



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

---

FACULTAD DE INGENIERÍA

***ADMINISTRACIÓN DE LA DEMANDA ELÉCTRICA:  
PROPUESTA DE TARIFAS HORARIAS***

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
**INGENIERO ELECTRICISTA**

P R E S E N T A :  
MIGUEL ANGEL RODRÍGUEZ IBÁÑEZ

Dir. Ing. Jesús Javier Cortés Rosas



MÉXICO, D.F.

2009



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

Dedicatoria:

Mi tesis la dedico con todo amor y cariño.

A Dios que me dio la oportunidad de vivir y regalarme una familia maravillosa

Con mucho cariño principalmente a mis padres que me dieron la vida y han estado conmigo en todo momento. Gracias por todo papá y mamá por darme una carrera para mi futuro y por creer en mí, aunque hemos pasado momentos difíciles siempre han estado apoyándome y brindándome todo su amor, por todo esto les agradezco de todo corazón el que estén conmigo. Los quiero y este trabajo es para ustedes

A mi hermana Diana gracias por estar conmigo y apoyarme siempre, te quiero mucho.

A mi abuelita por su inmenso amor, comprensión, apoyo y sobre todo por creer en mí.

A todos mis amigos muchas gracias por estar conmigo en todo este tiempo donde he vivido momentos felices y tristes, gracias por ser mis amigos y recuerden que siempre los llevare en mi corazón.

A mis profesores por confiar en mí y brindarme una parte de sus conocimientos, en especial a mi director de tesis el Ingeniero Jesús Javier Cortes Rosas por tenerme la paciencia necesaria en la elaboración de esta tesis y haberme apoyado en la elaboración de la misma. Agradezco el haber tenido unos profesores tan buenas personas como lo son ustedes. Nunca los olvidaré.

Les agradezco a todos ustedes con toda mi alma el haber llegado a mi vida y el compartir momentos agradables y momentos tristes, pero son esos momentos los que nos hacen crecer y valorar a las personas que nos rodean. Los quiero mucho gracias

## Índice:

Prólogo	5
1.- Introducción:	8
1a.- Justificación de la tesis	8
1b.- Metodología para el desarrollo del proyecto	8
1c.- Sistema	9
1d.- Parámetros de los sistemas	10
1e.- El sistema abierto	11
1f.- Tipos de sistemas según su naturaleza	12
1g.- Administración de la demanda eléctrica como sistema	15
1h.- Pasos a seguir para la realización de la administración de la demanda eléctrica	16
2.- Estudio de la demanda de energía en nuestro país	19
2a.- Objetivo de la investigación	20
2b.- Procedimiento general de la investigación	23
2c.- Medición y selección de muestra	24
2d.- Procesamiento de datos	28
2e.- Análisis de datos	30
2f.- Costo de la investigación de la demanda eléctrica	31
3.- Análisis estadístico de la demanda	40
3a.- Muestreo aleatorio estratificado	43
3b.- Selección de la bases para la estratificación	46
3c.- Selección de estratos con límites y número de estratos	49
3d.- Efecto de exclusión de usuarios.	59
4.- Tarifas eléctricas	63
4a.- Tarifas	63
4b.- Tipos de tarifas	68
4c.- Ejemplo de tarifas y recibos de consumo de electricidad	78
4d.- Desarrollo de nuevas estructuras tarifarias	81
4e.- Servicios Interrumpibles	83
4f.- Evaluación de tarifas vigentes	83

5.- Proyección de mejoramiento de la demanda eléctrica	89
5a.- Fundamentos para el mejoramiento	89
5b.- Proyecciones de largo plazo en la demanda eléctrica	90
5c.- Análisis de la curva de demanda	94
5d.- Efectos del uso racional de la energía	102
6.- Criterios económicos y su evaluación	106
6a.- Decisiones económicas	111
6b.- Relación costo beneficio	115
6c.- Cálculo de los ahorros en costo de capital y administración de la demanda	121
6d.- Etapas de un proyecto sectorial de administración de la demanda	123
7.- Conclusiones	125
8.- Bibliografía	126
9.- Bibliografía Electrónica	127

## PRÓLOGO

La demanda eléctrica global es el conjunto de cargas individuales de distintas clases, tales como industrial, residencial, comercial, etc. Esta demanda eléctrica crece cada año por lo cual resulta de suma importancia su administración.

El sistema de suministro eléctrico comprende el conjunto de medios y elementos útiles para la generación, el transporte y la distribución de la energía eléctrica. Este conjunto está dotado de mecanismos de control, seguridad y protección.

Constituye un sistema integrado que además de disponer de sistemas de control distribuido, está regulado por un sistema de control centralizado que garantiza una explotación racional de los recursos de generación y una calidad de servicio acorde con la demanda de los usuarios, compensando las posibles incidencias y fallas producidas.

Con este objetivo, tanto la red de transporte como las subestaciones asociadas a ella pueden ser objeto, todo o solo una parte y, en todo caso, estar operadas y gestionadas por un ente independiente de las compañías propietarias de las centrales y de las distribuidoras o comercializadoras de electricidad.

Asimismo, el sistema precisa de una organización económica centralizada para planificar la producción y la remuneración a los distintos agentes del mercado, como ocurre actualmente, en muchos casos, existen múltiples empresas participando en las actividades de generación, distribución y comercialización.

En la figura 1, se pueden observar en un diagrama esquematizado las distintas partes componentes del sistema de suministro eléctrico:

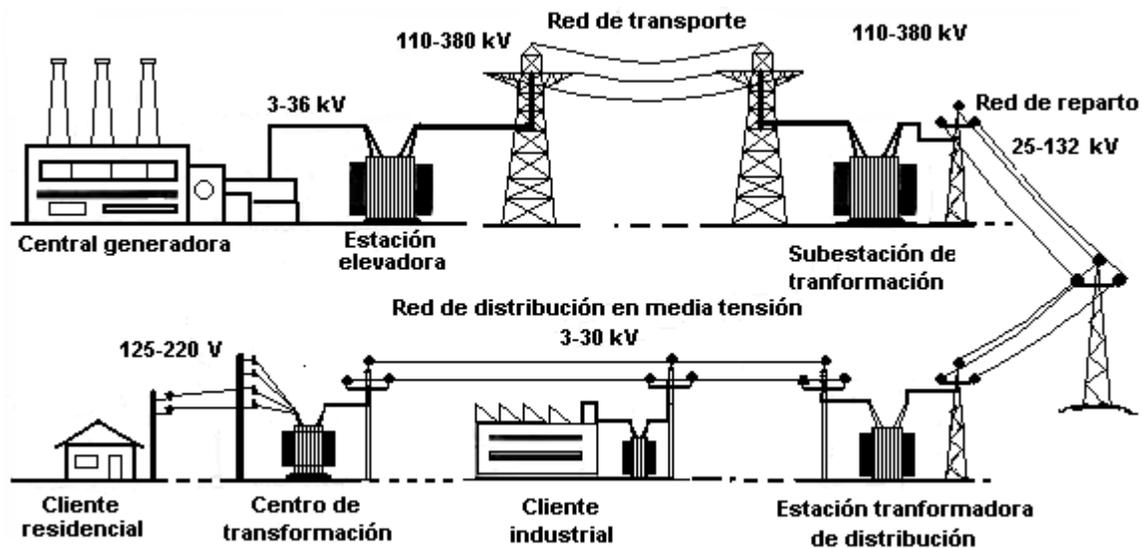


Figura 1

La demanda punta o pico es la demanda máxima localizada en un cierto periodo de tiempo. Muchas veces esta demanda de energía llega a un punto en el cual puede sobrepasar la generación de la misma.

En la figura 2 se muestra la gráfica de demanda en un día promedio, esta gráfica puede llegar a tener algunas variaciones tales como la temporada del año en la cual se encuentre o si es un día laborable o no. Sin embargo podemos observar que la demanda máxima de energía se da entre las 21 y 23 horas del día.

Para cubrir la demanda de energía durante las horas punta se necesita de las empresas privadas que venden la energía que ellos producen a la Comisión Federal de Electricidad. En la actualidad estas empresas constituyen el 31.59% de la generación de energía total del país (cifra hasta septiembre 2008).

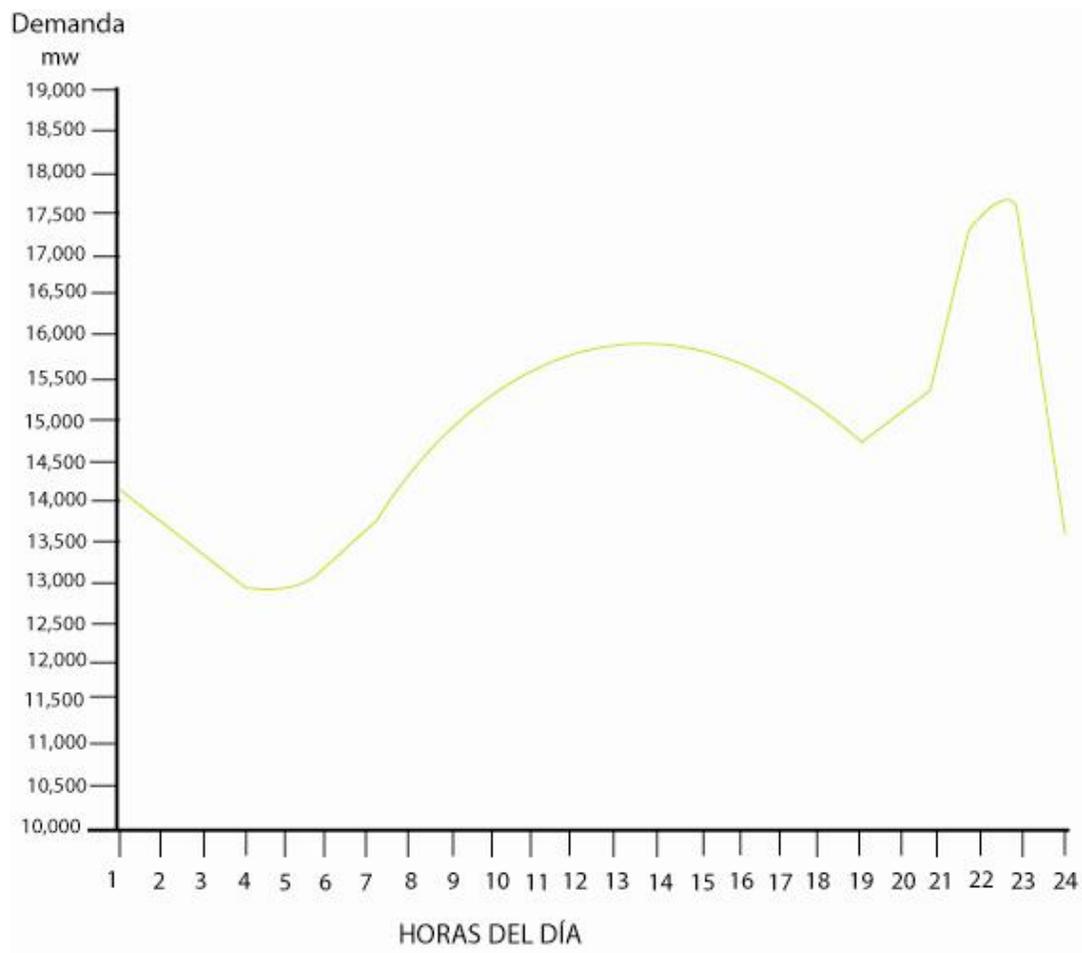


Figura 2

## *Capítulo 1: Introducción*

### **1a.- JUSTIFICACIÓN DE LA TESIS**

En México hacia finales de la próxima década, el consumo nacional de energía eléctrica registrará una tasa promedio de crecimiento anual de 3.3 por ciento, lo que requerirá destinar recursos para nuevas plantas generadoras por más de 629 mil millones de pesos.

El crecimiento estará impulsado principalmente por las ventas del servicio público, que se estima aumentarán a un ritmo de 3.4 por ciento en promedio anual.

En cuanto al tipo de usuarios, el sector industrial es el principal consumidor nacional al participar en 2007 con 59.1 por ciento de las ventas internas.

