN

Considerando el alto costo de la producción de energía eléctrica, es más favorable obtenerla a través de las empresas que la generan y/o la distribuyen; para ello es, necesario el montaje de un medio por el cual se pueda adquirir, controlar y medir, lo cual es posible lograr a través de una subestación eléctrica, medio de conexión entre una industria cuando el consumo de energía lo requiere, y la empresa distribuidora de la energía eléctrica.

Una subestación emplea variedad de equipo y accesorios, los cuales dependen de la capacidad de voltaje y potencia, el lugar de ubicación, el diseño a emplear y otros.

Para instalar una subestación en el área de la EEGSA, deben tomarse en cuenta las siguientes consideraciones:

##### 1. Solicitud de Servicio

Las instalaciones industriales serán sometidas a consideración individual, por lo que el interesado deberá, con suficiente anticipación, consultar con la División Comercial respecto al tipo de servicio que se le puede suministrar y deberá acompañar a la solicitud de estudio y/o extensión de líneas los planos de la subestación o subestaciones, tableros y diagrama unifilar, firmados por un ingeniero electricista.

##### 2. Voltajes secundarios disponibles

Los voltajes secundarios disponibles con transformadores propiedad de la empresa son:

120/240 voltios, monofásico, 3 alambres, corriente alterna, 60 Hertz.

120/240 voltios, trifásico delta, 4 alambres, corriente alterna, 60 Hertz.

120/208 voltios, trifásico estrella, 4 alambres, corriente alterna, 60 Hertz (exclusivos)

240/416 voltios, trifásico estrella, 4 alambres, corriente alterna, 60 Hertz (exclusivos).

### 3. Transformadores.

Para las instalaciones monofásicas hasta 48 KVA, la empresa proporcionará los transformadores según sea la extensión de líneas. Las instalaciones con demandas mayores se alimentarán en trifásico.

Para instalaciones trifásicas en 120/208 voltios y 120/240 voltios, la empresa proporcionará los transformadores cuando, según su criterio, la demanda no exceda los 225 KVA.

Para las instalaciones trifásicas que excedan de 225 KVA y menores de 500 KVA, el interesado proporcionará los transformadores y deberá cumplir con las especificaciones de la empresa. El voltaje nominal primario será para utilizarse en 7620/13200 voltios estrella y el voltaje secundario con 4 alambres será de 120/240 delta, 120/208 estrella, 277/480 estrella y 240/480 delta.

Para instalaciones entre 500 y 1000 KVA, el interesado proporcionará los transformadores que deberán cumplir con las especificaciones de la empresa. El voltaje nominal secundario será el que el interesado considere adecuado.

Para instalaciones con capacidad mayor de 1000 KVA, el servicio será en 69 KV delta.

### 4. Acometida.

\* Número de acometidas: normalmente se hará una acometida por instalación.

\* Interruptor principal: es necesario colocar un interruptor principal con la capacidad de carga y de interrupción adecuadas con el fin de proteger las líneas de la empresa de fallas en el sistema interior.

\* Conexión a Tierra: la instalación debe estar conectada a tierra.

Se recomienda que todo el equipo llene las normas y requisitos prescritos en las normas ANSI.

Se recomienda que el interesado proporcione a la empresa una copia de los planos finales y de las especificaciones del equipo de la subestación antes de efectuar el pedido, para poder hacer cualquier recomendación final según sea el caso.

En ningún caso, la revisión de planos y especificaciones por parte de la empresa la hace responsable de deficiencias en el diseño y construcción de las instalaciones del usuario.

El objetivo del proyecto de la subestación es alcanzar seguridad, flexibilidad y continuidad de servicio máximo con los costos de inversión mínimos que satisfagan los requisitos del sistema.

Entre los requisitos del sistema figuran los niveles de tensión óptimos que dependen de las necesidades de consumo y de las longitudes de las líneas de transporte. Las subestaciones de los sistemas de distribución trabajan a tensiones comprendidas entre 240 voltios y 69000 voltios.

## **5.0 CONSIDERACIONES DEL PROYECTO.**

En la elección del tipo más adecuado de la subestación para una aplicación determinada, influyen muchos factores; entre estos se encuentran el nivel de tensión, la capacidad de carga, las consideraciones ambientales, las limitaciones de emplazamiento y las servidumbres de paso de las líneas de transporte. Además, los criterios para el proyecto pueden variar según los distintos sistemas. Es esencial el análisis cuidadoso de los diferentes esquemas de conexión, de lo cual se pueden conseguir ahorros importantes mediante la elección del equipo mínimo que satisfaga los requisitos del sistema.

Una subestación debe funcionar con regularidad, debe ser económica, segura y lo más sencilla posible. Debe estar concebida de modo que permita un alto nivel de continuidad en el servicio. Además, debe prever su futura ampliación y permitir un funcionamiento flexible con costos iniciales y finales reducidos. Se tiene que contar con los medios necesarios para conservar las líneas, interruptores y seccionadores sin interrupciones de servicio ni peligro para el personal.

El esquema de subestación seleccionado determina la disposición física y eléctrica del equipo de conexiones. Cuando se vaya a utilizar una subestación con barras, es necesario considerar las diferentes soluciones para las barras de acuerdo con la preferencia de factores de regularidad, de servicio, economía, seguridad y sencillez, como consecuencia de la función e importancia de la subestación.

## **6.0 EQUIPO DE UNA SUBESTACION.**

El equipo eléctrico de una subestación típica está compuesto por:

- Disyuntores
- Seccionadores
- Conexiones de puesta a tierra
- Transformador de intensidad
- Transformador de tensión o tensión-capacidad
- Pararrayos y protección contra sobretensiones
- Transformadores de potencia
- Barras y aislamientos
- Sistemas de puesta a tierra
- Medición

## 7.0 CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS.

El equipo y barras de las subestaciones deben tener suficiente resistencia mecánica para resistir la fuerza de un corto-circuito. Hay que prever un amplio margen de seguridad en lo referente a aislamiento y resistencia mecánica; es preciso comprobar con cuidado los datos del fabricante y hay que elegir el material, de tal forma que no se excedan los valores admisibles para cada unidad. La experiencia recomienda no trabajar con cargas superiores al 40% de los valores nominales y las cargas de corto-circuito no deben sobrepasarlos. Estas cargas deben incluir las fuerzas máximas de corto-circuito y los esfuerzos mecánicos más desfavorables.

## 8.0 CAPACIDAD DE LOS TRANSFORMADORES.

El régimen de carga de los transformadores debe evaluarse cuidadosamente debido a que los transformadores trabajan con ciclo de carga variable, por esto se acostumbra a cargarlos considerablemente por encima de su potencia nominal. Puede haber limitaciones en el transformador debido a sus componentes, sin embargo, un buen proyecto técnico permite trabajar sin estas limitaciones.

El aumento de la carga del transformador está limitado por el efecto de la temperatura sobre la vida de los aislamientos. Las altas temperaturas disminuyen la resistencia mecánica y aumentan la fragilidad de los aislamientos fibrosos, lo que aumenta la probabilidad de alto fallo del transformador, a pesar de que la resistencia dieléctrica no haya disminuido mucho. Las sobrecargas están por consiguiente limitadas por consideraciones relativas a la vida del aislamiento y a la del transformador.

Para cargas repetitivas, como las de los ciclos diarios, se hace funcionar el transformador conforme a su vida normal del proyecto. En el caso de emergencias, tanto planeadas como accidentales, la carga se basa en alguna pérdida porcentual de su vida.

En el caso típico de avería en una parte de un sistema eléctrico, una pérdida de vida del 2.5% por día para un transformador puede ser aceptable. Existe bastante información que puede ser consultada al respecto. La temperatura ambiente influye en la capacidad de carga en una cantidad que depende del tipo de refrigeración. Las limitaciones de temperatura y de cargas que se indican seguidamente, se aplican con carácter general a los transformadores. La temperatura de la parte superior del aceite no debe superar nunca los 100°C. La temperatura máxima localizada en un punto de los arrollamientos, no debe exceder de 150°C para transformadores con aumento de 55°C, ni de 180°C para transformadores con aumento de 65°C. Los picos de carga de corta duración durante media hora o más no excederán el 200% de la potencia nominal.

Al proyectar una subestación, hay que proyeerla de protección contra los aumentos bruscos de alta tensión que pueden presentarse a través del aislamiento del equipo eléctrico. Las sobretensiones más importantes son las debidas a los rayos y a las conexiones.

Los métodos principales para evitar que estas sobretensiones ocasionen fallos en los aislamientos son los siguientes:

- a. Empleo de bobinas de pararrayos
- b. Puesta a tierra de los neutros del equipo
- c. Selección adecuada del nivel de aislamiento contra impulsos del equipo
- d. Selección y coordinación adecuadas de los niveles de aislamiento básico del equipo.
- e. Estudio cuidadoso de los niveles de sobre-tensión por conexión que pueden producirse en la subestación.

El dispositivo principal utilizado para evitar sobretensiones peligrosas, descargas y daños importantes al equipo, es el pararrayos.

## **9.0 CONEXIONES DE LOS TRANSFORMADORES EN EL LADO DE ALTA TENSIÓN.**

Las conexiones de los transformadores dependerán del nivel de voltaje suministrado, el nivel de voltaje a emplear y el tipo de carga.

La conexión triángulo-triángulo se emplea principalmente para tensiones inferiores. Esto se debe a que todo el arrollamiento debe estar aislado para la tensión plena entre fases; para tensiones superiores a 73 KV, el aumento de costo es apreciable con respecto a los transformadores conectados en estrella que poseen aislamiento gradual.

La conexión triángulo-estrella es de empleo corriente tanto para elevación como para reducción. Cuando el transformador se emplea como elevador, el arrollamiento de alta tensión se conecta en estrella y cuando se emplea como reductor, el arrollamiento de baja tensión suele conectarse en estrella para poder disponer de un neutro, puesto a tierra, en la transmisión secundaria o para distribución primaria.

La conexión triángulo-estrella suprime casi por completo los armónicos triples que pueden presentarse en los sistemas energéticos, a decir, el tercero y sus múltiplos impares. Si se emplea impedancia en el neutro (reactancia o resistencia), el aislamiento del neutro debe ser igual o mayor que la caída máxima de tensión  $IZ$  en la impedancia del neutro. Si el neutro se va a dejar sin poner a tierra, bien sea en sistemas con neutro puesto a tierra, el aislamiento del neutro debe ser el mismo que en el lado de la línea para evitar problemas con las ondas ambulantes.

## **10. CONEXIÓN DE LOS TRANSFORMADORES EN EL LADO DE BAJA TENSIÓN.**

En baja tensión, se utiliza generalmente uno de los siguientes sistemas: delta 120/240 voltios o estrella 120/208 voltios.

La conexión en Delta presta servicio monofásico en 120 y 240 voltios y servicio trifásico en 240 voltios. Su ventaja es que utiliza los voltajes más comunes y la posibilidad de operar el sistema en Delta-abierta al fallar un transformador. El inconveniente es que toda la carga monofásica queda en una sola fase desequilibrando el sistema. Se utiliza preferentemente cuando predomina la carga trifásica.

La conexión en estrella presta servicio monofásico en 120 voltios y servicio bifásico o trifásico en 208 voltios. Su ventaja es que permite distribuir toda la carga monofásica entre las tres fases, manteniendo el sistema equilibrado. Su inconveniente es que el voltaje de 208 voltios no es tan común y generalmente se consigue equipo para ese voltaje con pedido especial. Se utiliza preferentemente cuando predomina la carga monofásica, especialmente en instalaciones aisladas.

En el diseño de la instalación, se tienen que analizar varios factores para determinar los voltajes y conexiones más convenientes, entre éstos están:

- a. Requerimientos de máquinas y equipos
- b. Estudio económico comparativo entre niveles de voltaje
- c. Relación de carga trifásica a monofásica.

## **11. PUESTA A TIERRA.**

La puesta a tierra de las subestaciones es muy importante. Las funciones de un sistema de puesta a tierra son las siguientes:

- a. Proveer la conexión a tierra de los transformadores con neutro a tierra, reactancias y condensadores.
- b. Proporcionar un camino de descarga a las varillas de los pararrayos.
- c. Garantizar la seguridad del personal de servicio, limitando las diferencias de potencial que puedan existir en una subestación.
- d. Hacer posible la descarga de los equipos y la eliminación de su tensión para poder realizar los trabajos de mantenimiento.
- e. Proporcionar un camino de resistencia lo suficientemente baja para reducir al mínimo el aumento de potencia de tierra con respecto a un punto de tierra alejado.

Los requisitos de seguridad de las subestaciones exigen la puesta a tierra de todas la partes metálicas accesibles de contactos, estructuras, depósitos de transformadores, vallas, edificios, paneles secundarios de transformadores, instrumentos, etc. de manera que una persona que toque estos equipos o esté cerca de los mismos no pueda recibir una descarga peligrosa, si un conductor de alta tensión emite efluvios o establece contacto respecto a los equipos citados.

El sistema básico de puesta a tierra de las subestaciones empleado por la mayoría de las compañías eléctricas consiste en una red de conductores enterrados horizontalmente.

La medición de resistencia de tierra es necesaria en el momento de puesta en tensión inicial de la subestación y seguidamente a intervalos periódicos, sobre todo estacionales, para asegurarse de que no crece considerablemente. La medición de la resistencia de una conexión a tierra respecto a la tierra absoluta es algo difícil. Todos los resultados son aproximados y exigen cuidado al aplicar el equipo de ensayos y al elegir los puntos de tierra de referencia.

## **3.2 PLANTA DE EMERGENCIA**

### **Justificación del sistema**

La prevención de pérdidas, la seguridad y los requisitos legales son las tres justificaciones comunes para un SSPE (sistema de suministro de potencia de emergencia). Una cuarta justificación, la economía de energía, comienza a hacerse común a causa de los aumentos en el costo de la energía. Los ahorros significativos en pólizas de seguros también justifican el costo.

### **Prevención de pérdidas**

En una planta industrial un SSPE, puede evitar varias clases de pérdidas apreciables. Algunos ejemplos son la pérdida de salarios ante los tiempos muertos de producción, de productos en el proceso, de materias primas refrigeradas. Naturalmente, estos ejemplos no son exhaustivos.

### **Seguridad**

La pérdida de energía eléctrica puede amenazar directamente la seguridad del personal. Un ejemplo son los procesos industriales que presentan un riesgo cuando se interrumpe la energía. La potencia de emergencia es también necesaria para poner en marcha ascensores, bombas contra incendio, alarmas de incendio, redes de comunicación y otros equipos relacionados con la seguridad.

### **Requisitos legales**

La mayor parte de los estados y algunas ciudades principales han adoptado códigos que requieren SSPE en edificios específicos. La clasificación del sistema requerido está determinada por el tipo de edificio. Debido a que los requisitos legales cambian con frecuencia y son diferentes de estado a estado, debe verificarse la vigencia de las disposiciones de la localidad. El inspector local es una buena fuente de información adicional.

### **Economía de la energía**

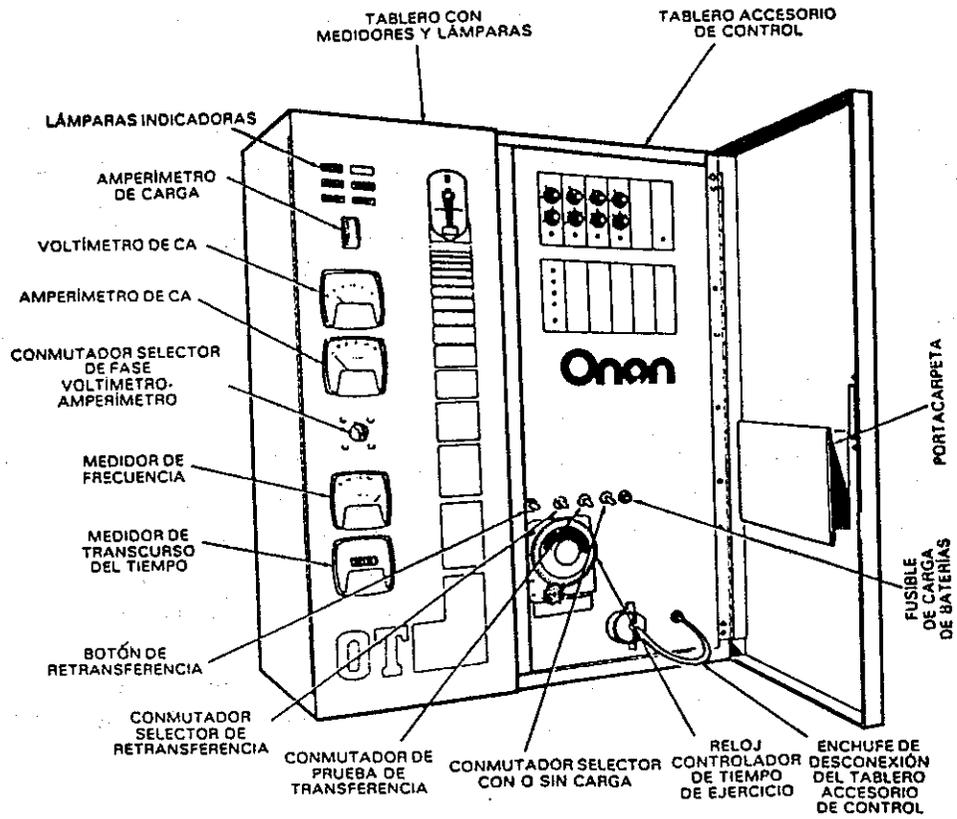
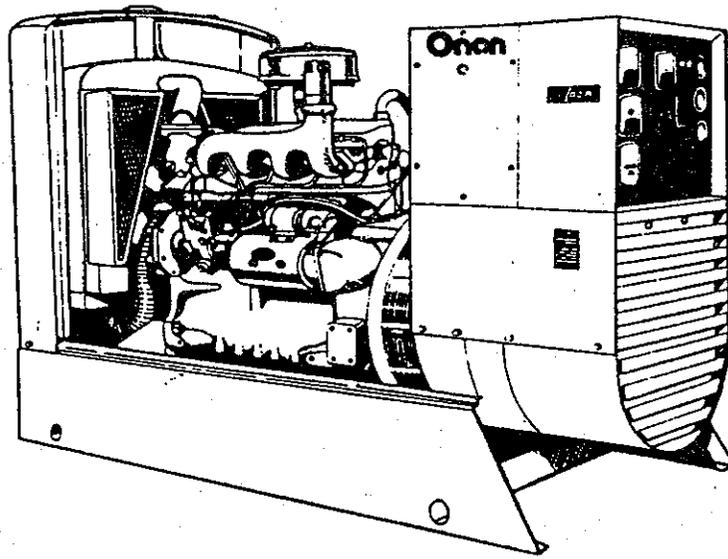
El corte de picos, la cogeneración y la recuperación de calor representan ahorros potenciales en el costo de la energía que se vuelven factibles en vista del costo creciente de la energía. El corte de pico utiliza los sistemas de emergencia para reducir las cargas de demanda en la empresa que vende la electricidad al asumir cargas durante los períodos de demanda pico. La cogeneración utiliza el calor de los motores para producir vapor de agua para los procesos industriales. La recuperación de calor captura el calor de desperdicio del motor mediante intercambiadores de calor para agua caliente o calefacción de espacios, o para enfriamiento con enfriadores de absorción.

El sistema de suministro de potencia de emergencia (SSPE) abarca una amplia variedad de equipos. El equipo que se denomina SSPE varía desde una simple batería autocontenida para alumbrado hasta un sistema múltiple complejo con motores y generadores de alta ingeniería con una capacidad de varios megavatios. Estos dos ejemplos extremos sugieren una división de estos sistemas basada en la fuente de la potencia de emergencia. El primer ejemplo utiliza un dispositivo de energía almacenada, una batería, como la fuente de potencia, en tanto que el segundo ejemplo emplea equipo rotatorio, conjuntos de motor-generator como fuente de potencia. Los sistemas de energía almacenada y de equipo rotatorio son las dos categorías de los sistemas de suministro de potencia de emergencia. El tema de esta parte se refiere a los sistemas de equipo rotatorio.

Cuando falla la fuente de potencia normal, el SSPE funciona para suministrar potencia eléctrica a cargas específicas seleccionadas. El equipo que comprende el sistema está determinado principalmente por las características y requisitos de las cargas divididas. Dos grupos de equipo, la fuente de potencia de emergencia y el equipo de conmutación eléctrica, subdividen el sistema con base en las funciones. Aun cuando los dos grupos de equipo tienen funciones independientes, los grupos están interrelacionados y ambos sirven al propósito común del sistema completo.

La función de este equipo es generar potencia eléctrica. El conjunto motor generator es la parte principal del grupo. El generator está acoplado permanentemente para ser impulsado por un motor primario que puede ser un motor diésel, de gasolina, de gas o una turbina de gas. La Figura 2.1 ilustra un grupo típico diésel de motor y generator. En este grupo está incluido un suministro independiente de combustible con equipo de almacenamiento y transferencia y el grupo motor generator con equipo de soporte, como el gobernador, regulador de voltaje, excitador, sistema de enfriamiento, equipo de ventilación sistema de escape y control del motor con medidores y alarmas.

La función del equipo de conmutación eléctrica es interconectar la potencia del generator con el equipo que la utiliza. En este grupo, están incluidos los conmutadores de transferencia, automáticos o no automáticos. El conmutador de transferencia tiene un mecanismo de enclavamiento mecánico para evitar el cierre simultáneo de las fuentes de potencia normal y de emergencia. Los conmutadores automáticos de transferencia también supervisan ambas fuentes e inician el arranque del sistema. Otro equipo de conmutación eléctrica incluye interruptores de derivación si se necesitan, protección contra sobrecorriente y en el caso de operación en paralelo de múltiples motor-generadores, tableros de conmutación en paralelo y de sincronización.



**GRUPO MOTOR GENERADOR, CONMUTADOR DE TRANSFERENCIA.**

## **CLASIFICACIÓN DE SISTEMAS**

El Comité de Suministros de Potencia de Emergencia de la National Fire Protection Association (NFPA) reconoce la diversidad y aplicaciones de los sistemas de suministro de potencia de emergencia y considera las siguientes definiciones de sistemas con base en el tipo, la clase, la categoría y el nivel.

### **Tipo**

El tiempo de respuesta es el criterio para determinar el tipo de sistema. Los tipos varían desde sistemas ininterrumpibles de suministro de potencia que permanecen en línea, a los sistemas de potencia sin requisito de tiempo de respuesta. Los sistemas con tiempos de respuesta de 60 segundos o más cortos, generalmente son sistemas automáticos, en tanto que los sistemas sin límite de tiempo de respuesta con frecuencia son de arranque manual y portátiles.

### **Clase**

Los sistemas se separan en clases según la duración y operación a plena carga posible, sin reabastecimiento de combustible o recarga. Los extremos de clase son los de muy corta duración, 5 min., hasta los sistemas con duración indefinida de acuerdo con las necesidades del usuario. Los sistemas de equipo rotatorio adecuadamente diseñados tienen la capacidad de operación ilimitada.

### **Categoría**

El Comité de Suministros de Potencia de Emergencia de la NFPA considera dos categorías: una categoría comprende los sistemas de energía almacenada que reciben energía de la fuente de potencia normal, y otra que incluye los sistemas de equipo rotatorio que emplean conjuntos de motor-generador como fuente de potencia.

### **Nivel**

La naturaleza crítica de la carga servida por el SSPE determina el nivel del sistema. Por ejemplo, un sistema que alimenta cargas que ponen en peligro la vida humana y su seguridad es considerado como el nivel más crítico. El nivel más bajo define un sistema que alimenta cargas que podrían originar pérdidas económicas cuando falta la potencia. El nivel de un sistema legalmente requerido influye decisivamente en los requisitos que debe cumplir el equipo.

## **CONSIDERACIONES DE LOS SISTEMAS**

La mayor parte de las consideraciones sobre los sistemas pueden agruparse en tres enunciados: confiabilidad, capacidad y calidad.

### **Confiabilidad**

La confiabilidad del sistema es la capacidad del SSPE para cumplir su propósito sin problemas. El grado de confiabilidad necesaria para un sistema de emergencia está íntimamente relacionado con la naturaleza crítica de la carga servida. Muchos factores contribuyen a la confiabilidad del sistema; los que se presentan aquí son consideraciones previas a la instalación. Después de la instalación, el mantenimiento adecuado, el ejercicio y los operadores experimentados contribuyen a la confiabilidad.

### **Compatibilidad**

En vista de que todo el equipo en el sistema está interrelacionado y debe funcionar para un propósito común, es importante que cada pieza del equipo esté coordinada con el resto del sistema. Una fuente única de diseño para el sistema completo ayuda a asegurar la compatibilidad.

### **Pruebas**

Las pruebas del prototipo durante el proceso del desarrollo del conjunto de motor-generador aseguran que el equipo sea adecuado para el propósito que se intenta. Las pruebas del prototipo ayudan a asegurar el comportamiento en muy diversas condiciones, como sobrecargas, cargas repentinas, cortocircuitos y otras que pudieran ocurrir en el servicio real. La prueba de los sistemas completos para verificar la compatibilidad y el rendimiento como se especificó antes de la instalación, también aumentan la confiabilidad.

### **Capacidad**

Una de las consideraciones más importantes para un SSPE es la capacidad, o la cantidad de potencia que puede generar el sistema. La determinación de la capacidad requiere un estudio cuidadoso de la carga. Se enlista el voltaje, la corriente y los requisitos de potencia de cada parte de la carga. Se incluye la información pertinente acerca de la carga: inercia, factor de potencia, método de puesta en marcha y otra información que pudiera afectar a la capacidad.

Se elige entre la cobertura plena o la cobertura seleccionada. La cobertura plena significa un sistema mucho mayor y la cobertura seleccionada significa menos capacidad y costo reducido de alambrado. Si aumentan las necesidades en el futuro, todo lo que se prevea con respecto a la expansión puede dar fruto a la larga.

Es decir, que para la elección de una planta de emergencia, es necesario considerar varios factores, teniendo presente que las máquinas eléctricas se clasifican atendiendo a sus capacidades de salida. Para los regímenes nominales de los generadores y alternadores se atiende a su capacidad de salida en kilovatios o kilovoltamperios a la velocidad de régimen del motor primario y a la tensión nominal en bornes.

El calentamiento admisible también es un factor que se debe considerar en la elección; generalmente la maquinaria eléctrica se diseña para operar a 40°C por encima de la temperatura ambiente, la cual es la temperatura del medio utilizado para la refrigeración. Normalmente 40°C es la máxima temperatura ambiente admisible para el aire de refrigeración.

Además del valor nominal de la temperatura, se designan otros factores tales como tensión, ciclo de trabajo y velocidad

Las tensiones nominales que han sido adoptadas por la NEMA para alternadores son las siguientes: 120, 240, 480, 660, 2400, 2500, 4160, 4330, 6990, 11500, 13800, 23000 V.

Además de las temperaturas y tensiones nominales, otro factor nominal es el ciclo de trabajo. El ciclo de trabajo de la maquinaria eléctrica que se construye de ordinario, se distingue como servicio continuo, servicio intermitente, servicio periódico o servicio variable.

Para la misma potencia o capacidad nominal en KVA, la máquina de servicio continuo será de mayor dimensión físicamente que la máquina de servicio intermitente. El mayor tamaño se debe a los conductores de mayor diámetro y aislamiento superior. Además, un mayor dimensionado representa una superficie más extensa para la disipación del calor y esto también se traduce en una temperatura inferior de funcionamiento para la misma duración de operación.

Mientras que la capacidad nominal y el ciclo de trabajo se reducen por un aumento de la temperatura ambiente, ambos aumentan al disminuir esta.

De la misma forma, las máquinas totalmente cerradas (sin ventilación auxiliar forzada, que no permiten ventilación ni reemplazamiento del aire interno) no tienen tanta capacidad nominal como las máquinas similares que no están totalmente cerradas y que se ventilan de tal forma que el aire fresco se hace circular por los devanados estatóricos y rotóricos.

Los alternadores se proyectan para una velocidad constante determinada, cuyo valor nominal viene expresado en la placa indicadora.

Además de estos factores, en el caso de un generador síncrono, se debe considerar el tipo de motor primario, el método de montaje que se va a emplear, sentido de giro, si va directamente acoplado, engranado o unido por correas al motor primario y las condiciones de humedad general, atmosféricas o ambientales a las que estará sujeto.

En general, la mayoría de los constructores de maquinaria eléctrica emplean técnicos especializados en la organización de su servicio de asistencia, para asesorar al consumidor en la

selección del tamaño y tipo de maquinaria eléctrica adecuada para una condición de carga determinada. Es conveniente consultar con uno o más de estos equipos antes de adquirir una gran pieza de equipo que, si se elige incorrectamente, dará lugar a un elevado costo de energía, bajos rendimientos, servicio deficiente, sobrecalentamiento, interrupción y costos de mantenimiento elevados.

### **Calidad**

El SSPE puede generar potencia que sea esencialmente igual en calidad a la potencia de la fuente normal. Requerimientos como la regulación de frecuencia, la regulación de voltaje, las desviaciones en la forma de onda, contenido armónico y las interferencias de ruidos definen la calidad de la potencia de emergencia.

### **APLICACIÓN E INSTALACIÓN**

Un sistema de potencia eléctrica debe ser cuidadosamente planeado y correctamente instalado para operar adecuadamente.

La planeación se refiere al diseño del sistema de potencia completo. El motor generador es solamente un componente en un sistema que generalmente incluye transferencias, equipo de ventilación, plataforma de montaje, escape y el sistema de alimentación de combustible.

La instalación consiste en el montaje de los diferentes componentes del sistema tal y como se diseñó; para ello será necesario requerir de personal calificado en áreas de electricidad, mecánica y obra civil.

El equipo del sistema debe haber sido diseñado y manufacturado con las más altas normas de calidad, sin embargo, la seguridad del mismo depende de seguir las sugerencias del fabricante y las normas de códigos locales en el momento de instalarlo.

Los siguientes requerimientos son necesarios evaluarlos antes de su instalación:

- \*Niveles de la superficie de montaje
- \*Adecuada ventilación
- \*Descarga del aire refrigerante
- \*Descarga de los gases del escape
- \*Sistema de alimentación de combustible
- \*Conexiones eléctricas
- \*Accesibilidad para operación y mantenimiento
- \*Niveles de ruido
- \*Aislamiento a la vibración

## COMPARACIÓN DE MOTORES PRIMARIOS.

La siguiente tabla muestra las ventajas y desventajas de varios tipos de sistemas:

VENTAJAS	DESVENTAJAS
<b>RECIPROCANTES DE GASOLINA</b>	
<b>Costo inicial menor que el diésel. Arranque rápido, especialmente en ambientes bajos. Peso ligero</b>	<b>Almacenamiento de combustible La gasolina se deteriora con el tiempo Eficiencia térmica más baja que el diésel.</b>
<b>RECIPROCANTES DIESEL</b>	
<b>Necesidades bajas de mantenimiento Fácil almacenamiento del combustible Bajos costos de operación Buena eficiencia térmica Disponibles en una amplia gama de capacidades de kw.</b>	<b>Costos iniciales más altos que los de gasolina</b>

## SISTEMAS ESTÁNDAR

Los componentes mayores de un SSPE incluyen un conjunto generador, conmutador de control de transferencia y, si es aplicable, un tablero de conmutadores en paralelo. Las unidades expuestas representan sólo los tamaños y características generalmente disponibles de los fabricantes de SSPE.

La tabla siguiente comprende los conjuntos representativos de generadores de SSPE. Para este tipo de servicio, un conjunto de generador debe tener por lo menos un alternador para carga de batería, un amperímetro de tasa de carga de batería, un manómetro de presión de aceite, un termómetro de temperatura de enfriador y un interruptor de arranque y paro en el control del motor. Además de las anteriores, hay características deseables, algunas de las cuales pueden ser requeridas por los códigos, que incluyen un limitador del giro de arranque del motor, acción de apagado por baja presión del aceite, acción de apagado de temperatura alta del enfriador (enfriamiento por agua) y un medidor del tiempo de corrida. Los motores enfriados con agua tienen generalmente disponibles como opciones, intercambiador de calor, agua de la red de la ciudad o sistemas remotos de radiador y múltiples de escape enfriados por agua.

Los tamaños comunes de los conmutadores de control de transferencia varían de 30 a 2,000 A. Un conmutador de transferencia automática ofrece operación completamente automática que no requiere atención y puede incluir retardadores de tiempo para el arranque del motor, transferencia de la carga a la fuente de potencia de emergencia, retransferencia de la carga a la fuente de potencia normal y paro del motor. Con frecuencia tiene sensores de voltaje que detectan condiciones de voltaje bajo o sobrevoltaje de la fuente normal de voltaje, y generalmente sirven para detectar condiciones solamente de bajo voltaje de la fuente de voltaje de emergencia. También están disponibles lámparas indicadoras de la operación y medidores, si es que no son características normales. Una opción popular es un ejercitador que automáticamente ejercita al conjunto generador en una base regular programada.

Los tableros de conmutadores en paralelo incluyen, para cada conjunto generador del sistema en paralelo, un amperímetro de ca, un voltímetro de ca, un medidor de nivel de frecuencia, un vatímetro, sincronización de luces, un interruptor de circuitos para conectar la salida del generador al switch y controles de voltaje y ajuste de frecuencia. También están conectados al switch para tomar lectura de la salida total del sistema en paralelo un amperímetro de ca, un voltímetro de ca y un vatímetro. Aun cuando están disponibles tanto sistemas manuales en paralelo como automáticos en paralelo, prevalece el uso de los sistemas automáticos. (Los tableros de conmutadores automáticos en paralelo tienen provisiones para paralelo manual si es necesario).

**GRUPOS DE GENERADORES REPRESENTATIVOS.**

COMBUSTIBLE	CAPACIDAD	FASES	FACTOR DE POTENCIA	RPM	ENFRIAMIENTO		PESO LBS.
					AIRE	RADIADOR	
GASOLINA	2.5	1	1.0	1800	X		200
	5.0	1	1.0	1800	X		350
	7.5	3	0.8	1800	X		475
	12.5	3	0.8	1800	X		650
	15.0	3	0.8	1800		X	900
	30.0	3	0.8	1800		X	1500
	55.0	3	0.8	1800		X	1900
DIÉSEL	6.0	3	0.8	1800	X		475
	12.0	3	0.8	1800	X		700
	15.0	3	0.8	1800		X	900
	30.0	3	0.8	1800		X	1600
	75.0	3	0.8	1800		X	2600
	100.0	3	0.8	1800		X	2750
	150.0	3	0.8	1800		X	5900
	200.0	3	0.8	1800		X	6200
	300.0	3	0.8	1800		X	7800
	500.0	3	0.8	1800		X	11500

## **MANTENIMIENTO DEL SISTEMA**

Una vez que un SSPE está correctamente instalado y adecuadamente interconectado, las fallas del sistema suelen ocurrir por falta de mantenimiento. Ya sea que el arranque del sistema sea manual o automático, la preservación del sistema depende de un programa de mantenimiento, del ejercicio del sistema y de la competencia del personal de mantenimiento.

### **Ejercicio del sistema**

La mayoría de los motores que se dejan ociosos por períodos largos de tiempo tienen dificultades en el arranque. Por esta misma razón, el SSPE necesita de un programa regular de trabajo para facilitar la presteza de operación. El programa puede utilizar ya sea una característica automática de ejercicio o un conmutador de transferencia de control o prueba manualmente iniciada.

El uso frecuente del sistema beneficia especialmente al conjunto generador, ya que causa que el agua se evapore del sistema de lubricación y de los devanados del generador y ocasiona que las partes internas del motor se cubran con una película de aceite.

El ejercicio con carga, si es posible al menos durante 30 minutos, causa la evaporación de agua en el sistema de lubricación, minimiza la acumulación de carbón en el motor y evita que se ensucie el sistema de escape. El ejercicio del sistema debe realizarse cuando menos una vez por semana.

Un ejercitador automático puede tener puntos de ajuste para el número y longitud de los períodos de ejercicio sin atención. Las pruebas iniciadas manualmente dan los mismos beneficios al sistema que un ejercitador automático, excepto que requieren la presencia de personal de mantenimiento. Sin embargo, el personal puede utilizar estas ocasiones para aumentar su propia familiarización con el sistema, para entrenar personal nuevo o para realizar inspecciones del sistema.

### **Personal Competente de Mantenimiento**

Un método popular para obtener personal competente de mantenimiento es a través de contratos de mantenimiento. El fabricante o el representante del fabricante ofrecen generalmente un contrato de servicio que asegura que el personal que realiza el mantenimiento esté entrenado para el equipo y que los procedimientos de mantenimiento cumplan con los programas convenidos. Si el personal de la planta realiza los procedimientos de mantenimiento, deben recibir antes entrenamiento en el equipo. (Algunos fabricantes de sistemas de suministros de potencia de emergencia ofrecen dichos servicios en escuelas o sesiones de entrenamiento).