Es por ello que se necesita de una nueva administración de la demanda de energía eléctrica mediante la cual se creen una nueva serie de tarifas eléctricas con el único fin de desmotivar el consumo de energía eléctrica en horas punta y así dejar de necesitar la energía producida por los productores independientes.

### **1b.- METODOLOGÍA PARA EL DESARROLLO DEL PROYECTO**

Se propone realizar un Estudio exploratorio a la realidad social. Su propósito es recabar información para reconocer, ubicar y definir problemas.

Una vez llevado a cabo este estudio exploratorio obtendremos el problema, y mediante la ingeniería de sistemas obtendremos una solución.

La ingeniería de sistemas, es un modo de enfoque interdisciplinario que permite estudiar y comprender la realidad, con el propósito de implementar u optimizar sistemas complejos.

La ingeniería de sistemas integra otras disciplinas y grupos de especialidad en un esfuerzo de equipo, formando un proceso de desarrollo estructurado.

Una de las principales diferencias de la ingeniería de sistemas respecto a otras disciplinas de ingeniería tradicionales, consiste en que la ingeniería de sistemas no construye productos tangibles.

Los conceptos y la metodología de los sistemas constituyen la base para la unificación de las complejidades de los problemas administrativos en la administración de la demanda de energía.

### **1c.- SISTEMA**

Sistema es un todo organizado y complejo; un conjunto o combinación de cosas o partes que forman un todo complejo o unitario. Es un conjunto de objetos unidos por alguna forma de interacción o interdependencia. Los límites o fronteras entre el sistema y su ambiente admiten cierta arbitrariedad.

Sistema es un conjunto de unidades recíprocamente relacionadas. De ahí se deducen dos conceptos: propósito (u objetivo) y globalismo (o totalidad).

- Propósito u objetivo: todo sistema tiene uno o algunos propósitos. Los elementos (u objetos), como también las relaciones, definen una distribución que trata siempre de alcanzar un objetivo.
- Globalismo o totalidad: un cambio en una de las unidades del sistema, con probabilidad producirá cambios en las otras. El efecto total se presenta como un ajuste a todo el sistema. Hay una relación de causa/efecto. De estos cambios y ajustes, se derivan dos fenómenos: entropía y homeostasia.
- Entropía: es la tendencia de los sistemas a desgastarse, a desintegrarse, para el relajamiento de los estándares y un aumento de la aleatoriedad. La entropía aumenta con el correr del tiempo. Si aumenta la información, disminuye la entropía, pues la información es la base de la configuración y del orden. De aquí nace la negentropía, o sea, la información como medio o instrumento de ordenación del sistema.

- Homeostasia: es el equilibrio dinámico entre las partes del sistema. Los sistemas tienen una tendencia a adaptarse con el fin de alcanzar un equilibrio interno frente a los cambios externos del entorno.

Una organización podrá ser entendida como un sistema o subsistema o un supersistema, dependiendo del enfoque. El sistema total es aquel representado por todos los componentes y relaciones necesarios para la realización de un objetivo, dado un cierto número de restricciones. Los sistemas pueden operar, tanto en serie como en paralelo.

### **1d.-PARÁMETROS DE LOS SISTEMAS**

El sistema se caracteriza por ciertos parámetros. Parámetros son constantes arbitrarias que caracterizan, por sus propiedades, el valor y la descripción dimensional de un sistema específico o de un componente del sistema.

Los parámetros de los sistemas son:

- Entrada o insumo o impulso (input): es la fuerza de arranque del sistema, que provee el material o la energía para la operación del sistema.
- Salida o producto o resultado (output): es la finalidad para la cual se reunieron elementos y relaciones del sistema. Los resultados de un proceso son las salidas, las cuales deben ser coherentes con el objetivo del sistema. Los resultados de los sistemas son finales, mientras que los resultados de los subsistemas son intermedios.
- Procesamiento o procesador o transformador (throughput): es el fenómeno que produce cambios, es el mecanismo de conversión de las entradas en salidas o resultados. Generalmente es representado como la caja negra, en la que entran los insumos y salen cosas diferentes, que son los productos.
- Retroacción o retroalimentación o retroinformación (feedback): es la función de retorno del sistema que tiende a comparar la salida con un criterio preestablecido, manteniéndola controlada dentro de aquel estándar o criterio.
- Ambiente: es el medio que envuelve externamente el sistema. Está en constante interacción con el sistema, ya que éste recibe entradas, las procesa y efectúa salidas. La supervivencia de un sistema depende de su capacidad de adaptarse, cambiar y responder

a las exigencias y demandas del ambiente externo. Aunque el ambiente puede ser un recurso para el sistema, también puede ser una amenaza.



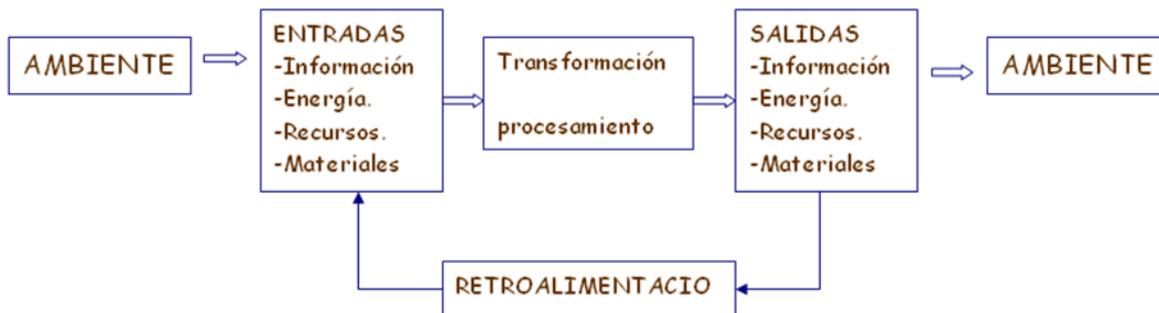
### 1e.-TIPOS DE SISTEMAS SEGÚN SU NATURALEZA

Los sistemas según su naturaleza se clasifican en 2 grupos, los sistemas abiertos y los sistemas cerrados

- Sistemas cerrados: no presentan intercambio con el medio ambiente que los rodea, son herméticos a cualquier influencia ambiental. No reciben ningún recurso externo y nada producen que sea enviado hacia fuera. En rigor, no existen sistemas cerrados. Se da el nombre de sistema cerrado a aquellos sistemas cuyo comportamiento es determinístico y programado y que opera con muy pequeño intercambio de energía y materia con el ambiente. Se aplica el término a los sistemas completamente estructurados, donde los elementos y relaciones se combinan de una manera peculiar y rígida produciendo una salida invariable, como las máquinas.
- Sistemas abiertos: presentan intercambio con el ambiente, a través de entradas y salidas. Intercambian energía y materia con el ambiente. Son adaptativos para sobrevivir. Su estructura es óptima cuando el conjunto de elementos del sistema se organiza, aproximándose a una operación adaptativa. La adaptabilidad es un continuo proceso de aprendizaje y de auto-organización.

Los sistemas abiertos no pueden vivir aislados. Los sistemas cerrados, cumplen con el segundo principio de la termodinámica que dice que "una cierta cantidad llamada entropía, tiende a aumentar al máximo".

Existe una tendencia general de los eventos en la naturaleza física en dirección a un estado de máximo desorden. Los sistemas abiertos evitan el aumento de la entropía y pueden desarrollarse en dirección a un estado de creciente orden y organización (entropía negativa). Los sistemas abiertos restauran su propia energía y reparan pérdidas en su propia organización. El concepto de sistema abierto se puede aplicar a diversos niveles de enfoque: al nivel del individuo, del grupo, de la organización y de la sociedad.



## 1f.- EL SISTEMA ABIERTO

El sistema abierto como organismo, es influenciado por el medio ambiente e influye sobre el, alcanzando un equilibrio dinámico en ese sentido.

La categoría más importante de los sistemas abiertos son los sistemas vivos. Existen diferencias entre los sistemas abiertos (como los sistemas biológicos y sociales, a saber, células, plantas, el hombre, la organización, la sociedad) y los sistemas cerrados (como los sistemas físicos, las máquinas, el reloj, el termóstato):

- El sistema abierto interactúa constantemente con el ambiente en forma dual, o sea, lo influye y es influenciado. El sistema cerrado no interactúa.

- El sistema abierto puede crecer, cambiar, adaptarse al ambiente y hasta reproducirse bajo ciertas condiciones ambientales. El sistema cerrado no.
- Es propio del sistema abierto competir con otros sistemas, no así el sistema cerrado.

Al igual que los organismos vivos, las empresas tienen seis funciones primarias, estrechamente relacionadas entre sí:

- **Ingestión:** las empresas hacen compras materiales para ser procesados. Adquieren dinero, máquinas y personas del ambiente para asistir otras funciones, tal como los organismos vivos ingieren alimentos, agua y aire para suplir sus necesidades.
- **Procesamiento:** los animales ingieren y procesan alimentos para ser transformados en energía y en células orgánicas. En la empresa, la producción es equivalente a este ciclo. Se procesan materiales y se desecha lo que no sirve, habiendo una relación entre las entradas y salidas.
- **Reacción al ambiente:** el animal reacciona a su entorno, adaptándose para sobrevivir, debe huir o si no atacar. La empresa reacciona también, cambiando sus materiales, consumidores, empleados y recursos financieros. Se puede alterar el producto, el proceso o la estructura.
- **Provisión de las partes:** partes de un organismo vivo pueden ser suplidas con materiales, como la sangre abastece al cuerpo. Los participantes de la empresa pueden ser reemplazados, no solo de sus funciones sino también por datos de compras, producción, ventas o contabilidad y se les recompensa bajo la forma de salarios y beneficios. El dinero es muchas veces considerado la sangre de la empresa.
- **Regeneración de partes:** las partes de un organismo pierden eficiencia, se enferman o mueren y deben ser regeneradas o relocalizadas para sobrevivir en el conjunto. Miembros de una empresa envejecen, se jubilan, se enferman, se desligan o mueren. Las máquinas se vuelven obsoletas. Tanto hombres como máquinas deben ser mantenidos o relocalizados, de ahí la función de personal y de mantenimiento.
- **Organización de las funciones:** es la que requiere un sistema de comunicaciones para el control y toma de decisiones. En el caso de los animales, exigen cuidados en la adaptación. En la empresa, se necesita un sistema nervioso central, donde las funciones de producción, compras, comercialización, recompensas y mantenimiento deben ser

coordinadas. En un ambiente de constante cambio, la previsión, el planeamiento, la investigación y el desarrollo son aspectos necesarios para que la administración pueda hacer ajustes.

El sistema abierto es un conjunto de partes en interacción constituyendo un todo sinérgico, orientado hacia determinados propósitos y en permanente relación de interdependencia con el ambiente externo.

### **Características de las organizaciones como sistemas abiertos**

Las organizaciones poseen todas las características de los sistemas abiertos. Algunas características básicas de las organizaciones son:

1. Comportamiento probabilístico y no-determinístico de las organizaciones: la organización se ve afectada por el ambiente y dicho ambiente es potencialmente sin fronteras e incluye variables desconocidas e incontroladas. Las consecuencias de los sistemas sociales son probabilísticas y no-determinísticas. El comportamiento humano nunca es totalmente previsible, ya que las personas son complejas, respondiendo a diferentes variables. Por esto, la administración no puede esperar que consumidores, proveedores, agencias reguladoras y otros, tengan un comportamiento previsible.
2. Las organizaciones como partes de una sociedad mayor y constituida de partes menores: las organizaciones son vistas como sistemas dentro de sistemas. Dichos sistemas son complejos de elementos colocados en interacción, produciendo un todo que no puede ser comprendido tomando las partes independientemente.
  - La organización se debe enfocar como un sistema que se caracteriza por todas las propiedades esenciales a cualquier sistema social.
  - La organización debe ser abordada como un sistema funcionalmente diferenciado de un sistema social mayor.
  - La organización debe ser analizada como un tipo especial de sistema social, organizada en torno de la primacía de interés por la consecución de determinado tipo de meta sistemática.