### **3.3 SISTEMA DE AIRE COMPRIMIDO.**

En los laboratorios farmacéuticos para poder efectuar sus procesos, se requiere entre otros elementos del aire comprimido. Este debe ser puro, es decir, no debe contener agua, aceite, ni partículas de la tubería. Además, debe proporcionarse a una presión constante con el volumen adecuado.

El aire comprimido tiene los siguientes usos por departamentos:

#### **Pesas**

Limpieza del equipo y uniformes de los operadores.

#### **Recubierto**

Operación del equipo de recubierto como la máquina Fill-coater, agitador accionado por aire, limpieza del equipo y de los operadores.

#### **Encapsulado**

En el proceso de llenar cápsulas, el aire comprimido es esencial ya que acciona cilindros neumáticos que emplean las máquinas encapsuladoras.

#### **Tableteado, granulado, y líquidos**

En estos departamentos se emplea el aire comprimido principalmente para la limpieza del equipo.

#### **Empaque o acabado**

Quizás sea este el departamento que más consume el aire comprimido debido a que una gran cantidad de máquinas lo utilizan en su operación, pues emplean sistemas neumáticos para funcionar, tal es el caso de las llenadoras de líquidos, las blisteadoras y también se utiliza en la limpieza de los frascos.

### **CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA.**

La finalidad de la red de aire comprimido es ofrecer la cantidad correcta de aire a la presión y calidad adecuadas, con economía de costos.

Los componentes básicos de una red de aire comprimida son:

1. Unidad de compresión
2. Sistema de purificación
3. Línea principal

4. Línea de distribución
5. Línea de servicio
6. Accesorios

Para el diseño de la red, deben responderse las siguientes interrogantes:

#### **¿ Dónde va a ser utilizado el aire comprimido?**

Desde el punto de vista de distribución, existen ventajas al ubicar la central de compresión cerca de los puntos de mayor consumo de aire. Cuando se trata de instalaciones nuevas, consideraciones tales como ventilación, recuperación de calor, nivel sonoro y abastecimiento de aire libre y frío se pueden prever en el diseño. Así cuando se trata del mejoramiento o reconstrucción de instalaciones ya existentes, donde desafortunadamente muchas veces se depende de características preestablecidas de energía, agua de refrigeración y espacio.

#### **¿ Secador de refrigeración o no?**

Aun cuando una instalación de compresores es llevada a cabo en forma tradicional, con post-enfriador, separador y depósito de aire, parte del vapor de agua irá a condensarse en las líneas. Ahora bien, en cualquier sistema de aire comprimido, el agua es una impureza. Ella es quien perjudica la lubricación de las herramientas y causa corrosión en el sistema. Por eso al construir una red, es indispensable que se considere el modo de evitar que el agua condensada llegue hasta la herramienta.

Hoy en día se incorpora como regla general el uso de un secador de refrigeración en la instalación, evitando así condensaciones cuando la temperatura sobrepasa los +2°C.

Teniendo en la red un secador de refrigeración que funcione bien, no es necesario la instalación de líneas secundarias, filtros, etc. Aunque esto es costumbre ya que existe a veces la necesidad de desligar temporalmente el secador de refrigeración de la instalación.

Las líneas, tanto secundarias como de distribución, deben tener una inclinación mínima del 5% en la dirección del flujo. Es necesario instalar filtros separadores con drenaje en todos los puntos básicos y unir las líneas de servicio por la parte superior de la línea de distribución.

#### **¿ Qué tipo de tubería se debe usar?**

Salvo indicación contraria, se escogen tubos de acero o hierro galvanizado. Son de calidad adecuada, por ejemplo tubos SMS 1786 ó 1886 y los tubos de presión 1787 ó 1887.

Los tubos soldados presentan frecuentemente menos escamas de recocimiento que los tubos sin costuras y son por consiguiente más fáciles de limpiar después de instalados.

En los hospitales, la industria de alimentos y la industria química se recomiendan frecuentemente tubos inoxidables. Estos pueden unirse por soldadura, con bridas y eventualmente con roscas.

Si las exigencias en cuanto a la pureza del aire fueran particularmente grandes, se deberán escoger tubos de cobre.

Los tubos de cobre son unidos con soldadura fuerte o con uniones de anillos de presión; los tubos de plástico PVC no son recomendables ya que los mismos se rompen fácilmente.

No se debe olvidar la caída de presión cuando se escogen los accesorios para la tubería. Se deben elegir con baja resistencia al flujo. El diámetro interior de éstas debe ser como mínimo de igual dimensión que la instalación restante. Se deben evitar piezas con lados agudo o áreas irregulares. Es necesario escoger piezas curvas con radio de curvatura grande (por lo menos dos veces al diámetro).

### **¿ Cómo instalar las líneas?**

#### **NO SE DEBE ECONOMIZAR EN LAS LÍNEAS PRINCIPALES.**

Si una central debe suministrar aire a varios locales, vale la pena instalar una línea principal para cada local.

Se puede desligar el aire para locales que no estén siendo usados sin que el trabajo de los otros sufra alteraciones (una ventaja evidente).

- \* Se puede desligar el aire para locales que no estén siendo utilizados y así evitar fugas.
- \* Se puede medir el consumo de aire y las fugas separadamente para cada local.
- \* Se puede, en caso de necesidad, suplir aire con presiones y calidades diferentes a los diversos locales.

Es necesario colocar la línea principal interior de la misma forma que las restantes líneas de instalación (en lo alto de las paredes o en el techo). Las exigencias principales son que las líneas deben ser fáciles de drenar, inspeccionar y mantener. Se deben instalar siempre las líneas de distribución de modo que el aire llegue a los locales de trabajo sin usar líneas de servicio demasiado largas. Por regla general, es mejor instalar la línea de distribución de forma circular que le de la vuelta al local. De ese modo, podrá haber alimentación de aire desde dos puntos si alguna salida consume más de lo calculado. En grandes líneas circulares, conviene instalar una o más líneas transversales para mantener la presión en toda la red.

Se recomienda incorporar un número suficiente de válvulas en toda la red para que sea posible desligar sección por sección durante los trabajos de mantenimiento. Se deben usar las válvulas de globo con baja resistencia al caudal.

La línea de servicio es la última parte de la instalación fija y debe ser llevada lo más corta posible al local de trabajo. Se deben evitar las mangueras largas conectadas a la herramienta. Una la línea de servicio a la cara superior de la línea de distribución, para evitar así que el condensado y las impurezas sigan hasta la salida. La unión podrá hacerse por la parte inferior sólo si el aire está bien seco.

Es recomendable terminar la línea de servicio con una válvula de paso, de preferencia una válvula de globo con plena sección, de manera que sea baja la caída de presión.

La válvula debe ser colocada de manera que sea fácilmente maniobrable y se puedan revisar fácilmente los accesorios que son montados después de esta.

### **¿Cuál es la caída de presión aceptable?**

La función de una red de aire comprimido es la de ofrecer aire con una presión y pureza que dé a cada equipo la potencia necesaria. Lamentablemente son inevitables ciertas pérdidas en forma de caída de presión. Calcular y compensar del modo correcto estas pérdidas es una parte importante del trabajo previo a la instalación de una red de aire comprimido.

La regla es: la caída de presión en instalaciones fijas no puede sobrepasar 0.1 bar, desde la instalación del compresor hasta la llave de servicio que queda a mayor distancia en el sistema. De esta caída de presión, la línea de servicio responde con 0.03 bar; la forma como los restantes 0.07 bar son distribuidos depende del modo de instalación.

Es importante no subdimensionar los tubos fijos. Verse obligado a cambiar para una línea principal de mayor diámetro resultará muchas veces más costoso que instalar desde el inicio una medida mayor de la que indican los cálculos de las necesidades inmediatas.

Los accesorios son asimismo más fáciles de sustituir sin necesidad de aumentar las dimensiones de la línea. La caída de presión desde la salida de servicio hasta la entrada de la herramienta, no debe exceder los 0.6 bar. Para el equipo con consumo elevado, se debe procurar obtener una caída de presión más baja por ejemplo. 0.4 bar.

Cuando la instalación esté en funcionamiento, las impurezas serán retenidas en los filtros.

Hay que estimar, por lo tanto, un aumento en la caída de presión de 0.3 bar sobre el filtro en sus funciones de limpieza.

### **¿Cuál será la presión del sistema?**

Sume la presión prescrita para el equipo; la caída de presión que presentará la línea y los accesorios de acuerdo con el razonamiento antes descrito. De esta forma se obtiene la presión al inicio de la línea principal.

Generalmente:

Presión del Equipo	6.0 bar
Caída de presión de la línea principal y de distribución	0.1 bar
Línea de servicio y accesorios	0.6 bar
Filtro obstruido	0.3 bar
<b>TOTAL</b>	<b>7.0 bar</b>

La presión al comienzo de la línea principal deberá ser de 7 bar para que el equipo sea suplido por la presión de aire descrita en 6 bar.

Obsérvese que la presión de funcionamiento del compresor deberá ser superior para compensar la caída de presión dentro de la propia central de compresión.

Conforme se va realizando el diseño, es necesario efectuar las correcciones necesarias. La necesidad de aire comprimido calculada; es igual a la necesidad promedio basada en el grado de utilización del equipo. Si la instalación incluye uno o más equipos de alto consumo, el resultado puede ser erróneo. Por lo tanto, es aconsejable verificar los cálculos efectuados para los ramales de las líneas, revisando que éstos sean adecuados al consumo de aire del equipo.

Las indicaciones sobre el consumo de aire del equipo y herramientas, se refieren generalmente a cuántos estas son nuevas, por lo que el desgaste de los mismos aumenta en un 5% la necesidad de aire calculado, y hace necesario incrementar este porcentaje como margen del desgaste del equipo.

Además, una red de aire comprimido debe ser absolutamente sellada. No obstante, en la práctica debemos tomar en cuenta un 10% sobre la norma para compensar eventuales fugas.

La necesidad de aire comprimido tiende a aumentar con el tiempo debido a que el equipo sufre un desgaste lógico, la introducción de nuevo equipo en otras partes del sistema y/o la sustitución de equipo pequeño por uno mayor. Estas son consideraciones que deben tomarse en cuenta a la hora de diseñar un sistema de aire comprimido.

Si no se conocen los planes de expansión de la empresa, se adopta como regla general el dimensionar el sistema de tuberías con una probabilidad de expansión mínima del 30%.

Antes de elegir la dimensión de la tubería, debe conocerse la cantidad de aire a fluir a través del sistema. Para instalaciones mayores, conviene elaborar una tabla para la necesidad del

aire. Para calcular dicha necesidad se multiplica el consumo de aire por la cantidad de herramientas y/o equipos y por su grado de utilización.

Para dimensionar la línea principal, se utiliza el diagrama de caída de presión.

Es necesario considerar la resistencia no repetida, la cual es provocada por los codos, tees y accesorios. Las líneas de servicio también se calculan con el diagrama de presión.

Es importante que al terminar la instalación se limpie la red antes de ponerla en operación. El método más eficaz es lavar el interior de los tubos con parafina o agua secándolos enseguida con aire seco. También pueden limpiarse con aire comprimido.

Antes de poner el sistema en funcionamiento, deben estar satisfechas las estipulaciones de ley y las normas para las líneas de tubería.

La presión de prueba debe ser por lo menos 1.3 veces la presión de trabajo.

¿ Como elegir el compresor ?

Al adquirir un compresor nuevo, es necesario dar respuesta a las siguientes preguntas:

- ¿ De qué tamaño debe ser?
- ¿ De una o dos etapas?
- ¿ Es para uso intermitente ó continuo ?
- ¿ Qué tamaño debe tener el tanque?

Características generales de compresores de una etapa:

1. El costo inicial es menor
2. Baja presión (menos de 150 psi)
3. Adecuado para servicio intermitente
4. No es tan eficiente (menos del 70%)
5. El costo de operación es un poco más alto
6. El costo de mantenimiento es algo mayor

Características generales de los compresores de dos etapas:

1. Construido para mayor duración
2. La eficiencia suele ser mayor (más del 75%)
3. Es mejor para servicio continuo
4. Para alta presión (más de 150 psi)
5. Requiere menos mantenimiento
6. Ahorra hasta un 25% de energía eléctrica.

Es difícil dar una regla fija para seleccionar el compresor correcto. Existen demasiadas variaciones en las condiciones de operación. Además, hay muchas discusiones en cuanto a equipo

para uso intermitente o continuo. En muchos casos, un tanque de mayor capacidad contrarresta la demanda periódica excesiva de aire comprimido.

El primer criterio que se debe considerar es la presión de trabajo; según si es menor de 150 psi, se puede utilizar un compresor de una etapa; si va a ser igual o mayor, se requiere una compresión de dos etapas. En segundo lugar, la cantidad de aire, la cual como mencionamos anteriormente se obtiene de un análisis de demanda y mediante él se establecen los pcm (pies cúbicos por minuto) o litros/minuto, así se determina mediante la siguiente tabla la potencia del compresor y el tamaño del tanque hasta los 10 hp.

Al final, la instalación eléctrica como parte de un sistema de aire comprimido se resume a la instalación de un motor que puede ir desde 1/2 hp hasta 50 hp o más, el cual será el que accione el compresor y dos motores más, uno que haga trabajar un post-enfriador y el otro que haga funcionar un secado de refrigeración. La instalación deberá realizarse entonces como indica el NEC en lo que se refiere a instalación de motores eléctricos.

### TAMAÑO Y TIPO DE MAQUINA PARA OPTIMO SERVICIO

Intercalación y corte del compresor (psi)	Aire intermitente a) utilizado (pcm totales)	Aire continuo b) utilizado (pcm totales)	HP requeridos en el compresor	
			Dos Etapas	Una Etapa
70-100	Hasta 6.6	Hasta 1.9		1/2
	6.7 - 10.5	2.0 - 3.0		3/4
	10.6 - 13.6	3.1 - 3.9		1
	Hasta 14.7	Hasta 4.2	1	
70-100	13.7-20.3	4.0-5.8		1 1/2
	14.8-22.4	4.3-6.4	1 1/2	
	20.4-26.6	5.9-7.6		2
	22.5-30.4	6.5-8.7	2	
70-100	30.5-46.2	8.8-13.2	3	
	46.3-60.0	13.3-20.0	5	
	60.1-73.0	20.1-29.2	7 1/2	
	73.1-100.0	29.3-40.0	10	
120-150	Hasta 3.8	Hasta 1.1		1/2
	3.9-7.3	1.2-2.1		3/4
	7.4-10.1	2.2-2.9		1
	Hasta 12.6	Hasta 3.6	1	
120-150	10.2-15.0	3.0-4.3		1 1/2
	12.7-20.0	3.7-5.7	1 1/2	
	15.1-20.0	4.4-5.7		2
	20.1-25.9	5.8-7.4	2	
120-150	26.0-39.2	7.5-11.2	3	
	39.3-51.9	11.3-17.3	5	
	52.0-67.5	17.4-27.0	7 1/2	
	67.6-92.5	27.1-37.0	10	
145-175	Hasta 11.9	Hasta 3.4	1	
	12.0-18.5	3.5-5.3	1 1/2	
	18.6-24.2	5.4-3	2	
	24.3-36.4	7.0-10.4	3	
145-175	36.5-51.0	10.5-17.0	5	
	51.1-66.0	17.1-26.4	7 1/2	
	66.1-88.2	26.5-35.3	10	

- a) Estas cifras no se deben considerar como capacidad real del compresor en volumen de aire libre. Se ha utilizado un factor para tener en cuenta la operación intermitente.
- b) Usar estas cifras cuando la naturaleza del aparato es tal que requiere suministro continuo de aire comprimido en su operación normal. Las cifras representan el aire libre real entregado por los compresores listados.

### 3.4 CALDERAS

El empleo de generadores de vapor en una planta farmacéutica se debe al hecho de que parte de sus procesos requieren calor para efectuarse. La adquisición del equipo que satisfaga las necesidades estará de acuerdo con la demanda actual de lb/h de vapor y la prevista para el futuro. En lo que respecta al diseño, construcción, y empleo de materiales para su construcción está regulado por el "Boiler and Pressure Vessel Code" de ASME, el cual fue iniciado en 1914 y que por medio de revisiones continuas se mantiene actualizado. La situación legal de los reglamentos depende en cada localidad de las autoridades. En el libro *Synopsis of Boiler Rules and Regulations*, publicado por the National Bureau of Casualty and Surety Underwrit, se encuentra una lista de los estados y comunidades que tienen leyes que controlan la instalación y operación de los generadores de vapor.

Los generadores de vapor se diseñan para condiciones de operación específicas; esto permite a los fabricantes garantizar su operación. Tanto la garantía como las especificaciones de la unidad son dadas en términos de potencia de vapor (lb/h), para una presión y temperaturas determinadas con anterioridad, en el caso de que se utilice vapor recalentado, las cantidades de vapor requeridas en la entrada y salida, así como la presión y temperatura del mismo.

En forma general, el fabricante garantiza tanto la eficiencia como la temperatura de salida del vapor dentro de un intervalo de operación determinado. Algunos fabricantes incluyen dentro de la garantía de funcionamiento de la unidad, la cantidad de corriente que se pierde y la calidad o grado de pureza del vapor obtenido.

Cuando las partes componentes del equipo como hornos, pulverizadores, quemadores y calentadores de aire son suministrados por diferentes fabricantes, el funcionamiento de cada una de las partes está garantizado por el respectivo productor, además de la garantía de la unidad ensamblada.

A petición del usuario, puede acompañarse a la unidad con una tabla de funcionamiento para varias condiciones de operación, además de los datos de garantía. Esta puede determinarse mediante pruebas de aceptación que se llevan a cabo de acuerdo con códigos preestablecidos y previo a un acuerdo entre las partes contratantes. En general, las pruebas de aceptación son difíciles de elaborar para un tamaño unitario y para incrementos de capacidad, además es usual que el funcionamiento de la unidad se determine por los datos de la operación, por tanto, se establece una clara separación entre las operaciones inherentes al funcionamiento por un lado y la garantía de los materiales, la calidad de la manufactura y las condiciones de montaje por otro.

En la sección VII de *Boiler and Pressure Code* de ASME, se describen los cuidados a que deben sujetarse las calderas; las principales consideraciones comprenden las siguientes: la preparación inicial del equipo nuevo para su puesta en servicio, las condiciones normales de operación con las rutinas para arrancar y parar el equipo, operaciones de emergencia, inspección, mantenimiento y almacenamiento. En todas estas fases, es responsabilidad del operador el manejo

del equipo y para cumplir con ello debe comprender y seguir fielmente todas las recomendaciones e instrucciones dadas por el fabricante.

El equipo usado después de grandes reparaciones o cambios y las unidades nuevas requieren, antes de su puesta en marcha, algunos preparativos que comprenden los siguientes aspectos: remoción del material sobrante o ajeno a las obras de cimentación, remoción del material que pueda encontrarse en las partes sujetas a presión, pruebas hidrostáticas e inspección de fugas, remoción de la grasa y otros depósitos en las partes sujetas a presión dentro del generador de vapor calentándolo desde el exterior y manteniendo en su interior una solución de soda-cáustica. De esta forma, la caldera se calentará a fuego lento.

Según datos estadísticos, el 80% de las explosiones ocurren durante el arranque o durante el paro; es por ello que debe tenerse especial cuidado. El reglamento para la prevención de explosiones en hornos y calderas, publicado por el National Fire Protection Association Committee on Boiler Furnace Explosions marca el orden en que deben realizarse las operaciones de encendido en equipos que utilizan combustibles en mezclas pulverizadas, recomienda el empleo de pequeñas flamas piloto y un sistema para cortar la alimentación de combustible; también aconseja usar tubería para el transporte del mismo y la práctica del purgado del sistema, así como el procedimiento que debe seguirse en caso de que salgan las llamas del quemador o del horno.

En la operación normal, también se marcan las especificaciones requeridas para el agua de alimentación y las condiciones que debe mantener el agua de la caldera, las temperaturas de diseño de vapor y del metal de la caldera, la limpieza que se debe mantener en los conductos del gas y paredes absorbentes de calor y por último la limpieza de las cenizas del combustible.

Los requerimientos del alimentador eléctrico serán de acuerdo con la capacidad de la caldera, por ejemplo las calderas Cleavers Brooks de 125 Hp a 350 Hp necesitan mover motores desde 5 Hp, 3 fases hasta 15 Hp, 3 fases y alimentar un calentador eléctrico desde 5 kilovatios hasta 7.5 kilovatios, necesitando por lo tanto una alimentación trifásica.

Asimismo será necesario instalar tomacorrientes de fuerza de 240 voltios, monofásicos y trifásicos para el equipo auxiliar como bombas que periódicamente tendrá que dársele mantenimiento, también es importante instalar tomacorrientes de 120 VAC. El nivel de iluminación requerida puede estar alrededor de 200-300 lux. Como siempre, es recomendable instalar la caldera lo más cerca posible de su mayor consumidor, pero en un área aislada y segura.

### 3.5 AGUA POTABLE.

El agua es esencial para permitir que cualquier planta industrial realice su misión. La cantidad de agua requerida por una empresa comercial o una planta industrial puede variar desde tan poco como 25 galones por persona por día a muchos miles de galones por empleado por día. Las funciones o usos del agua en la planta caen generalmente en una o más de las siguientes categorías.

- a. Uso personal por los empleados o clientes, incluyendo agua para beber y agua utilizada como medio de transporte para la eliminación de desperdicios.
- b. Preparación de alimentos u otros procesos de manufactura.
- c. Enfriamiento, para comodidad y procesos; en esta aplicación, puede utilizarse directamente para el enfriamiento, a través de un intercambiador de calor de recirculación abierta, en la cual el calor absorbido por el agua, en el enfriamiento para comodidad o proceso, se disipa en la atmósfera a través de una torre de enfriamiento o de un condensador evaporativo.
- d. Calefacción para comodidad: el calor de una fuente determinada de agua se eleva a los niveles de uso mediante una bomba de calor.
- e. Repuesto para los generadores de vapor o procesos de la planta; en este caso, el agua puede requerir tratamiento previo que varía desde la filtración y/o la clorinación u ozonización para descontaminación y desmineralización o procesos de destilación.
- f. Eliminación del desperdicio de la planta; en este caso, el agua se suele utilizar como medio de transporte, así como medio para transportar el material eliminado por el enjuagado a un sistema de proceso, o a una línea de drenaje para su eliminación.

#### FUENTES DE AGUA

La selección de una fuente de agua que satisfaga las necesidades de una planta en particular, depende de varios factores:

- a. Cantidad de agua requerida
- b. Calidad del agua requerida; con frecuencia se requieren diversas calidades de agua, lo cual puede sugerir la necesidad de más de una fuente.
- c. Costo del agua de las fuentes disponibles.
- d. Cantidad disponible de cada fuente.

La primera fuente que debe considerarse es el suministro municipal local. Si no es aceptable la cantidad disponible, la calidad o el costo de esta fuente, deben investigarse las siguientes fuentes potenciales adicionales:

- Ríos
- Pozos
- Lagos o estanque, naturales o artificiales
- Agua de mar (incluyendo la desanilización del agua de mar si fuera necesario)

## **CALCULO DE LAS NECESIDADES**

Las necesidades crecientes de la conservación de los suministros de agua existentes, lo mismo que los factores económicos, hacen obligatorio considerar periódicamente el costo del agua. En años recientes, los costos del agua han subido más rápido que la inflación. Esta tendencia puede esperarse que continúe en el futuro por varias razones: costos crecientes para el desarrollo de nuevas fuentes de agua que satisfagan la demanda en aumento; mayores costos de la energía para bombeo y para el tratamiento; la práctica cada vez más común de relacionar los cargos por descargas de agua de desperdicio al importe del agua fresca suministrada.

En la preparación de una auditoría de agua para una planta existente o en el diseño de una planta nueva, el llenado de una hoja sumaria proporcionará la información básica de planeación necesaria.

## **SELECCIÓN DE LA BOMBA**

La selección adecuada de una bomba para su instalación en un pozo comprende la consideración de varios factores. La exposición siguiente presenta algunos de los más importantes de ellos y particularmente aquellos que más frecuentemente se pasan por alto y es necesario destacar.

El primer factor que debe considerarse debe ser necesariamente el rendimiento de un pozo. Pese a lo evidente que parece, es un hecho que a menudo se desatiende en la selección de la bomba para pozos pequeños. No es posible extraer más agua de un pozo, que la cantidad determinada para su rendimiento máximo. Por lo tanto, no es necesario escoger una bomba cuya capacidad de descarga sea más grande que lo que rendirá el pozo. Comúnmente, los rendimientos máximos de un pozo se determinan por medio de pruebas de bombeo. Para pozos pequeños, las pruebas de bombeo no necesitan comprender más que el bombeo de los mismos a un régimen específico, o a una serie de ellos por un período de tiempo mayor que los requerimientos probables de servicio. Entonces, los registros de la prueba pueden usarse para determinar la capacidad específica.

Con el conocimiento de la capacidad específica y las demandas estimadas de agua, se puede seleccionar el régimen de bombeo adecuado tomando en consideración la provisión de almacenamiento. Se puede considerar la posibilidad de varias horas de capacidad de

almacenamiento y un alto régimen de bombeo a fin de mantener el número de horas de funcionamiento tan bajo como sea posible. Deben pesarse las ventajas de hacer esto o bien emplear un régimen de bombeo más bajo durante mayor número de horas de operación y la provisión de una capacidad de almacenamiento menor. La disponibilidad de energía eléctrica solamente por períodos limitados del día o la noche también influiría en la decisión. Habiendo escogido un régimen de bombeo, puede estimarse el descenso de nivel en el pozo para ese régimen dividiéndolo por la capacidad específica de aquél. Por ejemplo, un régimen de bombeo de 30 gpm (113.55 litros por minuto) en un pozo con una capacidad específica de 5 galones por minuto por pie, crearía un descenso de nivel de 30 dividido por 5 o sea 6 pies (1.83 m). Agregando el descenso a la profundidad del nivel estático del agua bajo la superficie de ésta, se obtiene la profundidad al nivel esperado de bombeo del agua.

Es por eso que se usa esta profundidad al nivel de bombeo del agua para escoger entre una bomba de tipo de superficie y una de pozo profundo. Al hacer esto, se debe recordar que las variaciones estacionales de la capa freática, el bombeo prolongado y la interferencia de otros pozos pueden producir la disminución del nivel de bombeo del agua. Por lo tanto, deben hacerse concesiones donde es probable que ocurran tales posibilidades. El uso de bombas de pozo profundo estaría indicando donde la profundidad al nivel de bombeo de agua fuera de 25 pies (7.62 m) o más, y el pozo fuera lo suficientemente profundo y de diámetro bastante grande para alojar una bomba apropiada. De lo contrario, se usarían bombas de tipo de superficie con regímenes limitados de bombeo, si fuera necesario.

El siguiente paso lógico es la estimación de la carga total de bombeo, la cual con el régimen correspondiente, determina la capacidad de la bomba seleccionada. Puede entonces estimarse la carga total de bombeo, agregando la altura total vertical, del nivel de bombeo del agua al punto de entrega del líquido, las pérdidas totales por fricción, que ocurren en las tuberías de succión y descarga. Esta estimación desdeña la carga por velocidad o carga requerida para producir el flujo a través del sistema ya que puede esperarse que ésta sea despreciable en la mayoría de las instalaciones que emplean pozos pequeños. La altura vertical total incluye la altura de succión y la carga de entrega o carga sobre el impulsor de la bomba cuando se usa una máquina del tipo de superficie. Las pérdidas totales por fricción pueden ser estimadas.

Se puede consultar a los fabricantes de bombas o a sus agentes sobre la selección de una bomba adecuada para satisfacer la capacidad de bombeo estimada y las condiciones de succión cuando sea posible. Algunos otros factores afectarían la selección final. Entre éstos se encuentran el precio de compra y el costo de operación de bomba; la magnitud del mantenimiento requerido y la confiabilidad en el servicio disponible para ellos, la posibilidad de obtener piezas de repuesto, la facilidad con que pueden efectuarse las reparaciones, las características sanitarias de la bomba, y la conveniencia de la regularización en el uso de determinado tipo y fabricación de bomba a fin de reducir la diversidad de piezas de repuesto. En la tabla siguiente, se proporciona una guía para la selección de bombas. En ella se resumen las condiciones en que deben usarse los distintos tipos de bombas normalmente, las ventajas y desventajas de cada una. Se debe considerar que la tabla está preparada para usarse únicamente como guía general para la selección de bombas.

La instalación, operación y mantenimientos adecuados de las bombas centrífugas varían ampliamente según los servicios en que puedan aplicarse las bombas y sólo se pueden lograr resultados satisfactorios en esas áreas siguiendo las instrucciones del fabricante en lo que respecta al tamaño y tipo de la unidad de que se trata. Existen, sin embargo, ciertas consideraciones generales que deben observarse y que raras veces necesitan modificarse en cualquier circunstancia.

En general, el lugar seleccionado para la instalación debe estar tan cercano a la fuente del fluido como sea posible, congruente con los requerimientos que debe tener un espacio adecuado para proporcionar fácil acceso a la operación, inspección y mantenimiento. La unidad de bombeo se debe montar en una cimentación de tamaño suficiente y rigidez para soportar la unidad misma más el peso del fluido que contendrá durante la operación y mantener un alineamiento exacto. La tubería debe ser soportada en forma independiente y anclada para evitar la transmisión de esfuerzos a la bomba, en particular la tubería de succión debe ser diseñada para minimizar las pérdidas por fricción y presentar un perfil uniforme de velocidad en la entrada a la bomba. Las válvulas de succión y de descarga (o de retención) deben ser adecuadas para las presiones incluidas y en el caso de grandes unidades también puede necesitar soporte independiente. Si la bomba se requiere para operar contra una altura de succión, se debe instalar un sistema adecuado de cebado y cuando opere con succión ahogada será necesario un arreglo de desfogue para purgarla. También se debe tener cuidado que todas las conexiones auxiliares de sellado, enfriamiento, lavado y drenaje se hagan en la forma requerida para la unidad particular que se instala.

Antes de la operación inicial de cualquier bomba centrífuga, es necesario asegurarse de que la unidad de potencia esté conectada para proporcionar la dirección correcta de rotación, que todos los acoplamiento de ejes entre componentes separados de toda la unidad estén alineados dentro de los límites establecidos por el fabricante y que todos los cojinetes tengan las cantidades y los grados adecuados de lubricantes.

Una regla fundamental generalmente aceptada en el aspecto de mantenimiento de la bomba es que durante la operación normal, la unidad debe dejarse sola, excepto en circunstancias especiales no se recomiendan revisiones periódicas.

La cantidad y el grado de mantenimiento que probablemente se requieren depende sobre todo de la naturaleza del servicio en que se aplica la bomba y las prácticas de mantenimiento, por lo tanto, deben determinarse en gran parte por el usuario.

La instalación eléctrica nuevamente se reduce a la instalación de un motor eléctrico con la diferencia de que el control puede tener incluidos controles de presión y guarda niveles, las capacidades de las bombas pueden estar en pocos hp hasta 50 hp o más; por ejemplo, para un caudal de 100 gpm se utiliza una bomba de 20 hp, para un caudal de 180 gpm se emplea una bomba de 30 hp, siempre dependerá la capacidad también de la distancia y profundidad del punto de toma al punto de descarga.

INFORMACION SOBRE BOMBAS. MANUAL DE SISTEMAS INDIVIDUALES DE ABASTECIMIENTO DE AGUA, DEPARTAMENTO DE SALUD, EDUCACION Y BIENESTAR DE LOS ESTADOS UNIDOS DE AMERICA, PUBLICACION No. 24 DEL SERVICIO DE SALUD PUBLICA.

Tipo de Bomba	Altura Práctica de aspiración (pies)	Profundidad usual de bombas (pies de agua)	Cargas Usuales de Presión (pies de agua)	Ventajas	Desventajas	Observaciones
<p>De Movimiento Alterno:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>De superficie</li> <li>De pozo profundo.</li> </ol>	<p>22.25 22.25</p>	<p>22.25 &gt;25</p>	<p>50-200 Hasta 600 sobre el cilindro.</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Acción positiva</li> <li>Descarga constante bajo cargas de presión variables.</li> <li>Gran flexibilidad para satisfacer demandas.</li> <li>Bombea agua que contiene arena y limo.</li> <li>Especialmente adaptada para baja capacidad y grandes alturas.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Descarga pulsante.</li> <li>Sujeta a vibración y ruido</li> <li>Los gastos de conservación pueden ser altos.</li> <li>Puede causar presión des tractora si funciona contra una válvula cerrada.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Más apropiado para capacidades de 5-25 g por minuto contra cargas de presión moderadas o altas.</li> <li>Adaptable para operación manual.</li> </ol>
<p>Rotativa:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>De superficie (engrane o alabe).</li> </ol>	<p>22</p>	<p>22</p>	<p>50-250</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Acción positiva</li> <li>Descarga constante bajo cargas de presión variables.</li> <li>Funcionamiento eficaz.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Sujeta a desgaste rápido si el agua contiene arena o limo.</li> <li>El desgaste de engranes reduce la eficacia.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Más apropiada para trabajar a baja velocidad.</li> <li>Tipo semirotativo adaptable para operación manual.</li> </ol>
<ol style="list-style-type: none"> <li>De Pozo profundo (rotor helicoidal)</li> </ol>	<p>Generalmente sumergida</p>	<p>&gt;25</p>	<p>100-500</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Las mismas que la rotativa de tipo superficie</li> <li>Sólo hay una parte móvil de la bomba dentro del pozo.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Sujeta a desgaste rápido si el agua contiene arena o limo.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Un estator de caucho de una sola pieza aumenta la duración de la bomba.</li> <li>Más apropiada para baja capacidad y cargas altas.</li> </ol>
<p>Centrífugas:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>De superficie</li> <li>Con cuerpo de caracol (paso sencillo)</li> </ol>						<ol style="list-style-type: none"> <li>Mejores eficiencias a descargas próximas a 50 galones por minuto y cargas hasta de 150 pies aproximadamente.</li> </ol>

### 3.6 TALLERES DE MANTENIMIENTO

Es recomendable que el taller tenga dos tipos de iluminación, es decir, general y local, sobre todo cuando se hace necesaria la reparación de máquinas con componentes pequeños. El nivel de iluminación general puede estar alrededor de los 300 lux y el nivel local puede llevarse hasta los 500 lux. El tipo de luminaria puede ser industrial no empotrable para la iluminación general.

Para los equipos de fuerza, se requiere tener la información de los equipos que se van a instalar, así como del equipo que se va a reparar; entre los equipos que se van a instalar encontramos fresadoras, cepillos, taladro de pedestal, esmeriles, soldadura eléctrica, sierras, pulidoras, etc.

Es conveniente que cada equipo tenga su alimentación y protección por separado.

Además, es conveniente instalar tomacorrientes cerca de los bancos de trabajos, los cuales permitirán realizar pruebas al equipo; éstos pueden ser ubicados en la pared, en el cielo, utilizando del tipo péndulo o bien en el piso. Las circunstancias ayudarán a decidir cuál es el más conveniente, los voltajes de los tomacorrientes serán 120 VAC, 240 VAC monofásico y 240 VAC trifásico.

Hasta donde sea posible, es conveniente mantener el balance de las cargas.

## **CAPITULO 4.**

### **4.1 CRITERIOS DE DISEÑO PARA ÁREAS DE MANUFACTURA.**

#### **PESAS**

El área de metrología (pesas) requiere, por el tipo de trabajo que se va a realizar un nivel de iluminación de 400 a 500 lux; las luminarias deberán estar empotradas y tener difusor.

Para el sistema de fuerza, es suficiente instalar tomacorrientes monofásicos 120 VAC a cada tres metros alimentados con un conductor de calibre # 12.

El equipo que se emplea en este departamento consiste en pesas de precisión y balanzas, el cual consume poca energía, menor que 100 vatios.

Las condiciones ambientales, por el proceso, requieren según las Normas de Control de Medicamentos un aire filtrado al 85%, de 15 a 20 renovaciones por hora, presión negativa, control de temperatura y control de humedad relativa, lo que implica la instalación de equipo de aire acondicionado cuya capacidad dependerá del volumen del ambiente; además, se utilizan extractores puntuales, los cuales pueden ser de tipo torit, los cuales trabajan con una potencia del motor desde caballo y medio hasta siete caballos o más.