- Las características de la organización deben ser definidas por la especie de situación en que necesita operar, consistente en la relación entre ella y los otros subsistemas, componentes del sistema mayor del cual parte. Tal como si fuera un sociedad.
1. Interdependencia de las partes: un cambio en una de las partes del sistema, afectará a las demás. Las interacciones internas y externas del sistema reflejan diferentes escalones de control y de autonomía.
  2. Homeostasis o estado firme: la organización puede alcanzar el estado firme, solo cuando se presentan dos requisitos, la unidireccionalidad y el progreso. La unidireccionalidad significa que a pesar de que hayan cambios en la empresa, los mismos resultados o condiciones establecidos son alcanzados. El progreso referido al fin deseado, es un grado de progreso que está dentro de los límites definidos como tolerables. El progreso puede ser mejorado cuando se alcanza la condición propuesta con menor esfuerzo, mayor precisión para un esfuerzo relativamente menor y bajo condiciones de gran variabilidad. La unidireccionalidad y el progreso solo pueden ser alcanzados con liderazgo y compromiso.
  3. Fronteras o límites: es la línea que demarca lo que está dentro y fuera del sistema. Podría no ser física. Una frontera consiste en una línea cerrada alrededor de variables seleccionadas entre aquellas que tengan mayor intercambio (de energía, información) con el sistema. Las fronteras varían en cuanto al grado de permeabilidad, dicha permeabilidad definirá el grado de apertura del sistema en relación al ambiente.
  4. Morfogénesis: el sistema organizacional, diferente de los otros sistemas mecánicos y aun de los sistemas biológicos, tiene la capacidad de modificar sus maneras estructurales básicas.

### **1g.- ADMINISTRACION DE LA DEMANDA ELÉCTRICA COMO SISTEMA**

La administración de la demanda eléctrica se puede considerar como un sistema ya que está comprendida en el modelo de los parámetros de un sistema es decir entrada-proceso-salida-retroalimentación. La parte administrativa comprende cinco puntos para llevarse acabo, en

primer lugar una planeación que nos establece las metas a realizar, en segundo lugar un programa en el cual se llevan acabo los planes de acción, en tercer lugar una dirección para determinar los horarios y las erogaciones de cada paso, en cuarto lugar un control el cual nos ayude a evaluar el progreso del nuestro proyecto y por ultimo una toma de decisiones en la cual se debe de actuar de la manera más apropiada para poder implementar la misma.



Representación de la caracterización de la administración de la demanda eléctrica

## **1h.- PASOS A SEGUIR PARA LA REALIZACIÓN DE LA ADMINISTRACIÓN DE LA DEMANDA ELÉCTRICA**

Existen 3 grandes pasos que se deben llevar acabo para la realización de la administración de la demanda, estos son:

1. Un estudio de la viabilidad del proyecto
2. Un proyecto preliminar
3. Un diseño final bien detallado

### **Estudio de la Viabilidad:**

Este estudio es llevado a cabo mediante la realización de los siguientes puntos:

- Detección de las necesidades
- Definición del problema
- Búsqueda de la información
- Generación de las soluciones posibles
- Valuación (física, económica y financiera)

Al término de estos puntos podemos continuar con el siguiente paso para la realización de nuestra administración.

### **Proyecto Preliminar:**

Esta etapa también es llamada anteproyecto, esta etapa sirve para tener un bosquejo que nos ayude a despejar el mayor número de dudas en relación al Proyecto final y es llevada a cabo a través de los siguientes puntos:

- Selección del concepto
- Modelo matemático
- Análisis de la estabilidad, sensibilidad y compatibilidad
- Optimización

Diseño Detallado:

En esta etapa se lleva a cabo la elaboración del diseño de las especificaciones necesarias para llevar a cabo el proyecto y poder implementarlo. Esta elaboración se realiza mediante los siguientes pasos:

- Diseño de subsistemas
- Diseño de componentes
- Diseño de partes
- Preparación de especificaciones
- Construcción del prototipo
- Evaluación del prototipo
- Preparación de la producción

## *Capítulo 2.- Estudio de la demanda de Energía en nuestro país*

Las características de la demanda varían de acuerdo a las diferentes clases de usuarios. En general cada clase de usuario tiene una diferente curva de demanda diaria, por lo cual la demanda de pico máxima en cualquier instalación se origina por una combinación de las curvas de demanda de las tres clases principales de usuarios: residenciales, comerciales e industriales. Es claro que en el pico máximo del sistema existen algunas clases de usuarios cuyas curvas de demanda no coinciden con la demanda de pico máxima, es decir, esto sucede cuando una o más de las clases de usuarios están en alguna parte de su curva que no sea el pico máximo. Por tanto, para estudiar la verdadera naturaleza que origina el pico de demanda se necesita un estudio separado de cada clase de usuario.

Al modificar las tarifas eléctricas ya establecidas se esperan obtener los siguientes beneficios.

- Al modificar la curva de demanda se tiene una mejora en la distribución de la carga
- Un mejor aprovechamiento en el uso de las instalaciones existentes
- Menores costos de operación para el consumidor
- Menores costos de producción en la generación
- Desalentar el consumo de energía en las horas pico y estimular el consumo en las horas valle

A través de esta modificación a las tarifas horarias se logrará una baja de demanda de energía al no consumir energía en las horas pico y probablemente un descenso mayor en el consumo ya que las empresas podrán optar por el autoabastecimiento de la energía total que requiera su industria.

## **2a.- OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN**

### El primer objetivo:

La investigación de la demanda se refiere a las aplicaciones de tarifas. Cuando se utilicen costos históricos para una distribución equitativa del costo entre grupos y clases de usuarios es esencial que se tenga el conocimiento de las demandas de los usuarios. En el diseño de tarifas, la responsabilidad más importante es diseñar tarifas que puedan dar una utilidad adecuada, de modo que el diseñador de tarifas necesita conocer la naturaleza del sistema de demanda, las clases de demanda y las variaciones extremas.

Las tarifas horarias dan señales económicas claras a los usuarios (principalmente industriales) para hacer un uso más racional de la electricidad. Por otro lado, las tarifas horarias reflejan los costos que para la CFE (Comisión Federal de Electricidad) representa el proveer electricidad en horas pico (que es la hora en la cual CFE tiene que tener el mayor número de plantas en operación)

Por lo tanto las tarifas horarias deben estar diseñadas de la siguiente forma:

- Deberá captarse el costo total del servicio incluyendo un ingreso sobre las inversiones de la empresa suministradora en condiciones de demanda tanto presente como futura.
- Se deberán reflejar los costos fijos totales de la compañía entre varias clases de usuarios.
- Mediante el conocimiento de los costos en periodos fuera del pico se podrán tomar decisiones para promover el uso de dicho servicio.
- Se evaluarán conceptos tales como el costo, según el horario, para el consumo a gran escala el incremento en los costos, el control remoto de demandas, los costos disparados y algún otro concepto que sea necesario.

### El segundo objetivo:

El conocimiento de las características de operación y la experiencia que se tiene en las demandas máximas individuales es la base del éxito de la compañía suministradora. La única forma en que se puede comprender el sistema, es tomando información del comportamiento de cada uno de los usuarios. Su principal aportación son los datos útiles para el diseño de tarifas estructuradas, tales como las tarifas horarias.

### El tercer objetivo:

Actualmente el crecimiento de la demanda, el cual va a la par con el impacto de la inflación sobre las inversiones en equipo nuevo, traerá como resultado el desembolso de grandes cantidades de dinero para instalaciones adicionales y será muy importante que la empresa suministradora recobre el valor de cada peso invertido, ya que al construir nueva plantas para la satisfacción de la demanda, estas se deberán aprovechar al máximo y por tanto no habrá márgenes de error. Hasta este punto la investigación de la demanda nos brindará el conocimiento necesario, no solamente para pronosticar el crecimiento de la demanda y futuras clases de usuarios en las diferentes partes del sistema.

Mediante las diferentes clases de servicios se pronostican los picos de demanda en el sistema. Lo cual permite un análisis detallado del pronóstico general y por lo tanto aumenta la confianza en los resultados. En el diseño de sistemas de distribución para cargas futuras, se conocen relaciones en forma empírica entre demandas máximas y diferentes grupos de usuarios, los datos de carga también evitarán el sobredimensionamiento en los transformadores.

#### El cuarto objetivo:

La investigación de la demanda sirve para mejorar la administración de la energía y se puede caracterizar, ya sea por la aplicación de tarifas o por el uso de dispositivos de control. Los objetivos principales en la administración de la demanda son:

1. Remodelar la curva de demanda manteniendo el uso de energía constante es decir reducir el pico de demanda y no el consumo de energía.
2. Reducir el uso de energía lo cual da como resultado bajar la curva total de demanda.
3. La combinación de los incisos anteriores.

La forma más conveniente de alcanzar el segundo punto es mediante la utilización de los métodos de uso racional de la energía para no requerir de medidas drásticas en este momento, como sería reducir el estándar de vida y los niveles de actividades industriales.

Habría que promover el uso de fuentes de energías renovables tales como la energía hidráulica, la biomasa, la energía solar, la energía eólica, la energía geotérmica y la energía mareomotriz, para la obtención de la energía, lo que a su vez necesitará de un reordenamiento de los usos de energía.

#### El quinto objetivo:

La investigación de la demanda, son las pruebas para determinar la elasticidad de demanda (KW) y la elasticidad de energía en (Kwh), con relación al precio. Es de gran importancia que el suministrador tenga la capacidad de pronosticar con precisión las consecuencias sobre sus utilidades de cualquier conjunto de nuevas tarifas horarias en las que habría que mitigar utilidades demasiado elevadas o pequeñas.

## **2b.- PROCEDIMIENTO GENERAL DE LA INVESTIGACIÓN**

Lo siguiente es un esquema del procedimiento paso a paso que nos conduce a un proyecto de administración de la demanda razonable, suponiendo que dicho proyecto ha sido aprobado, que se cuenta con el equipo necesario y se dispone de los programas de computadora.

Paso 1: Selección de programa. Un comité investigador analizará periódicamente las necesidades de datos de la empresa suministradora y recomendará el programa general para que sea establecido.

Paso 2: Diseño de la muestra. Usualmente se comienza por definir el universo por estudiar, de modo que el análisis estadístico se pueda aplicar para definir cuidadosamente el tamaño requerido de la muestra para la obtención de los resultados representativos.

Paso 3: Selección de la muestra. Este paso requiere de la selección de un tamaño de muestra predeterminado de datos históricos, que se encuentran en registros de la empresa suministradora, también deberá obtenerse la aprobación de los usuarios y la selección de sitios alternativos.

Paso 4: Instalación de medidores especiales. Una vez que se ha recibido la aprobación del usuario para pertenecer a la muestra, es necesaria la instalación de un medidor de demanda.

Paso 5: Captación de datos. Para la captación de datos se hace necesario la instalación de un registrador de cinta magnética consiste en un identificador de pulsos que emite un pulso por cada vuelta del disco medidor registrado en una cinta magnética de 2 pistas en una de las pistas se registran los pulsos de tiempo que marcan el inicio y el final de los intervalos de demanda y en la otra pista para registrar los pulsos emitidos por el iniciador de pulsos (el numero de pulsos es proporcional a los Kwh medidos).

Paso 6: Traducción y procesamiento de datos. Mensualmente las cintas magnéticas grabadas son retiradas y se envían a un centro de procesamiento, donde se traducen a un formato compatible con la computadora.

Paso 7: Análisis de datos. Una vez que se ha efectuado la captación, traducción y procesamiento de datos, habrá que disponer de la computadora para analizar la información proveniente de los diversos usuarios estudiados, formando archivos y produciendo resultados para definir la forma y magnitud de las curvas de demanda por grupo de usuarios y global del sistema. Esta información puede servir a las disciplinas interesadas en el estudio, como son la ingeniería, tarifas y pronósticos.

Paso 8: Escritura de informe. Con el objeto de preservar los datos para un futuro, será muy importante reproducir los resultados completos.

La investigación de la demanda será un programa continuo con actualizaciones periódicas de los resultados de la prueba para mejorar la confiabilidad y exactitud, detectando cambios en los patrones de uso y demanda.