Los interruptores y tomacorrientes se instalarán bajo normas generales

La seguridad para este departamento se orienta al manejo de las materias primas, contrario a la instalación eléctrica; es necesario únicamente tener circuitos con tierra física para los tomacorrientes de las balanzas.

#### **LÍQUIDOS**

Para la elaboración de productos farmacéuticos y cosméticos se requiere un nivel de iluminación de 400 a 500 lux; las luminarias deberán instalarse resistentes a la humedad, sobre todo según la altura de suspensión y la eficacia del sistema de extracción de aire.

La instalación de fuerza es variable y depende del equipo que se va a instalar, pero en general se requerirá de una alimentación trifásica para los motores de los agitadores o reactores; se tendrán que instalar tomacorrientes 220 y 120 monofásicos.

Las condiciones ambientales requieren que esta área tenga presión positiva, inyección y extracción de aire con 15 a 20 cambios por hora y un filtrado del 85%, por lo que será necesario considerar la instalación de equipo que puede oscilar entre 3 hp y 10 hp o más, siempre dependiendo del volumen de aire que se va a desplazar.

El equipo propiamente del departamento consiste, entre otros, de tanques de agitación, los cuales tienen motores que van desde 1/2 hp hasta 40 hp, homogenizadores que emplean una potencia arriba de 5 hp y filtradoras que utilizan motores de 1 hp a 5 h p. Ahora bien, es baja la posibilidad de que todo el equipo trabaje a la vez, por lo que es necesario realizar un estudio de diversidad y de demanda para no sobre-dimensionar la alimentación al departamento.

Es necesario que todo el equipo eléctrico que se utilice en esta área esté diseñado para operar en condiciones de humedad; además, es vital que los controles de los motores de los agitadores tengan seguro con candado para evitar accidentes.

Un detalle importante en este departamento es el aterrizaje del equipo, ya que en los tanques se genera electricidad estática por la agitación del producto; además, por ser estos normalmente de acero inoxidable, se corre el riesgo de que el equipo entre en contacto con una línea de voltaje y pueda provocar un accidente.

La instalación de tierra se hará con un conductor calibre # 10 como mínimo, para asegurarnos la resistencia mecánica y un buen contacto; este conductor deberá ir de cada equipo a la varilla de cobre o varillas utilizadas; es conveniente que todo el sistema de tierra se interconecte para aumentar su efectividad. Lo importante de esta parte es que todo el equipo se debe aterrizar.

## **GRANULADO.**

El trabajo que se realiza en este departamento requiere de un nivel de iluminación de 400 a 500 lux; siempre deberán instalarse las luminarias empotradas en el cielo o en el cielo falso y deben tener protector.

El sistema de fuerza deberá ser trifásico, pero requerirá el uso de tomacorrientes monofásicos.

Las condiciones ambientales son de humedad relativa y temperaturas controladas, 20 cambios de aire en una hora, presión negativa y un filtrado al 85%. Las condiciones del ambiente se logran con equipo de aire acondicionado el cual deberá ir equipado con resistencias eléctricas, o un sistema de vapor. Si se emplean resistencias eléctricas; éstas tendrán un consumo de 5 a 15 kilovatios o más, por lo que será necesario considerarlas en la carga de la instalación.

El equipo que se va a emplear es especial, generalmente se utilizan hornos de secado con un consumo de 10 a 25 kilovatios o más, algunos diseñados contra explosiones, ya que existe la posibilidad de utilizar materias primas inflamables; además, se emplean mezcladores del tipo V-blender, Glen-Mixer, los cuales tienen consumos desde 2 hp, hasta 7 1/2 hp o más; se utilizan molinos oscilantes y de cuchillas que necesitan de una potencia de 3 hp a 5 hp para operar. Asimismo se emplean extractores puntuales del tipo torit cuya potencia oscila de 3 hp a 5 hp.

El equipo generalmente no trabaja todo a la vez, por lo que es necesario realizar un estudio de diversidad y demanda para determinar la capacidad y dimensión del alimentador.

En general, el equipo debe estar diseñado para soportar polvos y humedad debido al proceso y a la sanitización que se realiza del mismo.

Es necesario mencionar que varios de estos equipos deben tener arrancador con candado de seguridad para evitar cualquier arranque involuntario que pueda ocasionar un accidente serio.

### **TABLETEADO**

El nivel de iluminación para este departamento y cada una de sus áreas deberá ser de unos 300 lux, manteniendo la norma de empotrar las luminarias y que éstas tengan difusores.

La instalación de fuerza será trifásica, los motores de estas máquinas son de 3 hp a 7 1/2 hp.

Las condiciones ambientales requeridas son humedad relativa y temperatura controlada, aire filtrado al 85%, 20 renovaciones de aire por hora; las áreas en donde se encuentren las máquinas deberán tener presión negativa para evitar la contaminación entre productos.

Las máquinas utilizadas para estos departamentos son conocidas como tableteadoras o compresoras y pueden haber de 1 punzón y de múltiples. A la vez se emplean recolectores de polvo de tabletas conocidos como deduster, que necesitan poca potencia para operar, menos de 1 hp, asimismo se requieren extractores puntuales del tipo torit que pueden requerir una potencia de 2 hp hasta 7 1/2 hp, según sea el caso. Para establecer la efectividad del tableteado, es decir la dureza de las tabletas se utiliza el durómetro, el cual consume pocos miliamperios.

El ambiente de trabajo en esta área se carga demasiado de polvo del producto, por lo que el equipo eléctrico de las máquinas deberá ser sellado.

La operación de todas las máquinas juntas es posible que se dé, por lo que el circuito alimentador deberá estar diseñado para ello.

### **ENCAPSULADO**

El nivel de iluminación en el área de trabajo debe ser de unos 500 lux; las luminarias deberán ser empotradas y tener difusores. El circuito de fuerza debe ser trifásico, pero usualmente alimentara motores monofásicos.

Las condiciones ambientales requieren humedad relativa y temperatura controlada, 20 renovaciones de aire por hora, aire filtrado al 85% y presión negativa en el área de las máquinas.

Las máquinas que aquí se utilizan se conocen como encapsuladoras, las cuales trabajan con motores de baja capacidad para accionar sus mecanismos y una bomba de vacío. Las capacidades de los motores oscilan de 2 hp a 5 hp; las bombas de vacío específicamente son de 2

hp y tienen una capacidad de succión de 29 hg; también se requiere el uso de extractores puntuales que pueden ser del tipo torit, el cual consumirá una potencia que oscilará de 3 hp a 5 hp.

Actualmente se emplean selectoras y pulidoras de cápsulas, las cuales demandan un consumo de energía no mayor de 5 kilovatios. La probabilidad de operar todo el equipo a la vez es alta, por lo que el alimentador deberá estar diseñado para tal situación.

El equipo eléctrico siempre deberá ser resistente al polvo y la humedad.

### **RECUBIERTO**

El trabajo que se realiza en este departamento requiere de un nivel de iluminación de unos 300 lux, debido a que no demanda una atención continua y el producto es visible al ojo humano, siempre será necesario empotrar las lámparas, las cuales deberán tener difusor.

El circuito de fuerza se diseñara para alimentar circuitos trifásicos y monofásicos, en el cual se conectarán motores y resistencias. Siempre es conveniente realizar una alimentación individual para cada unidad y si es posible, separar el circuito de los motores del circuito de calefacción.

Las condiciones ambientales requieren siempre inyección y extracción de aire filtrado al 85%, el cual deberá ser removido 20 veces por hora con una presión negativa en el ambiente.

El equipo que se emplea entre otros consiste en bombos de recubierto, los cuales utilizan motores de 1 hp y 5 hp, trifásicos, además tienen resistencias desde 2.4 kilovatios a 3.5 kilovatios; se utilizan extractores tipo torit, homogenizadores y hornos, los cuales pueden consumir hasta 15 kilovatios.

### **ÁREA ESTÉRIL**

Esta área requerirá de un nivel de iluminación de unos 400 lux; las luminarias deberán ser empotradas y selladas.

Los circuitos de fuerza deberán ser diseñados para manejar equipo trifásico y monofásico, siempre teniendo en mente que la instalación deberá ser sellada.

Las condiciones ambientales requerirán control sobre la humedad relativa, la temperatura y también el control sobre el ambiente para mantenerlo estéril, por lo que será necesario utilizar equipos de aire acondicionado y una diversidad de filtros, los cuales pueden ser filtros electrostáticos y filtros hepa; nuevamente todo el equipo y su capacidad dependerá del volumen del área.

El equipo que se va a utilizar dependerá del área, pero el equipo que se utilice debe ser diseñado para que pueda lavarse como parte de un proceso de sanitización.

## **EMPAQUE.**

Esta área puede subdividirse en otras áreas:

- Llenado de sólidos
- Llenado de líquidos
- Área de empaque propiamente

Para las áreas de llenado de sólidos y de líquidos, el nivel de iluminación puede ser de 400 Lux; el tipo de luminarias debe ser empotrado y tener un difusor o pantalla. Para el área de Empaque, el nivel de iluminación podrá estar alrededor de 300 a 500 lux.

El tipo de maquinaria varía de acuerdo a las necesidades de cada industria, pero generalmente será necesario alimentar circuitos trifásicos y monofásicos, los cuales proporcionarán la energía para motores, túneles de calefacción, aires acondicionados, etiquetadoras, llenadoras de líquidos, llenadoras de polvos, contadoras de tabletas y/o cápsulas, etc.

Las condiciones ambientales de estas áreas podrán requerir control de temperatura, control de humedad relativa y una presión positiva o negativa según sea el caso.

En estos departamentos permanece una cantidad mayor de personas que en los otros, por lo que las instalaciones deben ser diseñadas y construidas con absoluta seguridad; es necesario que los equipos sean conectados a un sistema de puesta a tierra, especialmente las bandas de transportación, ya que éstas tienden a cargarse de electricidad estática y ésta puede descargarse en el personal.

Entre los equipos que se emplean están las máquinas llenadoras de líquidos, las cuales utilizan motores de C.C. para su operación. Se tienen, además, máquinas blisteadoras, bandas de transportación, etc.

El dimensionado del alimentador dependerá del caso específico en particular, habiendo considerado la demanda, el factor de diversidad y futuras ampliaciones.

## **BODEGAS**

Para esta área, el nivel de iluminación puede estar entre 200 y 300 lux, ya que las actividades que en ese departamento se realizan no requieren mucha atención y generalmente se movilizan objetos grandes. Las luminarias que se van a utilizar pueden ser del tipo industrial, no empotradas.

Un área de las bodegas deberá tener materias primas inflamables, por lo que las luminarias y la infraestructura deberán ser contra incendios y se deberá tener una red de tierra para aterrizar todos los recipientes de metal.

Los circuitos de fuerza generalmente son 120/240 VAC, los cuales se utilizan para balanzas, cargadores de baterías de montacargas y equipo de limpieza.

El alimentador se diseñará de acuerdo con las necesidades de cada bodega en particular, pero en general deben proyectarse las instalaciones eléctricas con las más altas normas de seguridad para evitar riesgos de incendios por falsos contactos o cortocircuitos, ya que los productos que se almacenan en la bodegas son altamente inflamables, como las cajillas, particiones, cajas, que son de cartón y cuyo valor puede ser de varios millones de quetzales.

## **4.2 CRITERIOS DE DISEÑO PARA ÁREAS DE CONTROL DE CALIDAD.**

### **LABORATORIOS DE ANÁLISIS**

#### **FÍSICO QUÍMICO**

En el laboratorio, se realizan diferentes actividades, las cuales están relacionadas con la verificación de la calidad de los productos. El nivel de iluminación, sin embargo, puede ser de unos 400 lux y el tipo de luminaria queda a elección, aunque es conveniente una luz blanca.

El circuito de fuerza al igual que en los demás departamentos, debe estar aterrizado con un sistema de puesta a tierra sólido, debido a que en la mayoría de análisis se utilizan agitadores de líquidos, por lo que se genera electricidad estática y esto puede ser peligroso para el personal.

Cuando sea posible, aparatos como espectrofotómetros, cromatógrafos, cámaras de humedad y otros de uso delicado, deben ser alimentados a través de un sistema de U.P.S. para evitar que se dañen por fallas en el sistema de alimentación o bien que se pierda un análisis por falta de energía, ya que vale la pena mencionar que el costo de un análisis puede estar por los 4000 o más quetzales.

El equipo que se utiliza en su mayoría es monofásico, y se comparte en 120 VAC y 240 VAC. Entre otros aparatos, se pueden mencionar agitadores, calentadores, hornos, ventiladores, etc.

Es recomendable que cada equipo tenga su alimentador y protección independiente.

Las condiciones ambientales sólo requieren una ventilación adecuada para evitar la acumulación de olores y vapores que son dañinos a la salud del personal.

La capacidad del circuito alimentador dependerá de cada caso en particular.

#### **MICROBIOLÓGICO.**

Estos departamentos generalmente ocupan un área menor que los laboratorios físico-químicos, aunque la dimensión del mismo dependerá de los requerimientos de los procesos; el nivel de iluminación es de 300 a 400 lux, el tipo de luminaria a utilizar deberá tener pantalla.

El circuito de fuerza debe instalarse trifásico, aunque en su mayoría la carga sea monofásica 240/120 VAC; será necesario distribuir el equipo para balancear bien la carga. El consumo de los aparatos puede estar alrededor de 5 a 10 kilovatios, especialmente con los hornos. Nuevamente se recomienda instalar circuitos y protecciones independientes para cada

aparato, ya que esto facilitará el mantenimiento y dará mayor confiabilidad a las instalaciones eléctricas.

Las condiciones ambientales requieren temperatura controlada, lo cual se obtiene a través de equipos de aire acondicionado y también control microbiológico del ambiente en ciertas áreas.

Entre otros equipos podemos mencionar auto-claves, hornos, campanas de flujo laminar, microscopios, refrigeradoras de incubación.

El equipo y accesorios pueden estar sometidos a un ambiente húmedo, por lo que será importante considerarlo en el diseño.

### **4.3 CRITERIOS DE DISEÑO PARA ÁREAS ADMINISTRATIVAS.**

#### **OFICINAS.**

Aquí nuevamente encontramos circuitos de iluminación y fuerza. Para las oficinas, el nivel de iluminación recomendado oscila entre 300 y 500 lux; es conveniente utilizar lámparas con difusor para disminuir el efecto estroboscópico, el cual ocasiona fatiga. Si la actividad de las oficinas lo permite, será conveniente habilitar los circuitos de iluminación por sectores, lo que puede contribuir al ahorro de energía.

Los circuitos de fuerza generalmente son de 120 VAC monofásicos, y son las cargas de mayor consumo las cafeteras, por lo tanto, se recomienda en la medida que sea posible instalar circuitos independientes para ellas, si es que se conoce su punto de ubicación. Además, se emplean fotocopiadoras, lámparas de escritorio, máquinas de escribir, fax, etc. Es posible que se tenga necesidad de utilizar un UPS para la red de computación. Vale la pena mencionar que el equipo de limpieza generalmente da problemas debido al alto consumo que tiene, por lo que es conveniente dejar una red de tomacorrientes para él, o bien los que se instalen deberán estar capacitados para alimentar toda la carga.

En resumen, es conveniente que la alimentación sea trifásica hasta el tablero del área administrativa, para poder alimentar todos los circuitos, teniendo presente el balance de las cargas.

Es importante que esta área tenga iluminación de emergencia para garantizar la seguridad del personal.

#### **VESTIDORES Y BAÑOS**

Para estos ambientes, el nivel de iluminación es bajo y puede oscilar entre 100 y 200 lux. El tipo de luminaria queda a elección del encargado del proyecto. Nuevamente es recomendable la iluminación de emergencia para garantizar la seguridad del personal.

El circuito de fuerza manejará poca carga, quizás sólo el equipo de limpieza.

Generalmente se emplean secadores de mano, y es por eso conveniente instalar un circuito separado para cada unidad.

Es probable que se utilicen calentadores eléctricos para el agua, por lo cual será necesario proveerlos con circuitos individuales para cada unidad y un buen sistema de puesta a tierra.



## CAPITULO 5

### EJEMPLO DE DISEÑO PARA UN LABORATORIO.

#### 5.1 ÁREA PARA LA MANUFACTURA DE LÍQUIDOS.

##### Criterios generales:

La temperatura de diseño será establecida para cada proyecto, basada en las necesidades de cada producto y la comodidad del personal. La tolerancia permisible será de +/- 2 °F del punto establecido.

La humedad relativa será determinada de acuerdo con las necesidades del producto, con una tolerancia de +/- 5%. En ausencia de una necesidad especial, la humedad será entre 25 y 60%.

El conteo de partículas puede no ser requerido, pero filtros hepa pueden necesitarse, por lo que será necesario dejar los agujeros para estos.

El equipo que se va a emplear deberá estar incluido en las listas de diseño, pero éste debe permitir una tolerancia de temperaturas entre 68 y 78 °F.

##### Criterios específicos:

Estos obligan al diseño de un ambiente con aire limpio y superficies lisas susceptibles de poder limpiarse. Generalmente los productos que se elaboran en esta área generan vapor y polvo. La temperatura del aire, la humedad, la presión diferencial y el conteo de partículas, son controladas, pero pueden variar los requerimientos según el proceso. El ambiente interior y las salidas próximas deben revisarse cuando se procesan drogas de alta potencia.

##### Barreras

Será necesario proveer a los ambientes de divisiones para evitar la contaminación cruzada de productos; a veces se requerirá de barreras de aire llamadas air locks.

##### Construcción y acabados:

Los ambientes serán diseñados y contruidos para minimizar las fugas a través de aberturas. Paredes, pisos, cielo, mobiliario etc., deberán ser susceptibles de poder limpiarse y/o sanitizarse.

##### Pisos

Los pisos deben ser de un material liso que permita una limpieza continua, y de acuerdo a los productos que se van a manufacturar será necesario darles alguna aplicación de epóxicos para evitar que se dañen; sólo será necesario verificar la calidad de los productos que se van a utilizar.

Los pisos serán provistos de drenajes y de un desnivel para evitar la acumulación de líquidos.

#### Paredes

Las paredes serán lisas, fáciles de limpiar, rígidas, resistentes a impactos y a la abrasión; deben tener la capacidad de ser lavadas continuamente sin dañarse. Las juntas entre piso/pared, pared/pared, y cielo/pared deberán ser selladas apropiadamente para evitar la acumulación de polvos y el ingreso de roedores e insectos.