## **2c.- MEDICIÓN Y SELECCIÓN DE MUESTRA**

En el anterior análisis del procedimiento general de la investigación de la demanda, se presentó paso a paso, suponiendo que se dispone del equipo de medición y traducción. Actualmente se cuenta con una amplia variedad de fabricantes y paquetes de medición para satisfacer las necesidades de proyectos de la investigación de la demanda eléctrica. Las necesidades básicas de medición para obtener las características de demanda total en instalaciones típicas, comerciales pequeñas y residenciales, consiste en un registrador de cinta magnética, el cual recibe y registra pulsos en un casete de dos pistas, los cuales son originados por un reloj inter-construido y por un iniciador de pulsos instalado en un

wattorímetro estándar. Estas 2 pistas de datos que contienen pulsos de tiempo y pulsos de carga proporcionales a los KWh, pueden convertirse por medio de la utilización de una computadora en un registro continuo de uso y demanda. Las capacidades de medición se pueden ampliar para registrar cargas específicas tales como aire acondicionado, calentamiento de agua, calefacción, etc. Además de la carga total del sistema.

Selección de la muestra: si se sabe que ésta constituye un subconjunto de la población, debemos tener cuidado que la misma tenga las mismas propiedades de la población y que obedezca a determinados argumentos, desde el punto de vista estadístico, para decir que la misma es una muestra representativa.

El muestreo es la técnica para la selección de una muestra a partir de una población, se pueden extraer dos o más muestras de la misma población. Al conjunto de muestras que se pueden obtener de la población se denomina espacio muestral. El muestreo: es una herramienta de la investigación científica. Su función básica es determinar qué parte de una realidad en estudio (población o universo) debe examinarse con la finalidad de hacer inferencias sobre dicha población.

Esto se realiza una vez que se ha establecido un marco muestral representativo de la población, se procede a la selección de los elementos de la muestra.

Al tomar varias muestras de una población, las estadísticas que calculamos para cada muestra no necesariamente serían iguales, y lo más probable es que variarán de una muestra a otra.

Muestreo Estadístico: son aquellos que se basan en el principio de equiprobabilidad. Es decir, aquellos en los que todos los individuos tienen la misma probabilidad de ser elegidos para formar parte de una muestra y, consiguientemente, todas las posibles muestras de tamaño  $n$  tienen la misma probabilidad de ser elegidas.

La teoría del muestreo actual, va a la par con una planeación cuidadosa, un conocimiento a fondo de sus usuarios, una cooperación entre usuarios y la empresa suministradora y una adecuada existencia de medidores de prueba confiables. Todos los conceptos mencionados

anteriormente pueden producir resultados de la investigación de la demanda justificable y altamente satisfactoria.

El aspecto más importante es la selección y la determinación de la muestra, porque una buena muestra nos permite obtener los efectos de mayor alcance en la investigación. La elección de una muestra incorrecta podría conducir a:

- Demasiados gastos en un programa debidos a una muestra excesivamente grande.
- Lo peor, una ineficiencia, debido a un programa inconcluso sobre una muestra muy pequeña o una que no sea representativa.

Todas las teorías de muestreo tienen 2 conceptos básicos, ellos son:

- Cualquier población tiene ciertas características de demanda
- Las variaciones dentro de la población están limitadas.

Estos 2 conceptos hacen posible que seleccionemos una muestra relativamente pequeña, aleatoria, sin desviación que pueda reflejar las características de la demanda de la población entera.

La determinación del tamaño de la muestra deberá incluir las siguientes proposiciones:

1. Costo: además de la teoría de muestreo y la estadística, el uso de otros recursos es caro y su costo debe ser abatido.
2. Definir la población que se va a muestrear, mientras mejor sea la definición de la población menor será el tamaño de muestra requerida. Es aquí donde podemos usar los registros históricos existentes de la empresa suministradora para determinar el tamaño y configuración de la población en la que estamos interesados.

3. Cuánto tiempo queremos gastar en la realización de la prueba. Si queremos probar una muestra durante un periodo corto, deberemos ser capaces de salir adelante con el mínimo que se requiere estadísticamente, mientras que para un período más grande podríamos agregar un respaldo de cierto número de medidores, ya que la probabilidad de falla de los medidores es más grandes a medida que crece el período de prueba.

Para propósitos de investigación, hay muchos tipos de muestras, pero las 2 más ampliamente usadas son:

Muestra aleatoria simple: Una muestra aleatoria simple es seleccionada de tal manera que cada muestra posible del mismo tamaño tiene igual probabilidad de ser seleccionada de la población. Para obtener una muestra aleatoria simple, cada elemento de la población debe tener la misma probabilidad de ser seleccionado. Cuando una población es infinita, es obvio que la tarea de numerar cada elemento de la población es infinita, es obvio que la tarea de numerar cada elemento de la población es imposible. Por lo tanto, ciertas modificaciones del muestreo aleatorio simple son necesarias.

Muestra aleatoria estratificada: es aquella en la que se divide la población de  $N$  individuos, en  $k$  subpoblaciones o estratos, atendiendo a criterios que puedan ser importantes en el estudio, de tamaños respectivos  $N_1, \dots, N_k$ ,

$$N = N_1 + N_2 + \dots + N_k$$

y realizando en cada una de estas subpoblaciones muestreos aleatorios simples de tamaño  $n_i$   
 $i = 1, \dots, k$

No existe conocimiento de un plan estándar universal que se acerque a las tareas de muestreo. En uno de los extremos del espectro esta la muestra aleatoria simple de un grupo homogéneo de usuarios, en el otro extremo está la muestra aleatoria estratificada, con una

distribución equilibrada determinada por su importancia relativa, por ejemplo usuarios residenciales pequeños, medianos y grandes.

Cuando se toma una muestra para una prueba, sacamos por lo menos de dos a tres veces el número de usuarios que se necesitan, si se necesita reemplazo puede llevarse a cabo tomando un usuario del grupo de respaldo, conservando todo el tiempo lo aleatorio de la muestra.

Otra consideración para tomar cuando menos una muestra doble, es la cantidad inesperada de rechazos del usuario, debida a la resistencia que presenta para formar parte de la muestra. Si queremos medir la demanda residencial total desde un porte, una muestra doble es suficiente. Sin embargo, si queremos medir un aparato de televisión que requiera la instalación y servicio del equipo en la recamara, podemos esperar gran rechazo del usuario. Tomar una muestra de cinco veces el número requerido no es mala idea.

## **2d.- PROCESAMIENTO DE DATOS**

Necesitamos gran cooperación y comunicación con personal de programación y procesamiento de datos. Aun con un estudio de pequeña escala donde se está monitoreando a 30 usuarios durante 90 días, usando equipo de medición que registre cargas cada 15 minutos, generara alrededor de 250,000 datos de información de la demanda.

Se debe poner gran atención para la validez de los datos de campo antes de que pasen a la fase de análisis.

Por ejemplo muchos resultados de los estudios dependen de la sincronización del tiempo de todos los datos de carga de los usuarios, con el objeto de obtener datos de demanda que coincidan. Por lo tanto, cualquier interrupción de servicio en el medidor del usuario causara perdidas de sincronización entre los usuarios de prueba y debe disponerse de procedimientos para identificar los datos de prueba. Se pueden instalar registradores equipados con baterías de respaldo, pero esto puede incrementar el costo del medidor significativamente.

Si el sistema de procesamiento de datos incluye provisión suficiente para asegurarnos que todos los datos en el archivo maestro estén libres de errores, debidos al mal funcionamiento del equipo y a la sincronización del tiempo, la mitad del problema estará resuelto.

Se tiene mucha confianza en el procesamiento de datos cuando se formulan rutinas para análisis estadísticos de la captación de datos y la elaboración de informes concisos de una gran masa de datos, por lo tanto se deberá combinar un talento particular en estadística y programación de computadoras.

La estadística es usada como una herramienta en la investigación de la demanda, ya que “La estadística es una ciencia con base matemática referente a la recolección, análisis e interpretación de datos, que busca explicar condiciones regulares en fenómenos de tipo aleatorio”

Con la estadística se adquiere la capacidad de:

1. Minimizar la incertidumbre.
2. Analizar grandes cantidades de datos.
3. Identificar y calcular riesgos.

Algunas aplicaciones se han dado en la teoría del muestreo, así como en el comportamiento de datos masivos.

Cuando tomamos una muestra, nosotros mismos fijamos estadísticamente el grado de confianza que queremos en nuestra muestra.

Después de que los datos se recopilan, se verifica por medio del análisis estadístico, el grado de confianza obtenido en realidad y entonces se hace posible el uso de la estadística para enlazar estos datos con otras variables, tal como el tiempo para determinar relaciones, combinar datos con la historia, para determinar tendencias pasadas y pronosticar tendencias futuras.

La investigación de la demanda no se podría llevar a cabo sin la estadística desde el inicio del estudio hasta el análisis final e información de los resultados del estudio.

## **2e.- ANÁLISIS DE DATOS**

La recopilación y el análisis de datos en un estudio de administración de la demanda se enfocan al consumo de energía anual total o demanda máxima, del total de usuarios o instalaciones individuales.

Es importante que se coordine la recopilación de datos con los ciclos reales de facturación de los usuarios de modo que pueda establecerse una correlación entre todos los datos disponibles. Por ejemplo, cuando los medidores de demanda de facturación convencionales son puestos en operación sin la anotación de la fecha y la hora, el investigador de demanda pierde toda su capacidad para sincronizar estos datos, registrados con el ingreso por Kwh facturados.

Cuando se usan muestras diferentes para probar todas las clases de usuarios al mismo tiempo, deberán tomarse medidas para la explicación de los resultados en términos del sistema total. Esto es válido si los resultados estudiados son usados para pronosticar la demanda del sistema total, aunque hay que tener en consideración que hay errores de muestreo que se pueden medir estadísticamente y pérdidas del sistema en los diferentes estratos de muestra. Quizá ningún estudio pueda alcanzar resultados suficientemente libres de errores estadísticos o prácticos, dada las restricciones reales de recursos disponibles para el estudio. Sin embargo, una aproximación sistemática anual para la investigación de la demanda puede desarrollar una confianza práctica en los patrones de datos de demanda a través del tiempo.

## 2f.- COSTO DE LA INVESTIGACIÓN DE LA DEMANDA ELÉCTRICA

Los beneficios de la investigación de la demanda se extienden a muchas más áreas que el diseño de tarifas. Es un elemento de juicio en la administración de las instalaciones del suministrador y por eso deberá asumir la responsabilidad de llevar a cabo la administración de la demanda eléctrica.

En el informe 1 “Los costos de investigación de demanda”, se presenta un análisis de los costos fijos y variables de un estudio de demanda, que sirve como una guía de los costos, que se deben considerar cuando se establezca un programa de investigación de la demanda

### Informe 1:

#### Los costos de la investigación de la demanda eléctrica.

<b>I.- Costos Fijos:</b>	Costo Anual
Son los costos que resultan de tener la capacidad para hacer estudios de demanda :	
1. Medidores: \$0.9 x 20% tarifa de gasto fijo	\$ 0.18 A
2. Traductor: \$120 x 20% tarifa de gasto fijo	\$ 24.00
3. Equipo Auxiliar y mantenimiento preventivo de hardware y software \$0.20/mes	\$ 2.40
Costos Fijos Totales =1 + 2 + 3	
Costos Fijos Totales = \$0.18A + \$24.00 + \$2.40	
Costos Fijos Totales = \$0.18A + \$26.40	



2. Cambio de casetes: (M visitas) x (1 hora-hombre) x (0.014/ h.h.) + 100%(supervisión, administración y dirección).	\$ 0.028MN
3. Costos de Transportación: N x (M+2)viajes x \$0.002 por viaje	\$ 0.002MN + \$0.004 N
4. Mantenimiento mayor de registradores, casetes extras, imprevistos, etc. \$0.02/ registrador/ año	\$ 0.02 N
5. Traducción de datos.- manejo por casete y corrección: (NM) corridas x (0.75 horas-hombre/corrida) x (\$0.008 h.h.) + 100% (supervisión, administración y dirección).	\$ 0.012MN
6. Análisis de computadora (1 banda = N/30)* MxNx2/30 corridas/ banda x(1hr/10)/corrida x \$0.48/hr.	\$0.0032MN
7. Costos variables totales= 1 + 2 + 3 + 4 + 5 + 6 Costos variables totales = \$0.084N + \$0.028MN + 0.002MN + \$0.004N + \$0.02N + \$0.012MN + \$0.0032MN Costos variables totales= \$0.108N + \$0.0452MN	

\*Según estudio load Research and management in Electric Utility & Industrial Systems

N = número de usuarios

M = meses probados

#### IV.- Costos Totales:

$$\text{Costos Totales} = \text{I} + \text{II} + \text{II}$$

$$\text{Costos Totales} = \$0.18A + \$26.40 + \$12.80 + \$0.108N + \$0.0452MN$$

$$\text{Costos Totales} = \$39.20 + \$0.18A + \$0.108N + \$0.0452MN$$

Redondeando

$$\text{Costos totales} = \$40.00 + \$0.18A + \$0.11N + \$0.046MN$$

#### V.- Ejemplo:

Si el sistema está diseñado para probar a 100 usuarios:

A= 100 medidores disponibles.

$$\text{Costos Totales} = \$40.00 + \$0.18A + \$0.11N + \$0.046MN$$

$$\text{Costos Totales} = \$58.00 + \$0.11N + \$0.046MN$$

Duración de la prueba	Número de usuarios = 0	Número de usuarios = 50	Número de usuarios = 100
1Mes	\$58.00	\$65.80	\$ 73.60
3Meses	\$58.00	\$70.40	\$ 82.80
6 Meses	\$58.00	\$77.30	\$ 96.60
12 Meses	\$58.00	\$91.10	\$124.20

En la figura 3 se muestran los costos de la investigación de la demanda, con respecto al tiempo y en la figura 4 el costo mensual por usuario con respecto al tiempo para una capacidad de 100 usuarios.

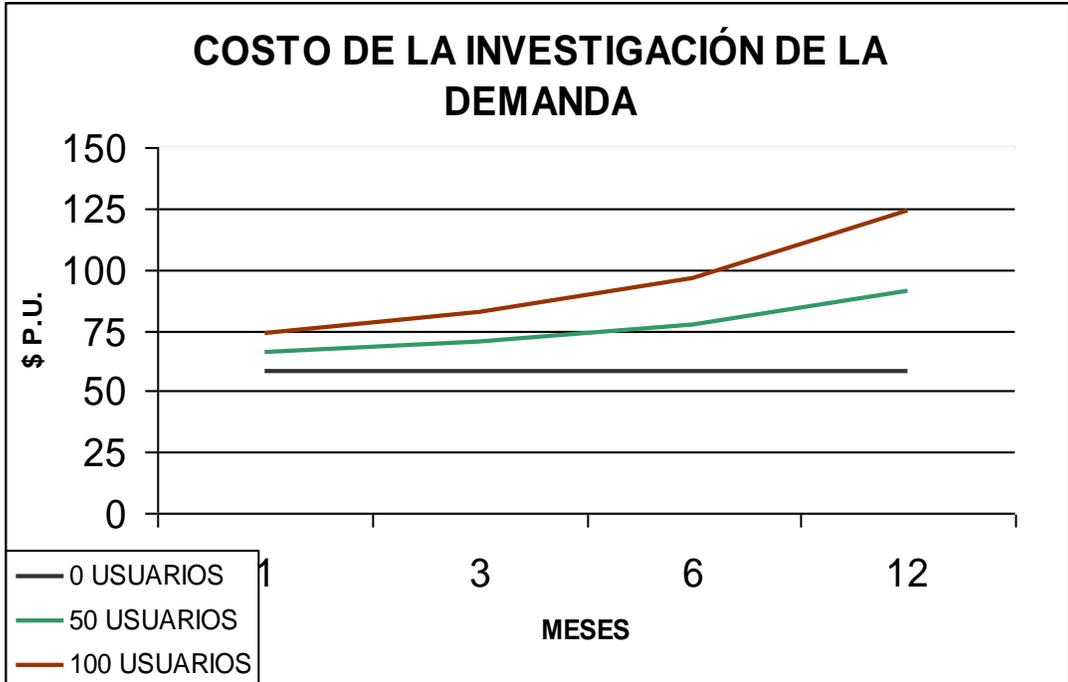


Figura 3

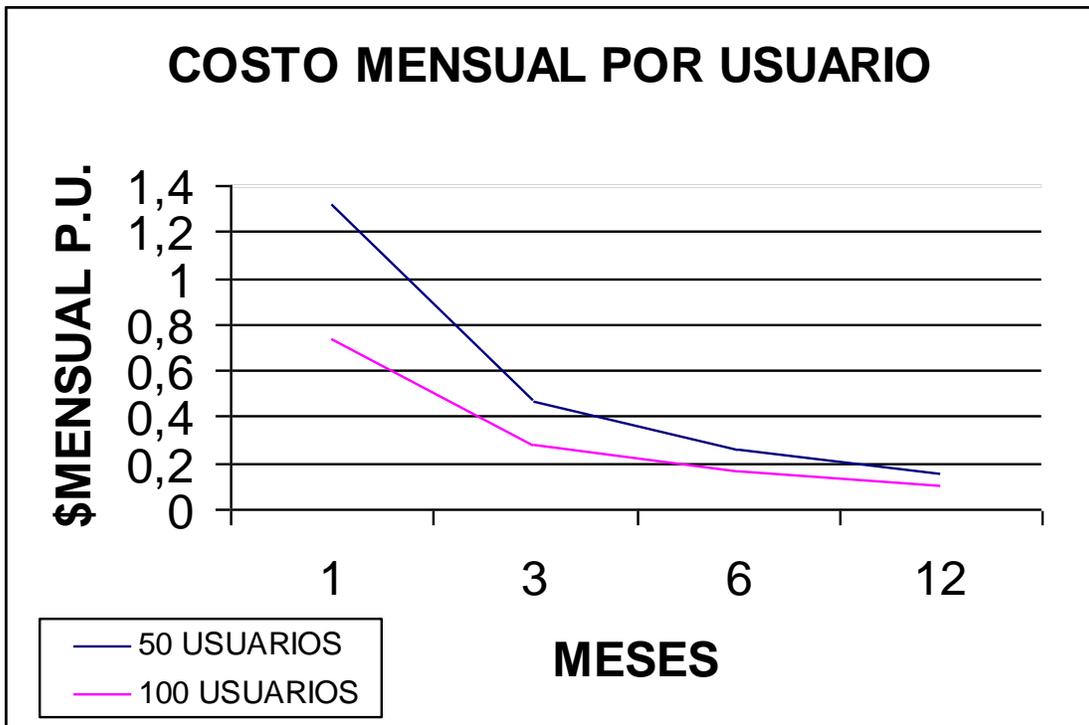


Figura 4

Si el sistema está diseñado para probar a 200 usuarios:

A= 200 medidores

$$\text{Costos Totales} = \$40.00 + \$0.18A + \$0.11N + \$0.046MN$$

$$\text{Costos Totales} = \$76.00 + \$0.11N + \$0.046MN$$

Duración de la prueba	Número de usuarios = 0	Número de usuarios = 50	Número de usuarios = 100	Número de usuarios = 150	Número de usuarios = 200
1 Mes	\$76.00	\$ 83.80	\$ 91.60	\$ 99.40	\$107.20
3 Meses	\$76.00	\$ 88.40	\$100.80	\$113.20	\$125.60
6 Meses	\$76.00	\$ 95.30	\$114.60	\$133.90	\$153.20
12 Meses	\$76.00	\$109.10	\$142.20	\$175.30	\$208.40

En la figura 5 se muestran los costos de la investigación de la demanda, con respecto al tiempo y en la figura 6 el costo mensual por usuario, con respecto al tiempo (para una capacidad de 200 usuarios)

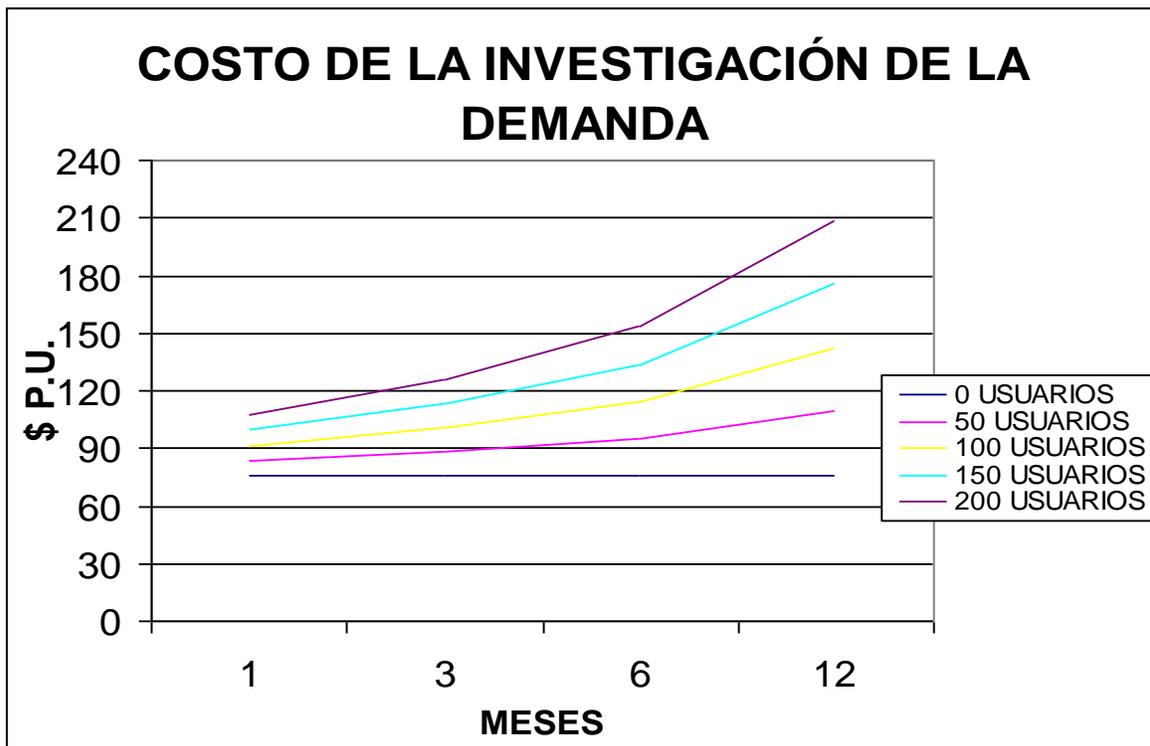
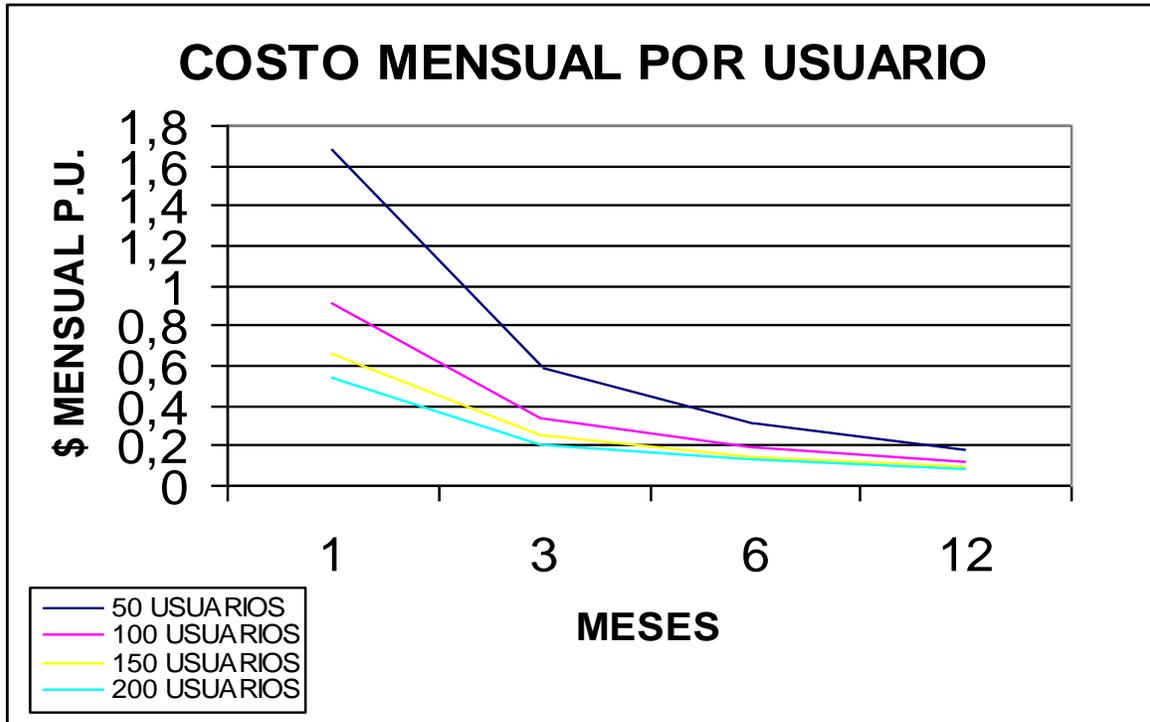


Figura 5



**Figura 6**

**El costo por habitantes:**

Los costos totales no solamente son calculados en numerario, sino que también incluyen otros recursos valiosos de la empresa suministradora. En un programa de investigación de la demanda, se necesitará la atención de gente clave en la organización, se requerirá de muchas horas-hombre de oficinistas, técnicos y gente familiarizada con problemas de medición, problemas de computadora, relación con los usuarios y lo más importante que la administración de la empresa suministradora de más alto nivel, reconozca y esté de acuerdo que gente muy ocupada descuide algunas de sus actividades de otros proyectos para hacer trabajos de investigación de la demanda.