#### Cielos

Los cielos se construirán de material similar a las paredes. Estos deberán ser capaces de soportar el montaje de los sistemas de aire, el equipo de iluminación, sistemas de riego, etc., es posible emplear productos epóxicos en los acabados.

#### Puertas y pasillos

Las puertas deben diseñarse apropiadamente y deben ser herméticas. Las barreras de aire pueden ser requeridas dependiendo del proceso. Los ambientes en donde se producirá polvo en el proceso deben de ser provistos de una barrera de aire para evitar la migración del producto. Un sistema para retirar el polvo de los zapatos deberá ser considerado. Una barrera de aire deberá ser montada entre ambientes si diferentes productos son procesados.

Ambientes para el cambio de ropa, almacenamiento de trajes especiales, equipo de limpieza del edificio, limpieza de zapatos pueden ser necesarios.

#### Ventanas

Las ventanas serán construidas de materiales que permitan su sanitización y limpieza continua. Las dimensiones se determinaran en cada caso en particular.

#### Atmósfera:

Para su diseño, se deben observar los estándares de ingeniería para el área de mecánica en lo referente al calor, ventilación y las condiciones de los sistemas de aire acondicionado. Será necesario proveer los instrumentos que permitan monitorear las condiciones ambientales de las respectivas áreas.

#### Temperatura

La temperatura de diseño será establecida para cada proyecto. Normalmente ésta se basará en la comodidad del personal. Si los requerimientos de los productos lo pidieran, las condiciones estarán determinadas por éstos.

### Humedad

Los requerimientos de humedad serán establecidos para cada proyecto en particular basados en las necesidades del producto o en la comodidad de las personas. Las tolerancias permisibles serán establecidas. La humedad en exceso es permitida en las operaciones de limpieza. La humedad absoluta será también establecida para valores de temperatura y humedad relativa dados.

### Filtros de aire

Filtros de aire con una eficiencia del 90% serán instalados en el punto en donde ingresa el aire a los sistemas. En renovación de proyectos, se pueden utilizar bancos de filtros centrales, con ductos para cada ambiente. Especiales consideraciones deben hacerse cuando se utiliza este criterio en lo que respecta al flujo entre los ductos y el equipo.

Por si en el futuro se requiriera el control de partículas, será necesario proveer los espacios para filtros absolutos o filtros hepa.

### Flujo y presión de aire:

El flujo y la presión de aire serán determinados para cada proceso, donde la presión negativa se requiera (operaciones que generan polvo, drogas potentes o solventes), el flujo del aire irá del área adyacente hacia el área de trabajo. La calidad del aire de infiltración será similar al aire del ambiente.

Procesos que no generan polvo y que no tienen riesgo generalmente se trabajan con presión positiva.

El uso de ventiladores locales para enfriamiento es prohibido a menos que sea una medida aprobada por el departamento de control de calidad, y ésta sea una medida temporal.

Es recomendable el diseño de equipo para cada ambiente para evitar la contaminación cruzada de productos. La contaminación cruzada puede resultar de daños en el equipo o por una falla humana. Como siempre, si se usa una misma fuente de aire para dos ambientes, será necesario instalar un banco de filtros en la entrada de cada ambiente.

Protección para el producto contra sobrecalentamiento, congelamiento, excesiva humedad y contaminación cruzada será prevista en una falla del sistema o en un cambio de la fuente del aire. Sistemas de alarmas serán necesarios para indicar fallas en el sistema o en las presiones.

### Remoción de polvo y vapor:

La descarga de polvos, vapores o humos a la atmósfera deberán ser controlados. Separados sistemas de extracción deben ser provistos para polvos de drogas potentes. El equipo de remoción de polvos debe ser provisto con un filtro de al menos un 85% de eficiencia. Para ahorro de energía, se debe considerar el uso de filtros lavables y recircular el aire filtrado.

Debe tenerse especial cuidado en el manejo de productos tóxicos; es posible que existan regulaciones específicas en el manejo de estos, como por ejemplo el selenio.

Deben emplearse ventiladores y recolectores de polvos independientes para cada producto dentro de los ambientes.

Previsiones especiales se realizarán para proteger las áreas de la migración de polvos cuando los recolectores de polvo son limpiados para evitar la contaminación cruzada. Esto puede requerir envolturas individuales y quizás diseños específicos. Además puede necesitarse un procedimiento especial.

Es conveniente dejar señales que indiquen un aumento o disminución de la presión estática en los equipos.

#### Conteo de partículas

Los estándares para el conteo de partículas de cada área serán establecidos tomando como base una posible contaminación cruzada de los productos.

#### Control Microbiológico

El nivel de acción será establecido para cada área tal como sea requerido por los productos.

#### Certificación ambiental

Los ambientes serán certificados de acuerdo con los procedimientos de la división responsable de la planta. Como mínimo será necesario una calificación de la instalación y una calificación de la operación.

#### Equipo para el proceso:

##### Diseño

Para el diseño, se recomienda revisar la sección de el documento de buenas prácticas de manufactura y los estándares de ingeniería que sean aplicables.

El aire que se utiliza debe ser filtrado como mínimo a un 90%; para ciertos productos o donde el riesgo de contaminación cruzada sea alto, se deben utilizar filtros absolutos.

Como parte del proceso de diseño, también deben tenerse presente la humedad relativa, la temperatura y los cambios de aire en los ambientes.

### Planos de ubicación del equipo

Los planos serán elaborados de tal forma que la ubicación del equipo permita que la limpieza pueda realizarse fácilmente. Las áreas libres cerca del equipo serán específicas para cada unidad

### Instalación

Es conveniente elevar los equipos sobre el nivel de piso mediante plataformas para permitir la limpieza de las áreas; si esto no fuera posible, será necesario sellar la base de los equipos con silicones.

Las plataformas, rieles y gradas si se construyen de metal, deberán ser resistentes a la corrosión; la estructura de apoyo, si se utiliza, deberá ser tubular para facilitar la limpieza.

Las tomas eléctricas, paneles, accesorios, etc. deben ser resistentes al agua a alta presión, para permitir la limpieza y sanitización del ambiente.

### Necesidades de mantenimiento:

Los equipos deben instalarse de tal forma que las partes que requieran mantenimiento sean fácilmente desmontables con pocas herramientas. Cuando sea posible, el diseño debe permitir que el mantenimiento se realice fuera del área de trabajo del equipo.

### Mobiliario

Muebles tales como escritorios, sillas, gabinetes, lockers, mesas, etc., deben construirse de un material resistente a la corrosión, diseñados para una fácil limpieza y montados de una forma práctica.

El equipo que se utiliza para negocios de alimentos o restaurantes generalmente es aceptable.

### Iluminación

La iluminación será de acuerdo con la actividad que se va a realizar en el ambiente. Siempre deben considerarse en el diseño los colores del cielo, las paredes y el piso. Las luminarias deben ser selladas y resistentes al agua a presión. Las luminarias no deberán instalarse de tal forma que queden arriba del área de proceso de los productos.

### Servicios auxiliares:

Los ductos y tuberías expuestos deben minimizarse; actualmente no se permiten y sólo se dejan las respectivas tomas para los equipos. En donde existan tuberías expuestas éstas deben ser totalmente lavables.

Áreas de lavado deben ubicarse cerca de los departamentos. Los estándares requeridos para la calidad de los servicios auxiliares deben tenerse presente en el diseño para proveer agua, aire, vapor y otros de tal manera que no alteren los productos que se elaboraran.

El aire comprimido usado por los equipos es conveniente que se escape al ambiente; si esto no es posible, éste deberá ser filtrado.

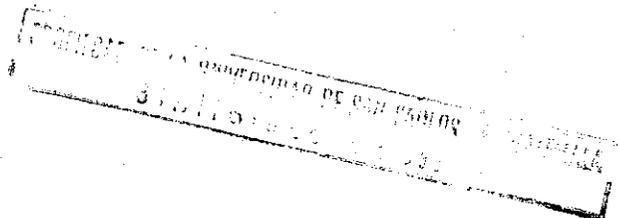
Para el equipo de seguridad se debe consultar a la empresa aseguradora.

### Ejemplo específico área de líquidos:

largo:	9 metros.
ancho:	6 metros.
altura:	5 metros.
volumen:	270 metros cúbicos.
color del cielo:	blanco.
color de las paredes:	blanco.
color del piso:	gris.
temperatura ambiente:	no controlada.
humedad relativa:	no controlada.
cambios por hora de aire	20 .
sistema de aire	solamente ventilación.
capacidad de los filtros:	85-90%.
presión del ambiente:	positiva.
conteo de partículas:	no requerido.
control microbiológico:	lo establecen los productos específicos.
alimentación eléctrica:	trifásica.
nivel de iluminación:	450 lux.
tipo de equipo en general:	resistente al agua a presión.
tomacorrientes:	trifásicos y monofásicos 220 - 110 voltios.
sistema de tierra:	cable 8 AWG.
mobiliario:	en general acero inoxidable.
servicios auxiliares:	
vapor	60 y 30 psi.
agua potable	50-60 psi.
aire	60-80 psi.
agua desionizada	10-30 psi.
agua destilada	en recipientes.
equipo de seguridad	extintores en el área.

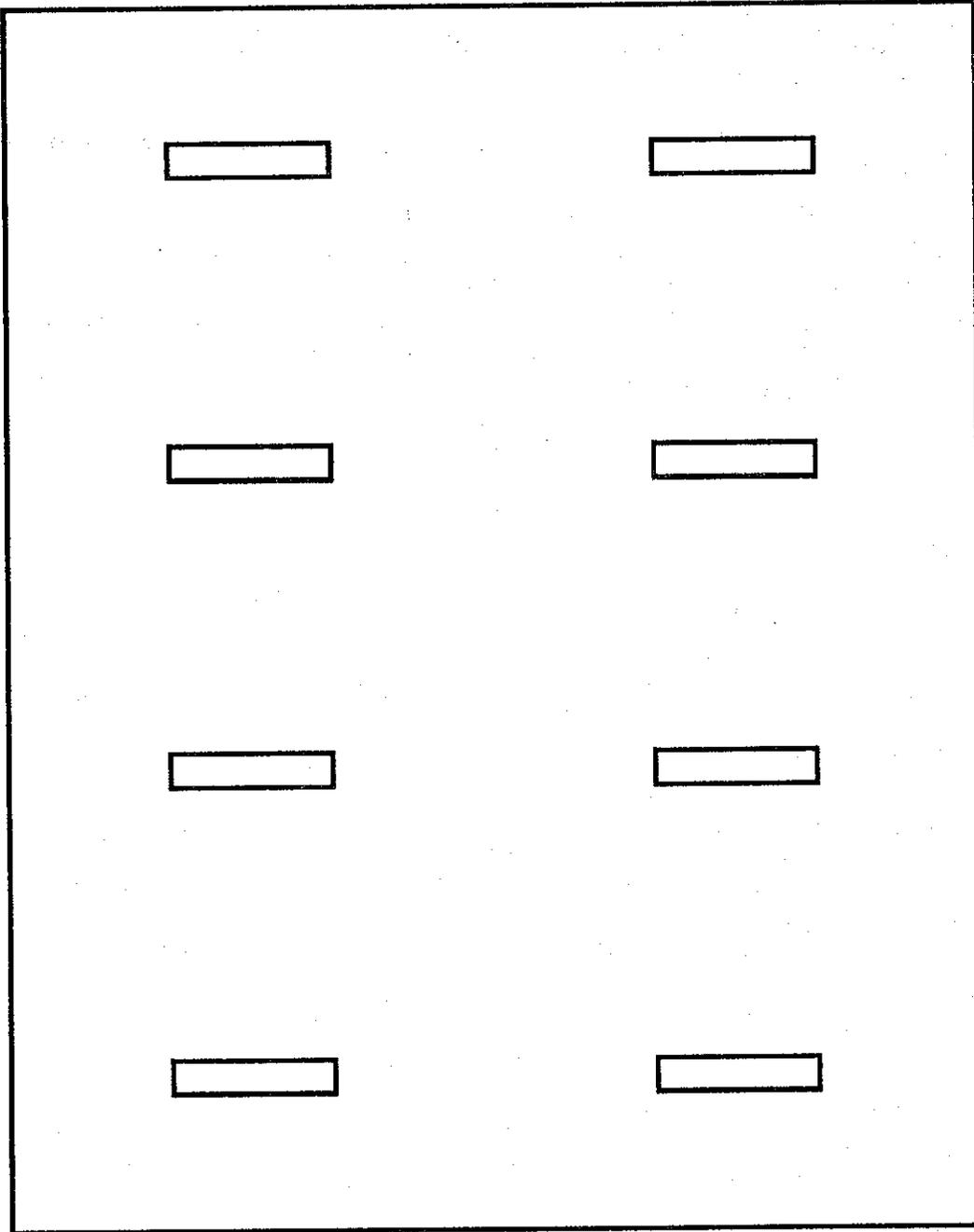
**Listado de equipo que se utiliza y sus características eléctricas:**

1. 8 luminarias de 4x40 vatios para 120 voltios.
2. 2 tomacorrientes monofásicos de 120 voltios.
3. 2 tomacorrientes trifásicos de 208 voltios.
4. 1 sistema de aire acondicionado de 8 toneladas, manejadora con motor de 3 hp, 208 voltios trifásico.
5. 1 reactor con motor de 3 hp, 208 voltios trifásico.
6. 1 agitador con motor de 1/3 hp, 208 voltios trifásico.
7. 1 reactor con motor de 5 hp, 208 voltios trifásico.
8. 1 filtro prensa con motor de 1 hp, 208 voltios trifásico, a prueba de explosión.
9. 1 bomba de vacío con motor de 3 hp, 208 voltios trifásico.
10. 1 molino con motor de 10 hp, 208 voltios trifásico.
11. 1 bomba de 3/4 hp, 208 voltios trifásico.



PLANO DE UBICACIÓN DE LUMINARIAS (SIN ESCALA).

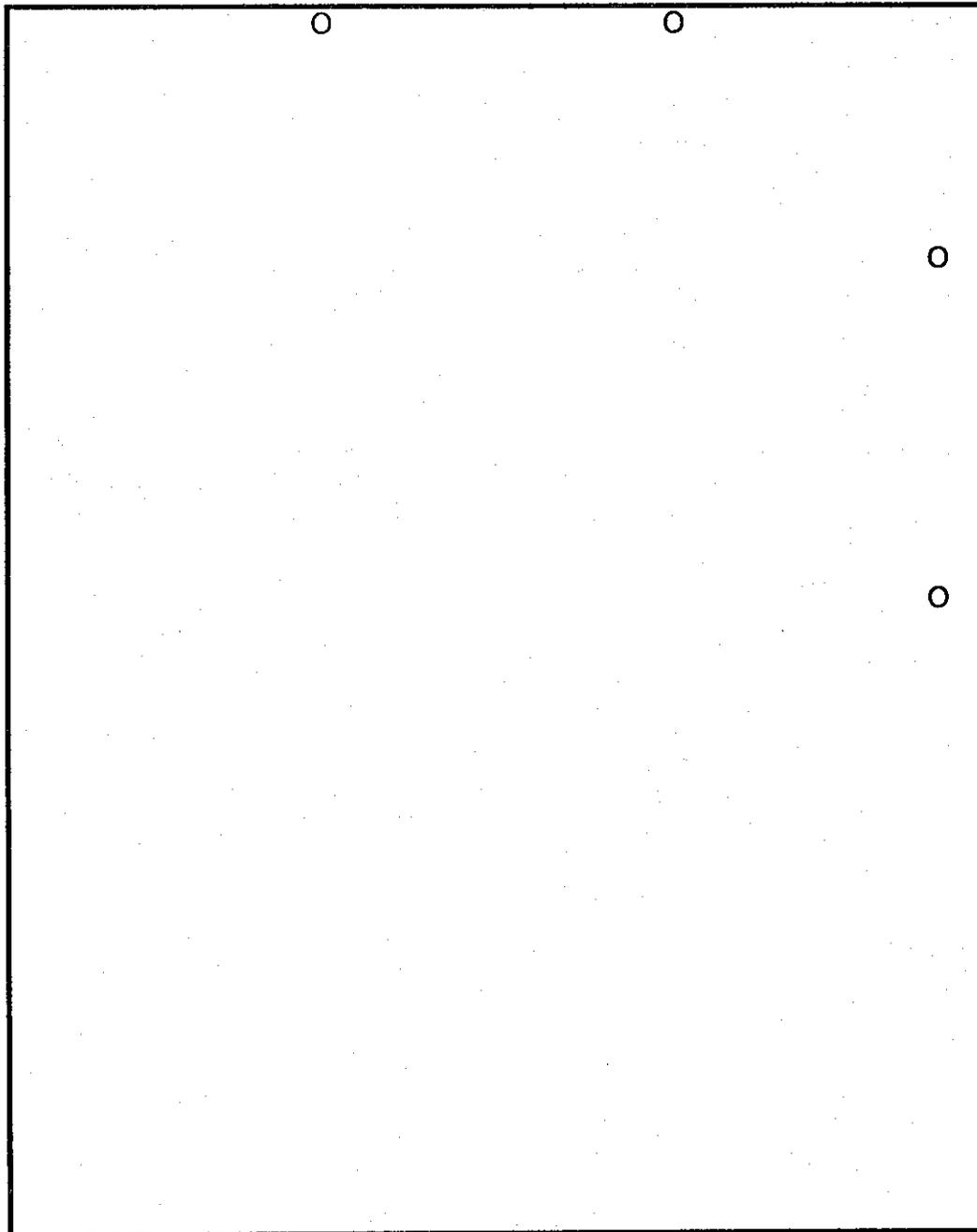
6 METROS.



9 METROS

PLANO DE UBICACIÓN DE TOMACORRIENTES (SIN ESCALA).

6 METROS.



9 METROS

## 5.2 ÁREA PARA LA MANUFACTURA DE SÓLIDOS.

### Criterios generales

La temperatura de diseño será establecida para cada proyecto, basada en las necesidades de cada producto y la comodidad del personal. La tolerancia permisible será de +/- 2 °F del punto establecido.

La humedad relativa será determinada de acuerdo con las necesidades del producto, con una tolerancia de +/- 5%. En ausencia de una necesidad especial, la humedad será entre 25 y 60%.

El conteo de partículas puede no ser requerido, pero filtros hepa pueden necesitarse, por lo que será necesario dejar los agujeros para éstos.

El equipo que se va a emplear deberá estar incluido en las listas de diseño, pero éste debe permitir una tolerancia de temperaturas entre 68 y 78 °F.