**El costo en Tiempo:**

Si una empresa suministradora decide comenzar un estudio de carga, no debe esperar que los resultados se usen en cuestión de unos cuantos meses, porque hay un retraso de tiempo, el

cual será inevitable. Exponiéndose al fracaso, el retraso de tiempo se puede disminuir incrementando el costo, concentrando mayor fuerza de trabajo y deterioro en la calidad.

El incremento en la necesidad de la investigación de la demanda eléctrica. Estamos en una era en donde las cosas cambian a nuestro alrededor y cambian rápidamente, tenemos crisis de energía, problemas ecológicos, niveles de inflación sin precedente, los cambios en las tarifas son necesarios.

En el diseño de tarifas se deben tomar en cuenta tarifas que desalienten a los usuarios a consumir energía en periodos de horas pico. Se deben poner en consideración innovaciones, tales como la medición horaria, que aunque ya es utilizada en algunos sectores, esta sigue siendo una mínima parte.

No es de buen sentido común involucrarse dentro de estas innovaciones, sin saber cómo el costo corriente va a afectar los parámetros económicos y cómo éstos pueden ser afectados por un incentivo o desaliento tarifario.

La reacción de los usuarios ante la facturación de su consumo de energía que tiene un incremento constante, la crisis de energía y los costos de construcción crecientes de nuevas instalaciones del suministrador, son factores que debe tomar en cuenta la empresa suministradora, para tomar decisiones que se encaminen al establecimiento de programas de investigación de la demanda.

### **Prueba residencial:**

La empresa suministradora deberá hacer pruebas en una base de muestreo estratificado, según la estructura tarifaria. La factura deberá ser analizada y clasificada en el estrato correspondiente de la muestra mensualmente por el uso de kwh, de modo que los estratos no tengan una amplitud mayor de un 20 % de los kwh de cada grupo estratificado.

Un ejemplo de esto puede ser.

Residencial	Kwh anuales
Base (alumbrado, TV, aplicaciones domesticas)	0 - 1,500
Base + Horno	1,501 - 3,000
Base + Horno + Lavadora + Congelador	3,001 - 4,500
Base + Horno + Lavadora + Congelador + calefacción o aire acondicionado	4,501 – o más

Se pueden probar 5 grupos de usuarios. Uno será un grupo de control con servicio continuo en las tarifas existentes. Los otros 4 seleccionados aleatoriamente, serán facturados en tarifas horarias, cada uno con un diferente nivel de tarifas.

A los usuarios que acepten ser objeto de la prueba, se les notificará que el precio será diferente para diferentes períodos del día y que para períodos fuera del pico su facturación por consumo de energía será más baja.

Estas pruebas deberán realizarse por lo menos 3 años a fin de obtener confianza estadística en los resultados

### ***Capítulo 3: Análisis estadístico de la demanda***

El siguiente capítulo tiene como finalidad analizar métodos específicos de muestreo en la investigación de encuestas para el establecimiento de una base que es necesaria para el estudio de la administración de la demanda de energía eléctrica, puesto que en la actualidad la encuesta por muestreo es un instrumento organizado para encontrar hechos. Su importancia radica en que se va a utilizar para elaborar el estudio de la investigación de nuestro tema a fin de orientar adecuadamente el proceso de planeación y de esta manera se podrán tomar decisiones que tienen en cuenta los factores significativos de los problemas de demanda eléctrica.

Como estos estudios de costos están basados en gran parte en los datos de la Demanda Eléctrica en Kilowatts, la necesidad de captación de datos para estadísticas sobre la demanda de ciertas clases estadísticamente confiables, ha llegado a ser crítico puesto que los datos requeridos disponibles corresponden a un pequeño grupo de usuarios.

En el estudio de la investigación se utilizan muestras, para lo cual se tienen los siguientes conceptos:

*Muestra estadística*: es un subconjunto de casos o individuos de una población estadística. Las muestras se obtienen con la intención de inferir propiedades de la totalidad de la población, para lo cual deben ser representativas de la misma. Para cumplir esta característica la inclusión de sujetos en la muestra debe seguir una técnica de muestreo.

*Tamaño de la muestra*: es el número de sujetos que componen la muestra extraída de una población, necesarios para que los datos obtenidos sean representativos de la población.

*Frecuencia*: se llama frecuencia a la cantidad de veces que se repite un determinado valor de la variable. Se suelen representar con histogramas y con diagramas de Pareto.

En estadística se pueden distinguir hasta cinco tipos de frecuencias, estas son:

Frecuencia absoluta ( $n_i$ ) de una variable estadística  $X_i$ , es el número de veces que aparece en el estudio este valor. A mayor tamaño de la muestra, aumentará el tamaño de la frecuencia absoluta; es decir, la suma total de todas las frecuencias absolutas debe dar el total de la muestra estudiada ( $N$ ).

Frecuencia relativa ( $f_i$ ), es el cociente entre la frecuencia absoluta y el tamaño de la muestra ( $N$ ). Es decir,

$$f_i = \frac{n_i}{N} = \frac{n_i}{\sum_i n_i}$$

Siendo el  $f_i$  para todo el conjunto  $i$ . Se presenta en una tabla o nube de puntos en una distribución de frecuencias.

Si multiplicamos la frecuencia relativa por 100 obtendremos el porcentaje o tanto por ciento ( $p_i$ ) que presentan esta característica respecto al total de  $N$ , es decir el 100% del conjunto.

Frecuencia absoluta acumulada ( $N_i$ ), es el número de veces  $n_i$  en la muestra  $N$  con un valor igual o menor al de la variable. La última frecuencia absoluta acumulada deberá ser igual a  $N$ .

Frecuencia relativa acumulada ( $F_i$ ), es el cociente entre la frecuencia absoluta acumulada y el número total de datos,  $N$ . Es decir,

$$F_i = \frac{N_i}{N}$$

Con la frecuencia relativa acumulada por 100 se obtiene el *porcentaje acumulado* ( $P_i$ ), que al igual que  $F_i$  deberá de resultar al final el 100% de  $N$ .

Frecuencia de clases: Como generalmente se dispone de gran número de datos, éstos se distribuyen en clases o categorías y al determinar el número de observaciones pertenecientes a cada clase se tiene la frecuencia de clase.

Intervalos de clase: Son aquellos intervalos que deben estar definidos por límites que permitan identificar plenamente si un dato particular pertenece a uno u otro intervalo de clase.

Límites de Intervalos: Son los valores extremos que tiene el intervalo de clase, inferior y superior, entre los cuales van a estar los valores de los datos agrupados en ese intervalo de clase.

Marca de Clase: Es el punto medio del intervalo de clase y se obtiene sumando los límites inferior y superior de la clase y dividiendo por dos.

En la investigación se utilizarán muestras y no la población total por las siguientes 2 razones:

1. En primer lugar nos encontramos con recursos limitados, ya que tomar a toda la población resultaría incosteable.
2. Solo se podría tener datos limitados, ya que estudiar toda la población independientemente del costo, es casi imposible por el tamaño de la población actual y creciente.

Antes de llevar a cabo la presentación de la información a las autoridades reguladoras del suministro de energía eléctrica, sólo son justificables aquellos levantamientos estadísticos de datos que usan procedimientos de muestreo aleatorio.

Además en el muestreo aleatorio simple, se examinarán diferentes modificaciones de procedimientos y análisis, tales como la estratificación y la estimación de indicadores, los

cuales mejoran la precisión del muestreo. La cuestión en nuestro trabajo es la elección adecuada en el diseño de muestra, para que ésta sea confiable.

El diseño que se adoptará será aquél que sea eficiente para administrar, ofreciendo resultados satisfactorios.

A continuación se describirán los métodos de muestreo aleatorios estratificados para levantamientos de demanda por clase, en instalaciones de suministro de energía eléctrica.

### **3a.- MUESTREO ALEATORIO ESTRATIFICADO**

El objetivo principal de un diseño muestral es hacer uso eficiente del presupuesto asignado para un estudio obteniendo un estimativo tan preciso como sea posible de una cantidad de la población. El muestreo aleatorio simple es la técnica de muestreo más básica que no sólo asegura una muestra representativa sino que también produce una estimación de la cantidad de una población y una especificación de la precisión. Muchas ramificaciones han evolucionado a partir de este concepto central del muestreo aleatorio simple que permite alcanzar inferencias más precisas para diferentes tipos de poblaciones. Uno de los diseños prácticamente más útiles, llamado *muestreo aleatorio estratificado*, primero divide la población en segmentos homogéneos y después toma muestras aleatorias simples de esas subpoblaciones individuales.

Al principio, puede parecer sorprendente que la técnica del muestreo aleatorio simple pueda ser mejorada. Para clarificar este punto, consideremos una ciudad en la cual los distritos del norte son predominantemente áreas con altos ingresos y los distritos del sur son primariamente áreas con bajos ingresos. Para determinar el costo promedio de vivienda en toda la ciudad, es necesario que intuitivamente se tomen muestras aleatorias simples relativamente pequeñas tomadas separadamente de cada uno de los distritos, que muestren información más exacta que un único muestreo tomado en toda la ciudad. La esencia de la estratificación es que ésta saca provecho de la homogeneidad conocida de las subpoblaciones, de tal forma sólo se requieran muestras relativamente pequeñas para estimar

las características de cada subpoblación. Estas estimaciones individuales pueden entonces ser fácilmente combinadas para producir una estimación de toda la población. Además de la economía en el tamaño de la muestra, un valioso subproducto del esquema de muestreo estratificado es que las estimaciones obtenidas para diferentes partes de la población se pueden usar posteriormente para hacer comparaciones.

El proceso de estratificación divide una población de tamaño  $N$ , en subpoblaciones mutuamente exclusivas de tamaño conocido  $N_h$ , de modo que

$$N = N_1 + N_2 + \dots + N_k$$

Donde  $k$  es un índice identificador de  $h$ -ésimo estrato y  $k$  es el número total de estratos.

Si se toma una muestra aleatoria simple en cada estrato el procedimiento total se describe como un muestreo aleatorio estratificado.

Supóngase que se desea estimar lo medido por unidad de una característica y en una población que se ha dividido en  $k$  estratos, entonces si se toma una muestra simple de  $n_h$  unidades, esta se toma del  $h$ -ésimo estrato y si  $Y_{hi}$  fuera el valor de esta característica para la  $i$ -ésima unidad de esta muestra, en tal caso la media de la muestra por unidad por el  $h$ -ésimo estrato es:

$$Y_n = \frac{\sum_{i=1}^{n_h} Y_{hi}}{n_h}$$

Entonces una estimación para la media de la población por unidad está dado por:

$$Y_{st} = \sum_{h=1}^k W_h Y_h$$

Donde

$$W_h = \frac{N_h}{N}$$

Es la ponderación del estrato

La varianza  $Y_{st}$  estimada sin desviación (1) es

$$v(Y_{st}) = \sum_{h=1}^k \frac{\nabla_h^2}{n_h} (1 - f_h)$$

Donde

$f_h = \frac{n_h}{N_h}$  y  $\nabla_h^2$  es la varianza verdadera de  $y$  en el  $h$ -ésimo estrato y esta dado por :

$$\nabla_h^2 = \frac{\sum_{i=1}^{N_h} (y_{hi} - y_h)^2}{N_h - 1}$$

Donde  $y_h$  es la media verdadera de  $y$  en el estrato  $h$ . La expresión  $(1-f_h)$  es a menudo definida como la corrección de la población finita para el estrato  $h$ .