### Criterios específicos:

Estos obligan al diseño de un ambiente con aire limpio y superficies lisas susceptibles de poder limpiarse. Generalmente los productos que se elaboran en esta área generan vapor y polvo. La temperatura del aire, la humedad, la presión diferencial y el conteo de partículas, son controladas, pero pueden variar los requerimientos dependiendo del proceso. El ambiente interior y las salidas próximas deben revisarse cuando se procesan drogas de alta potencia. El énfasis en esta área es la remoción de polvos y vapor para la protección de personal.

Equipo especial de remoción de polvos debe ser instalado. A veces será necesario limpiar el equipo en las áreas de trabajo, por lo que el piso debe tener reposaderas y un desnivel apropiado.

### Barreras

Haciendo énfasis en la protección del producto, se utilizarán barreras y sistemas de extracción de polvos locales, los cuales facilitarán el movimiento en áreas de compresión de tabletas y en áreas de metrología (pesado de materias primas).

### Construcción y acabados

Los ambientes serán diseñados y construidos para minimizar las fugas de aire hacia o desde los ambientes.

## Pisos

Los pisos deben ser de un material liso que permita una limpieza continua, y de acuerdo con los productos que se van a manufacturar será necesario darles alguna aplicación de epóxicos para evitar que se dañen; sólo será necesario verificar la calidad de los productos que se van a utilizar.

Los pisos serán provistos de drenajes y de un desnivel para evitar la acumulación de líquidos en el proceso de lavado, excepto en las áreas de pesado.

## Paredes

Las paredes serán lisas, fáciles de limpiar, rígidas, resistentes a impactos y a la abrasión; deben tener la capacidad de ser lavadas continuamente sin dañarse. Las juntas entre piso/pared, pared/pared, y cielo/pared deberán ser selladas apropiadamente para evitar la acumulación de polvos, las fugas de aire y el ingreso de roedores e insectos.

## Cielos

Los cielos se construirán de material similar a las paredes. Estos deberán ser capaces de soportar el montaje de los sistemas de aire, el equipo de iluminación, sistemas de riego, etc., es posible emplear productos epóxicos en los acabados, además se construirán de tal forma que eviten las fugas de aire de los ambientes.

## Puertas y pasillos

Las puertas deben diseñarse apropiadamente, deben ser de metal y herméticas. Las barreras de aire son requeridas si el producto que se está procesando contiene un elemento activo de alta potencia. Los ambientes en donde se producirá polvo en el proceso deben proveerse de una barrera de aire para evitar la migración del producto. Un sistema para retirar el polvo de los zapatos deberá ser considerado. Una barrera de aire debe ser montada entre ambientes, si diferentes productos son procesados.

Ambientes para el cambio de ropa, almacenamiento de trajes especiales, equipo de limpieza del edificio, limpieza de zapatos pueden ser necesarios; además, se recomienda el uso de áreas para baños de aire.

## Ventanas

Las ventanas serán construidas de materiales que permitan su sanitización y limpieza continua. Las dimensiones se determinarán en cada caso en particular.

## Atmósfera

Para su diseño, se deben observar los estándares de ingeniería para el área de mecánica en lo referente al calor, ventilación y las condiciones de los sistemas de aire acondicionado. Será necesario proveer los instrumentos que permitan monitorear las condiciones ambientales de las respectivas áreas.

### Temperatura

La temperatura de diseño será establecida para cada proyecto. Normalmente esta se basará en la comodidad del personal. Si los requerimientos de los productos lo pidieran, las condiciones estarán determinadas por éstos.

### Humedad

Los requerimientos de humedad serán establecidos para cada proyecto en particular basados en las necesidades del producto o en el confort de las personas. Las tolerancias permisibles son de  $\pm 5\%$  a menos que la división de control de calidad establezca otros límites. La humedad en exceso es permitida en las operaciones de limpieza. La humedad absoluta será también establecida para valores de temperatura y humedad relativa dados.

### Filtros de aire

Filtros de aire con una eficiencia del 90% serán instalados en el punto en donde ingresa el aire a los sistemas. En renovación de proyectos, se pueden utilizar bancos de filtros centrales, con ductos para cada ambiente. Especiales consideraciones deben hacerse cuando se utiliza este criterio en lo que respecta al flujo entre los ductos y el equipo.

Por si en el futuro se requiriera el control de partículas, será necesario proveer los espacios para filtros absolutos o filtros hepa.

### Flujo y presión de aire

El flujo y la presión de aire será negativa. La calidad del aire de infiltración será similar al aire del ambiente.

El uso de ventiladores locales para enfriamiento es prohibido, a menos que sea una medida aprobada por el Departamento de Control de Calidad y ésta sea una medida temporal.

Es recomendable el diseño de equipo para cada ambiente para evitar la contaminación cruzada de productos. La contaminación cruzada puede resultar de daños en el equipo o por una falla humana. Como siempre, si se usa una misma fuente de aire para dos ambientes, será necesario instalar un banco de filtros en la entrada de cada ambiente.

Protección para el producto contra sobrecalentamiento, congelamiento, excesiva humedad y contaminación cruzada será prevista en una falla del sistema o en un cambio de la fuente del aire. Sistemas de alarmas serán necesarios para indicar fallas en el sistema o en las presiones.

## Remoción de polvo y vapor

La descarga de polvos, vapores o humos a la atmósfera deberán ser controlados. Separados sistemas de extracción deben ser provistos para polvos de drogas potentes. El equipo de remoción de polvos debe ser provisto con un filtro de al menos un 85% de eficiencia. Para ahorro de energía se debe considerar el uso de filtros lavables y la recirculación del aire.

Debe tenerse especial cuidado en el manejo de productos tóxicos; es posible que existan regulaciones específicas en el manejo de estos, como por ejemplo el selenio.

Deben emplearse ventiladores y recolectores de polvos independientes para cada producto dentro de los ambientes.

Previsiones especiales se realizarán para proteger las áreas de la migración de polvos cuando los recolectores de polvo son limpiados para evitar la contaminación cruzada. Esto puede requerir envolturas individuales y quizás diseños específicos. Además puede necesitarse un procedimiento especial.

Es conveniente dejar señales que indiquen un aumento o disminución de la presión estática en los equipos.

### Conteo de partículas:

Los estándares para el conteo de partículas de cada área, serán establecidos tomando como base una posible contaminación cruzada de los productos.

### Control microbiológico:

El nivel de acción será establecido para cada área tal como sea requerido por los productos.

### Certificación ambiental:

Los ambientes serán certificados de acuerdo con los procedimientos de la división responsable de la planta. Como mínimo será necesario una calificación de la instalación y una calificación de la operación; otros parámetros que deben evaluarse son la dirección del flujo, el nivel de partículas que se filtran (conteo de partículas), la temperatura y la humedad cuando sea crítico para el producto.

### Equipo para el proceso

### Diseño

Para el diseño se recomienda revisar la sección de el documento de buenas prácticas de manufactura de la última edición y los estándares de ingeniería que sean aplicables.

### Planos de ubicación del equipo

Los planos serán elaborados de tal forma que la ubicación del equipo permita que la limpieza pueda realizarse fácilmente. Las áreas libres cerca del equipo serán específicas para cada unidad, además deben considerarse las actividades de tráfico, mantenimiento y el riesgo de la contaminación cruzada.

### Instalación

Es conveniente elevar los equipos sobre el nivel de piso mediante plataformas para permitir la limpieza de las áreas; si esto no fuera posible, será necesario sellar la base de los equipos con silicones. Además se debe considerar la distribución del peso de los equipos en el suelo para evitar daños, especialmente cuando los equipos que se van a utilizar vibran en su operación.

Las tomas eléctricas, paneles, accesorios, etc. , deben ser resistentes al agua a alta presión, para permitir su limpieza y sanitización del ambiente, y además un ambiente saturado de polvo.

### Necesidades de mantenimiento

Los equipos deben instalarse de tal forma que las partes que requieran mantenimiento sean fácilmente desmontables con pocas herramientas. Cuando sea posible, el diseño debe permitir que el mantenimiento se realice fuera del área de trabajo del equipo, especialmente con los instrumentos del equipo.

### Mobiliario

Muebles tales como escritorios, sillas, gabinetes, lockers, mesas, etc., deben construirse de un material resistente a la corrosión, diseñados para una fácil limpieza y montados de una forma práctica.

El equipo que se utiliza para negocios de alimentos o restaurantes generalmente es aceptable.

### Iluminación

La iluminación será de acuerdo con la actividad que se realice en el ambiente. Siempre deben considerarse en el diseño los colores del cielo, las paredes y el piso. Las luminarias deben ser selladas y resistentes al polvo. Las luminarias no deberán instalarse de tal forma que queden arriba del área de proceso de los productos.

### Servicios auxiliares

Los ductos y tuberías expuestos deben minimizarse; actualmente no se permiten y solo se dejan las respectivas tomas para los equipos. En donde existan tuberías expuestas, éstas deben ser totalmente lavables.

Áreas de lavado deben ubicarse cerca de los departamentos. Los estándares requeridos para la calidad de los servicios auxiliares deben tenerse presente en el diseño para proveer agua, aire, vapor y otros, de tal manera que no alteren los productos que se elaborarán.

El aire comprimido usado por los equipos es conveniente que se escape al ambiente; si esto no es posible, éste deberá ser filtrado.

Para el equipo de seguridad, se debe consultar a la empresa aseguradora.

Consideraciones especiales para áreas de pesado de sólidos:

La presión debe ser equilibrada en estos ambientes para evitar la migración de materias primas hacia el ambiente inmediato o viceversa, con el propósito de disminuir la probabilidad de una contaminación cruzada. Estos ambientes pueden requerir equipo especial para el personal cuando se manipulan hormonas, materias tóxicas o venenosas.

Ejemplo específico área de líquidos:

largo:	5 metros.
ancho:	5 metros.
altura:	4 metros.
volumen:	100 metros cúbicos.
color del cielo:	blanco.
color de las paredes:	blanco.
color del piso:	gris.
temperatura ambiente:	68 - 72 °F.
humedad relativa:	40 %.
cambios por hora de aire sistema de aire	20 .
capacidad de los filtros:	aire acondicionado.
presión del ambiente:	85-90%.
conteo de partículas:	negativa.
control microbiológico:	si requerido.
alimentación eléctrica:	lo establecen los productos específicos.
nivel de iluminación:	trifásica.
tipo de equipo en general:	450 lux.
tomacorrientes:	resistente al agua a presión y al polvo en general.
sistema de tierra:	trifásicos y monofásicos 220 - 110 voltios.
mobiliario:	cable 8 AWG.
servicios auxiliares:	en general acero inoxidable.
vapor	60 y 30 psi.
agua potable	50-60 psi.

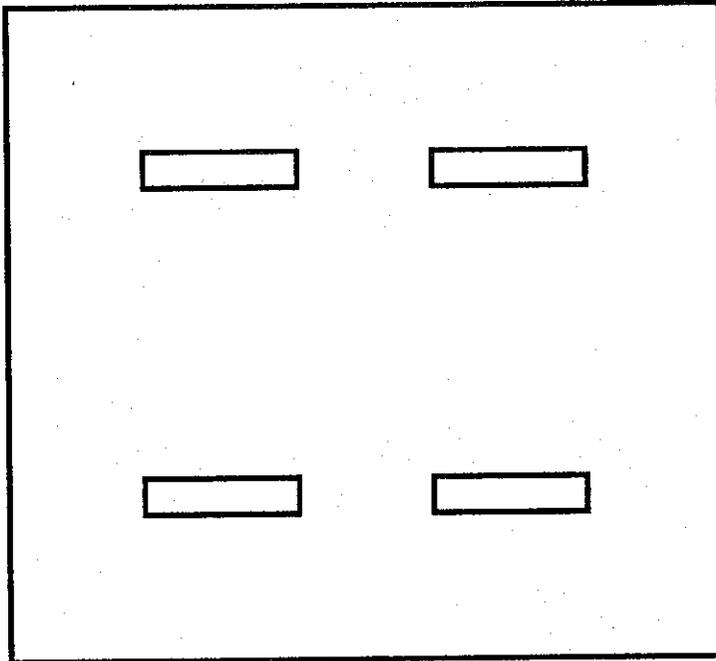
aire	60-80 psi.
agua desionizada	10-30 psi.
equipo de seguridad	extintores en el área.

Listado de equipo que se utiliza y sus características eléctricas:

1. 4 luminarias de 4x40 vatios para 120 voltios.
2. 3 tomacorrientes monofásicos de 120 voltios.
3. 3 tomacorrientes trifásicos de 208 voltios.
4. 1 sistema de aire acondicionado de 3 toneladas, consumo de 30 amperios para un 220 voltios monofásicos.
5. 1 mezclador con motor de 2 hp, 208 voltios trifásicos.
6. 1 extractor puntual con motor de 3 hp, 208 voltios trifásicos.

PLANO DE UBICACIÓN DE LUMINARIAS (SIN ESCALA).

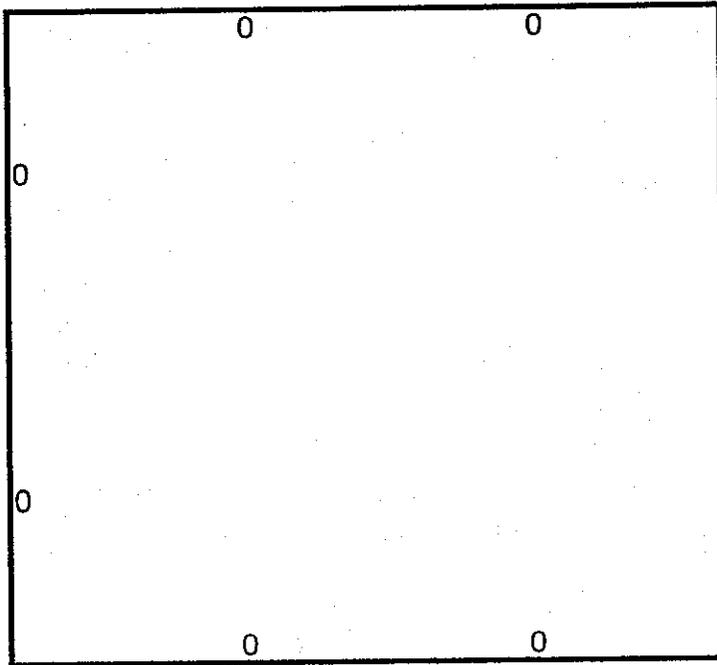
5 METROS



5 METROS

PLANO DE UBICACIÓN DE TOMACORRIENTES (SIN ESCALA).

5 METROS



5 METROS

### 5.3 ÁREA PARA LABORATORIO.

Criterios generales:

#### Propósito

El propósito de este apartado es servir como guía para el diseño o rediseño de áreas que van a utilizarse como laboratorios.

#### Definición

Para los propósitos de este estándar, el termino laboratorio se entiende como un área de una planta manufacturera o una planta de investigación o desarrollo, empleada para pruebas de productos, estudiar nuevos productos, etc.

Tipos de laboratorios:

Laboratorios de desarrollo e investigación:

#### Químicos y/o farmacéuticos.

Se emplean para síntesis, purificación, análisis, etc., de sustancias químicas, las cuales requieren un proceso de manipulación delicado.

#### Laboratorios para el desarrollo de equipos.

Este laboratorio se emplea en la investigación de equipo relacionado al área de diagnósticos médicos.

#### Laboratorios de garantía de la calidad.

Estos laboratorios tienen muchas características de los anteriores, ya que se emplean en la investigación, en el desarrollo y además realizan la función de evaluar que todos los productos cumplan con los estándares establecidos antes de liberarlos al mercado.

Los laboratorios se pueden clasificar de acuerdo con el uso específico que se les va a dar, como por ejemplo: estériles, nucleares, biológicos, químicos, físicos, microbiológicos, de calibración, etc.

Criterios específicos:

#### Barreras

Será necesario proveer a los ambientes de divisiones para evitar la contaminación cruzada entre equipos.

#### Construcción y acabados:

Los ambientes serán diseñados y contruidos para minimizar las fugas a través de aberturas. Paredes, pisos, cielo, mobiliario etc., deberán ser susceptibles de poder limpiarse y/o sanitizarse.

#### Pisos

Los pisos deben ser de un material liso que permita una limpieza continua, y de acuerdo con los productos que se van a analizar, será necesario darles alguna aplicación de epóxicos para evitar que se dañen; solo será necesario verificar la calidad de los productos a utilizar.

Los pisos serán provistos de drenajes y de un desnivel para evitar la acumulación de líquidos en el proceso de limpieza.

#### Paredes

Las paredes serán lisas, fáciles de limpiar, rígidas, resistentes a impactos y a la abrasión; deben tener la capacidad de ser lavadas continuamente sin dañarse. Las juntas entre piso/pared, pared/pared, y cielo/pared deberán ser selladas apropiadamente para evitar la acumulación de polvos y el ingreso de roedores e insectos.

#### Cielos

Los cielos se construirán de material similar a las paredes. Estos deberán ser capaces de soportar el montaje de los sistemas de aire, el equipo de iluminación, sistemas de riego, etc., es posible emplear productos epóxicos en los acabados.

#### Puertas y pasillos

Las puertas deben diseñarse apropiadamente con una ventana pequeña y deben ser herméticas.

#### Ventanas

Las ventanas serán construidas de materiales que permitan su sanitización y limpieza continua. Las dimensiones se determinarán en cada caso en particular.

#### Atmósfera:

Para su diseño, se deben observar los estándares de ingeniería para el área de mecánica en lo referente al calor, ventilación y las condiciones de los sistemas de aire acondicionado. Será

necesario proveer los instrumentos que permitan monitorear las condiciones ambientales de las respectivas áreas.

### Temperatura

La temperatura de diseño será establecida para cada proyecto. Normalmente ésta se basará en la comodidad del personal. Si los requerimientos de los productos lo pidieran, las condiciones estarán determinadas por éstos. Si no se tienen exigencias específicas el rango será de 67 °F a 77 °F.

### Humedad

Los requerimientos de humedad serán establecidos para cada proyecto en particular basados en las necesidades del producto o en la comodidad de las personas. Las tolerancias permisibles serán establecidas. La humedad en exceso es permitida en las operaciones de limpieza. La humedad absoluta será también establecida para valores de temperatura y humedad relativa dados. Si no se tienen requerimientos específicos, el valor que se va a obtener debe ser menor del 60%.

### Filtros de aire

Filtros de aire con una eficiencia del 50% serán instalados en el punto en donde ingresa el aire a los sistemas. Para proyectos especiales, se pueden necesitar filtros del 90%, como en los laboratorios microbiológicos.

Por si en el futuro se requiriera, el control de partículas será necesario proveer los espacios para filtros absolutos o filtros hepa.

### Flujo y presión de aire

El flujo y la presión de aire será negativa.

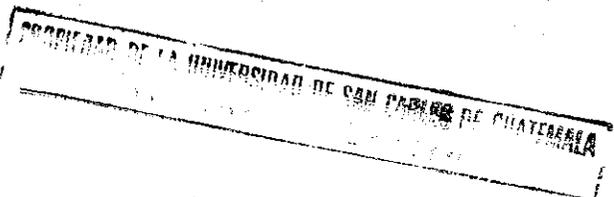
### Conteo de partículas

Los estándares para el conteo de partículas de cada área serán establecidos tomando como base los requerimientos de cada proceso.

### Control microbiológico

El nivel de acción será establecido para cada área tal como sea requerido por los productos.

### Certificación ambiental



Los ambientes serán certificados de acuerdo con los procedimientos de la división responsable de la planta. Como mínimo será necesario una calificación de la instalación y una calificación de la operación.

Equipo para el proceso:

Diseño

Para el diseño, se recomienda revisar la sección del documento de buenas prácticas de manufactura y los estándares de ingeniería que sean aplicables.

El aire que se utiliza debe ser filtrado como mínimo a un 50%; para ciertos productos o donde el riesgo de contaminación cruzada sea alto, se deben utilizar filtros absolutos.

Como parte del proceso de diseño, también deben tenerse presente la humedad relativa, la temperatura y los cambios de aire en los ambientes. Además, se deben observar los siguientes requerimientos:

Autoclaves con doble chaqueta.

Hornos esterilizadores con aire que atravesase el producto.

Encubadoras que cumplan con las normas de la Fundación Nacional de Sanitización de los Estados Unidos.

Planos de ubicación del equipo:

Los planos serán elaborados de tal forma que la ubicación del equipo permita que la limpieza pueda realizarse fácilmente. Las áreas libres cerca del equipo serán específicas para cada unidad.

Instalación

Es conveniente elevar los equipos sobre el nivel de piso mediante plataformas para permitir la limpieza de las áreas; si esto no fuera posible, será necesario sellar la base de los equipos con silicones. Cuando se utilicen hornos y esterilizadores en combinación con áreas estériles, el lugar en donde se monten los equipos debe quedar totalmente sellado.

Las tomas eléctricas, paneles, accesorios, etc., deben ser resistentes al agua a alta presión, para permitir la limpieza y sanitización del ambiente.

Necesidades de mantenimiento

Los equipos deben instalarse de tal forma que las partes que requieran mantenimiento sean fácilmente desmontables con pocas herramientas. Cuando sea posible, el diseño debe permitir que el mantenimiento se realice fuera del área de trabajo del equipo.

## Mobiliario

Muebles tales como escritorios, sillas, gabinetes, lockers, mesas, etc., deben construirse de un material resistente a la corrosión, diseñados para una fácil limpieza y montados de una forma práctica.

El equipo que se utiliza para negocios de alimentos o restaurantes generalmente es aceptable.

## Iluminación

La iluminación será de acuerdo con la actividad que se va a realizar en el ambiente. Siempre deben considerarse en el diseño los colores del cielo, las paredes y el piso. Las luminarias deben ser selladas y resistentes al agua a presión.

## Servicios auxiliares

Los ductos y tuberías expuestos deben minimizarse; actualmente no se permiten y sólo se dejan las respectivas tomas para los equipos. En donde existan tuberías expuestas, éstas deben ser totalmente lavables.

Los estándares requeridos para la calidad de los servicios auxiliares deben tenerse presente en el diseño para proveer agua, aire, vapor y otros de tal manera que no alteren los productos que se analizan.

Para el equipo de seguridad, se debe consultar a la empresa aseguradora, el cual puede incluir estaciones de baño rápido, áreas de lavado de ojos y extinguidores.

Usualmente se requerirá el servicio de gas propano, por lo que se deberán revisar las normas correspondientes para su instalación.

## Ejemplo específico de un laboratorio microbiológico:

largo:	6 metros.
ancho:	6 metros.
altura:	3.5 metros.
volumen:	126 metros cúbicos.
color del cielo:	blanco.
color de las paredes:	blanco.
color del piso:	gris.
temperatura ambiente:	67 °F - 77 °F
humedad relativa:	menor que 60%
cambios por hora de aire	20 .
sistema de aire	acondicionado.
capacidad de los filtros:	90%.

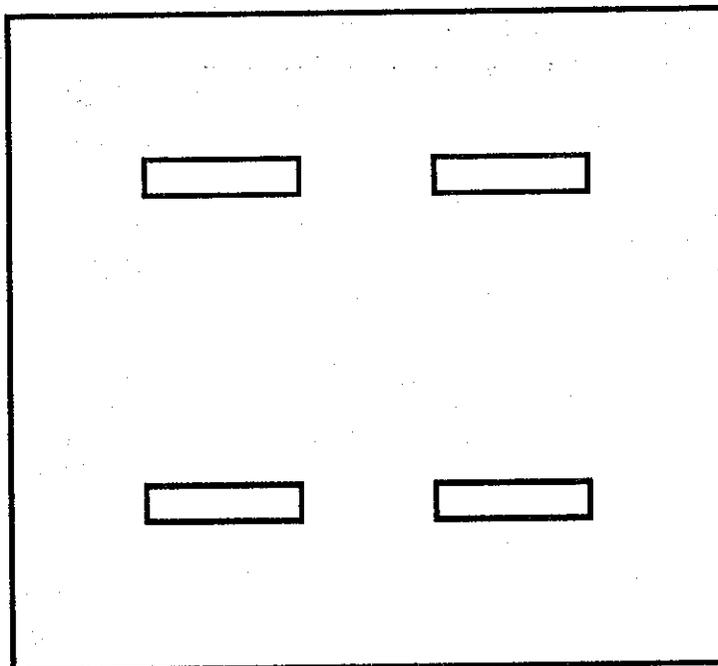
presión del ambiente:	negativa.
conteo de partículas:	establecido por los procesos.
control microbiológico:	lo establecen los productos específicos.
alimentación eléctrica:	trifásica.
nivel de iluminación:	300 lux.
tipo de equipo en general:	resistente a un ambiente normal.
tomacorrientes:	trifásicos y monofásicos 220 - 110 voltios.
sistema de tierra:	cable 8 AWG.
mobiliario:	en general acero inoxidable.
servicios auxiliares:	
vapor	60 y 30 psi.
agua potable	50-60 psi.
aire	60-80 psi.
agua desionizada	10-30 psi.
agua destilada	en recipientes.
gas propano	10 psi.
equipo de seguridad	extintores en el área.

**Listado de equipo que se utiliza y sus características eléctricas:**

1. 4 luminarias de 4x40 vatios para 120 voltios.
2. 6 tomacorrientes monofásicos para 120 voltios.
3. 1 sistema de aire acondicionado de 4 toneladas, con manejadora de 1 1/2 hp, 208 voltios trifásicos.
4. 1 encubadora con resistencias de 2400 vatios para 220 voltios monofásicos.
5. 1 cámara de humedad de 800 vatios para 120 voltios .
6. 1 bomba de vacío con motor de 1 hp, 120 voltios monofásicos.
7. 1 incinerador con resistencias de 2500 vatios para 220 voltios monofásicos.

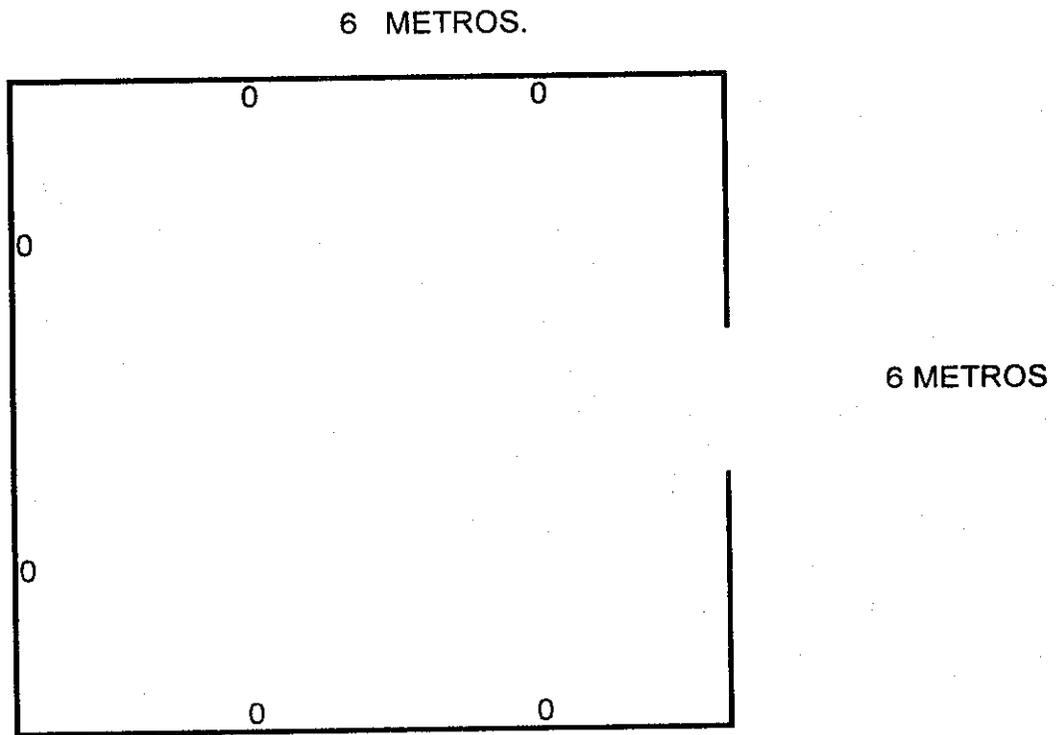
PLANO DE UBICACIÓN DE LUMINARIAS (SIN ESCALA).

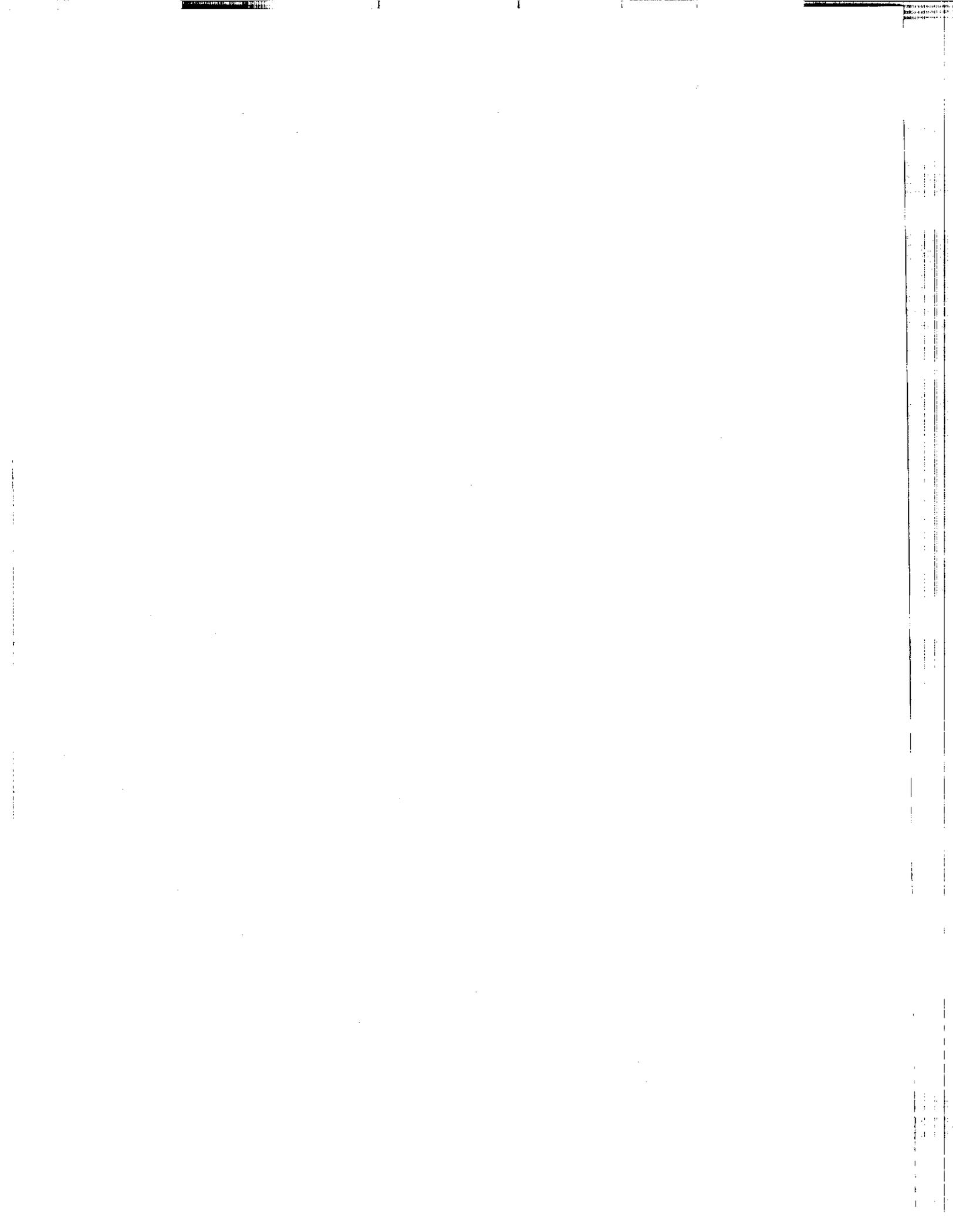
6 METROS



6 METROS

PLANO DE UBICACIÓN DE TOMACORRIENTES ( SIN ESCALA).





## CAPÍTULO 6.

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

#### 6.1 CONCLUSIONES.

1. Existen normas específicas en Guatemala para el diseño y construcción de plantas farmacéuticas.
2. Los criterios técnicos deben aplicarse en todo el proceso de diseño y en ningún momento deben entrar en discordia con los requisitos específicos de las industrias farmacéuticas.
3. El criterio de seguridad debe conservarse en todo el desarrollo del proyecto, tanto para salvaguardar la vida de las personas, como para prolongar la vida de las instalaciones y el equipo.
4. El diseño del montaje de una industria es más confiable y completo si lo realizan profesionales especializados.
5. El sistema eléctrico de una planta farmacéutica debe diseñarse atendiendo a las características de cada área, para evitar un funcionamiento deficiente y una vida reducida del equipo.
6. El equipo farmacéutico es específico, por lo que requiere de cuidados especiales debido al tratamiento que lleva en los procesos, como por ejemplo sanitizaciones.
7. Como en todo diseño, debe ser considerado un crecimiento futuro de las instalaciones.
8. En lo que respecta a las instalaciones eléctricas de los interiores, se recomienda seguir los lineamientos del NEC, debido a que no existe un código local; siempre es conveniente revisar la última edición.
9. Un sistema electrógeno de emergencia es necesario en la instalación, pero el montaje de una transferencia automática debe evaluarse, ya que los procesos farmacéuticos permiten hasta cinco minutos de parada.
10. Como consecuencia de la conclusión anterior, se debe montar un sistema de iluminación de emergencia a base de baterías.
11. Los niveles de iluminación serán de acuerdo con las actividades de cada área.
12. Los sistemas eléctricos, neumáticos, de vapor y agua, tienen características y parámetros similares, a decir:
  1. Un medio de conducción, cables o tuberías.

2. Flujo o caudal.
3. Voltaje o presión.
4. Dispositivos de variación de los parámetros, transformadores o reguladores.

13. Las normas generales a cumplirse se conocen como buenas prácticas de manufactura, además, las compañías transnacionales tienen departamentos de Ingeniería, los cuales elaboran estándares para sus actividades, sin embargo, existen fases en el diseño que requieren del buen juicio del diseñador.

## 6.2 RECOMENDACIONES.

1. Conocer las normas locales e internacionales que afectan una industria farmacéutica en el momento de comenzar el diseño.
2. Asesorarse con profesionales y/o empresas especializadas en los diferentes sistemas para obtener asesoría, de tal manera que se pueda adquirir el equipo más apropiado para las necesidades presentes.
3. Conocer los procesos específicos de cada área para poder definir sus características y requisitos.
4. Emplear materiales y equipos de buena calidad de acuerdo con las exigencias de operación.
5. Emplear material y equipo eléctrico propiamente dicho, y de una sola marca.
6. Conocer proyectos similares que se hayan desarrollado en la región para obtener información útil sobre el terreno, y la posibilidad de obtener servicios de electricidad, gas, combustibles, etc.
7. Emplear en todas las fases del diseño y montaje un buen criterio de ingeniería.

## BIBLIOGRAFÍA.

1. BUMEISTER, Theodore. Marks manual del ingeniero mecánico. 2ª edición. México: Edit. McGraw Hill, 1984. 3200 pp.
2. ELONKA, Steve. Equipos industriales. Francisco Noriega. México: Edit. McGraw Hill, 1990. 535 pp.
3. GIBSON, Ulric. Manual de los pozos pequeños. México: Edit. Publicidad Artística Litográfica, 1969. 350 pp.
4. MONTES, Felix. Guía de instalación para aire comprimido. Guatemala: s.p.i., 1990. 50 pp.
5. KOENINGSBERGER, Rodolfo. Instalaciones eléctricas. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, 1982. 155 pp.
6. Requisitos para la apertura y funcionamiento de un laboratorio de producción de medicamentos. s.l.i. s.p.i. 1985. 17 pp.
7. Normas para acometidas de servicio eléctrico. 10ª edición. Guatemala s.p.i., 1990. 95 pp.
8. National electric code. 66ª edición. EE UU: Edit. National Fire Protection Association, 1990. 833 pp.
9. Abbott engineering standard. 20ª edición. EE UU: s.p.i., 1994. 2300 pp.
10. El manual de mantenimiento neumático. España: s.p.i., 1986. 160 pp.
11. Tablas de electrotecnia. España: Edit. Reverté, 1988. 325 pp.
12. Operation, service and parts manual 125 thru 350 hp Cleaver Brooks. EE UU: s.p.i., 1991. 95 pp.
13. Manual de mantenimiento industrial. 2ª edición. México: Edit. Xalco S. A., 1990. 1250 pp.