Puesto que  $\nabla_h^2$  es generalmente desconocida, una estimación sin desviación de su valor se puede obtener de la muestra y esta dado por:

$$S_h^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n_h} (y_{hi} - y_h)^2}{n_h - 1}$$

### **Definición de la Muestra:**

En la mayoría de las encuestas la definición de población es de importancia crítica. Una población es un grupo de personas u organismos de una especie particular, que viven en un área geográfica o espacio, y cuyo número se determina normalmente por un censo.

El problema en el estudio de nuestra investigación estadística, no surge en darle nombre a la población, sino en especificar lo que constituye una unidad de esa población.

Supóngase que la población es la clase residencial en una compañía eléctrica. Las preguntas que surgen son: ¿Cuál es entonces una unidad de esta población?, ¿Es un servicio domestico?. El estudio que se usa en servicios domésticos, no daría información respecto a las diferentes tarifas propuestas. ¿Es la unidad de población, una que sea facturada sobre una base medida bajo una tarifa específica? Entonces, todos los medidores para la clase

doméstica pueden dividirse en estratos sobre la base de su facturación y algunas subsecuentes divisiones, en este caso, puede que no esté disponible la información relativa a los servicios domésticos.

Es obvio que la definición de unidad de población que se usa, depende en gran medida del propósito para el cual se hace el estudio. Una vez que la unidad de población elemental se especifica, se controla a todas las decisiones subsecuentes respecto al diseño de la muestra.

### **3b.- SELECCIÓN DE LA BASES PARA LA ESTRATIFICACIÓN**

Si se tiene una población heterogénea, con respecto a una característica  $y$ , puede obtenerse una mejor precisión en las estimaciones de las poblaciones total y media por unidad, utilizando muestras aleatorias estratificadas para  $y$ ; esto se logra al dividir la población en los estratos, en cada una de las unidades que son más homogéneas, con respecto a  $y$ . Tales ganancias se podrían efectuar, si fuera posible dividir a la población de acuerdo a sus valores de  $y$ ; son en general desconocidos, una variable auxiliar  $x$  con una relación conocida con respecto a  $y$  debe ser usada en su lugar. Esta variable auxiliar podría ser el valor de  $y$  en tiempos pasados, pero en muchos casos no hay registro histórico de los valores disponibles de  $y$ .

En la mayoría de los estudios de demanda eléctrica por clase, las características bajo estudio son las demandas en kilowatts en el tiempo del pico de la clase y/o durante el pico del sistema.

Esos valores son generalmente desconocidos para todas las unidades de la población en periodos anteriores y así pueden usarse como base para la estratificación, esto es para determinar las demandas eléctricas, en el momento del pico del sistema para un servicio general grande o para usuarios gubernamentales, cuyos equipos de medición pueden incluir tablas gráficas, cintas de medición gráficas o magnéticas.

En general, la variable que se usa para la estratificación debe ser tal, que su valor sea conocido para cada unidad de la población. Sin embargo, se esté no es el caso, es conveniente dividir a la población en dos grupos: aquellos para los cuales su valor es conocido y aquellos para los cuales su valor es desconocido. Para tales efectos, es necesario seleccionar una segunda variable para la estratificación del grupo restante.

Casi todas las clases de servicio eléctrico, tienen el uso de la energía eléctrica registrada en una base cíclica para la facturación. Por otra parte, para algunas clases, estos usos de registros pueden ser acompañados totalmente o en parte por las demandas máximas en kilowatts, donde solamente se registran la utilización de la energía eléctrica. Por otro lado las unidades pueden ser divididas en estratos sobre estas bases. Sin embargo, cuando la energía eléctrica se usa y existen registros de demanda máxima para cada unidad en las clases de estratificación, se deben seleccionar variables de estratificación. Cuando solamente una porción de las unidades en la clase tienen registros de demanda máxima, esta porción puede ser estratificada, sobre la base de sus demandas y el grupo restante sobre la base de su uso de energía eléctrica. Alternativamente, la clase entera puede ser dividida dentro del estrato solamente en base al uso de la energía eléctrica.

La variable de estratificación debe tener una correlación alta en las características bajo estudio. Cuando existe una elección entre dos o más variables, se debe usar la variable de más alta correlación.

La elección entre el uso de la energía y la demanda eléctrica máxima en kilowatts, depende de la clase de servicio a estudiarse. En la ausencia de una información a priori sobre las correlaciones, se debe hacer una suposición adecuada. Los resultados de un estado inicial, pueden ser aplicados a estudios subsecuentes para establecer la mejor elección.

#### Minimización de la varianza de $Y_{st}$

La fórmula para la varianza de los estratos de  $Y_{st}$  depende del método usado para seleccionar las unidades de muestras del estrato y también sobre la construcción de los estratos a través

de los valores de  $W_h$ ,  $N_h$ , y  $\nabla_n$  por lo cual, en el proceso de minimización de esta varianza, se siguen los dos siguientes pasos:

1. La determinación del mejor método de selección en las unidades de la muestra.
2. Suponiendo que esta selección será usada, la determinación de la mejor división de la población dentro del estrato.

Para una división dada de la población dentro del estrato, la varianza de  $Y_{st}$  se minimiza para un tamaño de muestra total fijada para la selección de las unidades de la muestra conforme a la formula de asignación de Neyman\*

$$n_h = \frac{nW_h \nabla_h}{\sum_{h=1}^k W_h \nabla_h} = \frac{nN_h \nabla_h}{\sum_{h=1}^k N_h \nabla_h}$$

La sustitución de esos valores de  $n_h$  en la fórmula para la varianza de  $Y_{st}$  produce la formula de varianza mínima de  $Y_{st}$  para una estratificación dada y un tamaño de muestra fijada n:

$$Vmin(Y_{st}) = \frac{(\sum W_h \nabla_h)^2}{n} - \frac{(\sum W_h \nabla_h)^2}{N}$$

Cuando se tienen instalaciones de suministro de energía eléctrica, en muchas empresas de suministro de energía el número de unidades de la muestra que pueden usarse en el estudio por clase de carga. Sin embargo, en una empresa de suministro de energía eléctrica que esté lista para comprar medidores para la realización de levantamientos estadísticos adicionales, o esté haciéndole la compra de equipo inicial, se puede determinar el tamaño de la muestra total necesaria para producir una varianza mínima especificada V. Resolviendo la formula anterior para n valores dados se tiene.

$$n = \frac{(\sum W_h \nabla_h)^2}{v + \frac{1}{N} (\sum W_h \nabla_h^2)}$$

\***Jerzy Neyman** (16 de Abril,1894, en Moldavia – 5 de Agosto, 1981, California) fue un matemático polaco. Fue el segundo de cuatro hijos de Czesław Szańkowski-Neyman y Kazimiera Lutowska. Publicó muchos libros relacionados a experimentos y estadísticas. Neyman ideó la forma en la cual la *Administración de Alimentos y Fármacos* testea los medicamentos en la actualidad.

En general existen dos métodos en el uso específico, para determinar una varianza mínima  $V$ :

1. El primer método expresa esta varianza en términos de un límite confiable, por ejemplo si  $t$  es el valor crítico normal correspondiente a la probabilidad  $\infty$  de modo que  $|Y_{st} - Y| \geq d$ , entonces  $V = (d/t)^2$ .
2. El segundo método expresa esta varianza en términos de un coeficiente de variación. El coeficiente de variación es la relación del error estándar de una estimación al valor de la población verdadera a ser estimada. Así, si se desea un coeficiente de variación del 1% para una estimación de  $Y$ , la varianza deseada debe estar dada por:

$$V = (0.01Y)^2$$

### 3c.- SELECCIÓN DE ESTRATOS DE ESTRATOS CON LÍMITES Y NÚMERO DE ESTRATOS

Resulta obvio que en las formulas anteriores los valores en estas dependen de los puntos de la división de la población de los estratos. Recientemente, en la selección de estratos dentro de límites, estos han sido sujetos a extensas investigaciones. El método más conveniente para el uso anterior con la asignación de Neyman, es la regla acumulativa  $\sqrt{uf}$ . En ese procedimiento, la población está dividida en intervalos corotos de  $y$  (o  $x$ ), en donde están asociadas una frecuencia  $f$  y un intervalo relativo de longitud multiplicadora  $u$  están asociadas. En el total acumulativo  $\sqrt{uf}$ , este se mantiene sobre el rango completo de valores de  $y$  desde el más pequeño, hasta el más grande. Su regla es seleccionar las divisiones de estratos de modo que resulten intervalos iguales sobre la escala acumulativa. Cuando este procedimiento se usa con la asignación de Neyman, éste tiende a hacer aproximadamente iguales los tamaños de las muestras para todos los estratos.

Se puede seguir dividiendo la población en estratos, hasta que cada unidad de población sea un estrato en si mismo. Este procedimiento en el muestreo de la población total implica, que no se aprovechen las técnicas de muestreo para hacer un levantamiento racional de datos, ya que existe un punto de regreso en la disminución, además de que se desprecian las ganancias en precisión obtenidas. Esta cuestión llega a ser más seria cuando se usa una variable auxiliar  $\underline{x}$ , como la base para la estratificación.

En el caso en el cual la regresión de  $\underline{y}$  sobre  $\underline{x}$  es lineal, se puede alcanzar una ganancia muy pequeña en la precisión, por el uso de más de seis estratos a menos que el coeficiente de correlación entre  $\underline{y}$  y  $\underline{x}$ , exceda a 0.95 en la población no estratificada.

#### Ejemplo de una Tarifa Doméstica:

Suponiendo que se desee estimar la demanda máxima diversificada por usuarios en una cierta tarifa A, durante el mes de agosto del año siguiente. Para esto se diseña una muestra aleatoria estratificada, en donde la primera consideración sería la de elegir la cantidad o cualidad que puede servir como la base para la estratificación.

Puesto que no es posible dividir a la población en estratos sobre la base de la demanda eléctrica durante el tiempo que la demanda eléctrica diversificada máxima por servicio ocurriría para el siguiente mes de agosto y entonces se debe tener alguna variable auxiliar, que sirva en lugar de esta de base. Las más comunes variables auxiliares incluyen demandas eléctricas no coincidentes o usos de la energía, que cubren un periodo previamente seleccionado con escalas usualmente de un mes, hasta de un año. Generalmente los registros de la demanda eléctrica en kilowatts, no se mantienen para usuarios domésticos y esto será supuesto para el caso de la tarifa A. Así el uso de la energía es la única cantidad disponible sobre la cual se puede basar una estratificación.

Lógicamente, el siguiente paso será preparar una distribución, tal como la que se ve en la tabla 1, que da la frecuencia  $f$  para el que las unidades en la tarifa A caen dentro de los valores especificados en la utilización de Kilowatt-hora. Al elaborar una tabla como esa, el periodo de tiempo de la utilización de la energía eléctrica, debe hacerse aproximadamente

equivalente al periodo de prueba para que dicha utilización sea mas efectiva para la estratificación. Por lo tanto, ya que se desea probar la tarifa A en el mes de agosto del siguiente año, las frecuencias mostradas en la tabla 1 son para agosto de este año, ya que la selección del periodo de tiempo apropiado depende, no solamente de la longitud y el tiempo del periodo de prueba, sino también sobre la estabilidad relativa de la variable de estratificación. Por otra parte, la clase domestica esta sujeta a cambios mas frecuentes de usuarios que las que corresponden a servicios generales o de la clase de servicio de gobierno.

Por otro lado los valores de kilowatt-hora, usados en la preparación de cualquier distribución de frecuencia, deben ser consistentes, por ejemplo, si fueran de facturación mensual o bimestral entonces el uso de energía eléctrica debe presentarse sobre una sola base, ya sea mensual o bimestral.

Cuando los avisos de adeudos son elaborados por procesamiento electrónico de datos, las distribuciones de frecuencia en los avisos de adeudo, deben estar elaborados de modo que los bancos de datos estén libres de errores.

Se supondrá que la distribución de frecuencia en la tabla 1 representa los valores corregidos de los usos mensuales de kilowatt-hora en su equivalencia mensual de este año.

Se debe notar que el uso de la energía eléctrica en los intervalos mostrados en la tabla 1, no son de longitud uniforme. Suponiendo que los registros se mantienen en unidades de kilowatts-hora, el primer intervalos tiene una longitud de 5 kilowatts-hora y todos los intervalos entre 0 y 500 kilowatts-hora inclusive, tienen longitudes de kilowatts-hora cada uno. En el resto de esta tabla 1, la longitud del intervalo cambia de 50, 100, 500, 2000. El valor  $\underline{u}$  mostrado de esta tabla es la relación de la longitud de cada intervalo sucesivo, con respecto a la longitud del primer intervalo.

En la columna acumulativa  $\sqrt{uf}$  se mantiene un total seguimiento de la raíz cuadrada del producto de  $u$  y  $f$  en la escala completa de intervalos de kilowatts-hora.

Supóngase que se desean 5 estratos, entonces se divide el final del acumulativo  $\sqrt{uf}$  entre 5, el valor límite superior del intervalo acumulativo, cuyo valor acumulativo  $\sqrt{uf}$  es el más cercano a este cociente llega a ser el límite superior del primer estrato. El primer estrato sería entonces de cero a 280 kilowatts-hora. El límite superior del segundo estrato, sería el límite superior del intervalo, cuyo valor acumulativo  $\sqrt{uf}$  fuera el más cercano al doble del cociente original.

Si todos los intervalos fueran de la misma longitud, el multiplicador  $u$  del intervalo relativo pudiera salirse de la tabla, y entonces los estratos estarán definidos con el uso de la acumulación  $\sqrt{f}$  en lugar de la acumulación  $\sqrt{uf}$ .

La tabla 2 presenta cinco muestras diferentes diseñadas para la tarifa A, en la cual cada diseño sucesivo tiene un estrato más que el anterior. En esta tabla la acumulación  $\sqrt{uf}$  calculada describe exactamente los valores en intervalos iguales, sobre la escala acumulativa  $\sqrt{uf}$ , y por lo tanto el número de tales intervalos son iguales a el número de estratos en cada diseño. Los valores del estrato mostrado, corresponden a los valores actuales acumulativos  $\sqrt{uf}$  de la tabla 1 que se acercan más a igualar los valores calculados.

Se observa también en la primera parte de la tabla 2, que el número de usuarios en cada estrato y las correspondientes ponderaciones de los estratos, los kilowatts-hora mensuales, en el mes de agosto de la unidad  $i$ -ésima, se representan en el estrato  $h$  por  $X_{hi}$ , la suma de los valores  $X_{hi}$  y la suma de los valores cuadrados de  $X_{hi}$  se usan en los cálculos del error estándar,  $\nabla_{xh}$ , de kilowatts-hora en este estrato.

En la aplicación de la regla acumulativa  $\sqrt{uf}$ , se hizo la suposición para cada diseño en la distribución de Neyman y fue usada para determinar el tamaño de la muestra en cada estrato. Se suponen solamente doscientos levantamientos estadísticos en los medidores, los cuales fueron aprovechados para la medición en las muestras de los usuarios de la tarifa A. Entonces para cada uno de los cinco diseños, esas doscientas mediciones fueron asignadas a cada estrato, en la proporción en que ese producto de la ponderación del estrato  $W_h$  y el error estándar  $\nabla_{xh}$  está, con respecto a la suma de tales productos. Este proceso de asignación se ilustra en la segunda, tercera y cuarta columna de la continuación de la tabla 2 y se debe

mostrar que para cada diseño, los tamaños de las muestras en todos los estratos son aproximadamente iguales.

El resto de la tabla 2 es levantada con el cálculo de  $V(X_{st})$  y con el correspondiente coeficiente de variación para cada diseño. Se debe notar, como el número de estratos se incrementa de un diseño a otro, y el coeficiente de variación decrece.

Numero de Estratos	Reducción en porciento del Coeficiente de Variación
2	3.11
3	1.07
4	0.57
5	0.35

Con un número máximo fijado de medidores disponibles para este levantamiento, el único método aplicable para reducir el coeficiente de variación, debe ser aquel que incremente el número de estratos. Sin embargo, se debe tener precaución para la utilización de este método más allá del establecimiento de 6 estratos, puesto que al extender esta aplicación no se va a reducir el coeficiente de variación de  $X_{st}$  apreciablemente, sino que también puede tener un efecto desastroso sobre la estimación de la demanda máxima diversificada por usuario.

Si el tamaño máximo de la muestra no se determinó, entonces un tamaño de la muestra produciría cualquier coeficiente de variación deseado para  $X_{st}$ . Si se desea producir un coeficiente de variación del 1% en cada uno de los diseños en la tabla 2 el tamaño de la muestra total requerida sería.

Numero de Estratos	Tamaño de la muestra requerida
Ninguno	8,677
2	2,475
3	1,204
4	713
5	471

También se nota que para cada uno de los 5 diseños, la inclusión en la corrección de la población finita, el cálculo de la varianza de  $X_{st}$  tiene un efecto despreciable. En general, si la fracción muestreada es menor que 0.05 en todos los estratos, esta corrección seguramente puede ignorarse. El efecto de esta omisión muestra ligeramente a  $V(X_{st})$ .

Tabla 1

Frecuencia de ocurrencia durante el mes de agosto para los usuarios en la tarifa A siguiendo la aplicación de la regla acumulativa  $\sqrt{uf}$

Rango	f	u	AcumVuf	Rango	f	u	AcumVuf
0	5185	1	72.00	350	5874	2	4080.17
10	1872	2	133.18	360	5722	2	4187.14
20	2121	2	198.31	370	5674	2	4293.66
30	2978	2	275.48	380	5382	2	4397.40
40	3978	2	364.67	390	5416	2	4501.47
50	5087	2	465.53	400	5202	2	4603.47
60	5974	2	574.83	410	5122	2	4704.68
70	6737	2	690.90	420	5050	2	4805.17
80	7267	2	811.45	430	4873	2	4903.89
90	7847	2	936.72	440	4839	2	5002.26
100	7954	2	1062.84	450	4701	2	5099.22
110	8002	2	1189.34	460	4385	2	5192.86
120	8276	2	1317.99	470	4431	2	5286.99
130	8359	2	1447.28	480	4367	2	5380.44
140	8232	2	1575.59	490	4275	2	5472.90
150	8285	2	1704.31	500	2545	2	5544.24
160	8185	2	1832.25	510-550	19846	10	5989.72
170	8028	2	1958.96	560-600	17549	10	6408.63

180	7911	2	2084.74	610-650	15916	10	6807.57
190	7869	2	2210.19	660-700	14512	10	7188.51
200	7731	2	2334.53	710-750	13135	10	7550.93
210	7595	2	2457.77	760-800	12166	10	7899.72
220	7414	2	2579.54	810-850	11176	10	8234.02
230	7543	2	2702.36	860-900	10489	10	8557.88
240	7320	2	2823.35	910-950	9695	10	8869.24
250	7240	2	2943.68	960-1000	9097	10	9295.78
260	7069	2	3062.58	1010-1100	16181	20	9864.65
270	6998	2	3180.88	1110-1200	13962	20	10393.08
280	6745	2	3297.02	1210-1300	12128	20	10885.58
290	6613	2	3412.02	1310-1400	10301	20	11339.47
300	6504	2	3526.07	1410-1500	8912	20	11761.65
310	6475	2	3639.86	1510-1600	7340	20	12144.79
320	6269	2	3751.83	1610-1700	6282	20	12499.24
330	6060	2	3861.92	1710-1800	5271	20	12823.92
340	6036	2	3971.79	1810-1900	4386	20	13120.09

Continuación de la Tabla 1

Rango	f	u	AcumVuf	Rango	f	u	AcumVuf
1910-2000	3625	20	13389.34	4110-4200	58	20	15613.57
2010-2100	2936	20	13631.66	4210-4300	52	20	15645.81
2110-2200	2403	20	13850.88	4310-4400	38	20	15673.37
2210-2300	1976	20	14049.67	4410-4500	39	20	15701.29
2310-2400	1604	20	14228.77	4510-4600	37	20	15728.49
2410-2500	1306	20	14390.38	4610-4700	21	20	15748.98
2510-2600	1020	20	14533.20	4710-4800	29	20	15773.06
2610-2700	788	20	14658.73	4810-4900	19	20	15792.55
2710-2800	660	20	14773.62	4910-5000	19	20	15812.04
2810-2900	544	20	14877.92	5010-5500	76	100	15899.21
2910-3000	443	20	14972.04	5510-6000	44	100	15965.54
3010-3100	336	20	15054.01	6010-6500	32	100	16022.10
3110-3200	306	20	15132.24	6510-7000	21	100	16067.92
3210-3300	278	20	15206.80	7010-7500	15	100	16106.64
3310-3400	206	20	15270.98	7510-8000	1	100	16116.64
3410-3500	155	20	15326.65	8010-8500	3	100	16133.96
3510-3600	139	20	15379.37	8510-9000	1	100	16143.96
3610-3700	122	20	15428.76	9010-9500	2	100	16158.10
3710-3800	71	20	15466.44	9510-10000	1	100	16168.10
3810-3900	84	20	15507.42	10010-12000	2	100	16196.38
3910-4000	64	20	15543.19	12010-14000	3	100	16231.02
4010-4100	66	20	15579.52	14010-16000	1	100	16251.02

Tabla 2

Determinación del coeficiente de variación para  $X_{st}$  en la Tarifa A

No. de estrato	estrato h	Rango Kwh	acum√uf real	acum√uf calculado	Total de usuarios	Peso del estrato	$\sum_{i=1}^{N_h} X_{hi}$	$\sum_{i=1}^{N_h} X_{hi}^2$	$\nabla X_h$
1	1	0-16000	16251.02	16251.02	549607	1.00000	333208695	380110617425	569.24
2	1	0-850	8234.02	8125.51	415917	0.75675	143573570	69904800300	221.15
	2	860-16000	16251.02	16251.02	<u>133690</u>	<u>0.24325</u>	189635125	310205817125	55.22
	Total				549607	1.00000			
3	1	0-480	5380.44	5417.01	304797	0.55457	71260170	21635906300	127.75
	2	490-1300	10885.58	10834.02	182672	0.33237	147892835	129250957675	228.23
	3	1310-16000	16251.02	16251.02	<u>62138</u>	<u>0.11306</u>	114055690	229223753450	565.51
	Total				549607	1.00000			
4	1	0-350	4080.17	4062.76	239633	0.43601	44105820	10229850600	93.87
	2	360-850	8234.02	8125.52	176284	0.32074	99467750	59674949700	141.90
	3	860-1600	12144.79	12188.28	98105	0.17850	113917950	136510187500	207.68
	4	1610-16000	16251.02	16251.02	<u>35585</u>	<u>0.06475</u>	75717175	173695629625	594.72
	Total				549607	1.00000			
5	1	0-280	3297.02	3250.02	195802	0.35626	30115580	5746883600	75.45
	2	290-600	6408.63	6500.40	153210	0.27876	65208640	29029925200	91.24
	3	610-1100	9864.65	9750.60	112367	0.20445	92482035	78382494925	141.99
	4	1110-1900	13120.09	13000.80	68582	0.12478	97468610	141789386550	218.25
	5	1910-16000	16251.02	16251.02	<u>19646</u>	<u>0.03575</u>	47933830	125161927150	646.41
	Total				549607	1.00000			

Continuación de la Tabla 2

Estrato h	$W_h$ $\nabla x_h$	$\frac{W_h \nabla X_h}{\sum W_h \nabla X_h}$	$\sum n_h = r$	$\frac{W_h^2 \nabla X_h^2}{n_h}$	(fpc) <sub>h</sub>	$\frac{W_h^2 \nabla_{x_h}^2 (fpc)_h}{n_h}$	$\sqrt{V(X_{st})}$	$\bar{X}$	% coeficiente de variación
1	569.24	1.00000	200	1620.17	0.99964	1619.59	40.24	606.27	6.64
1	167.36	0.55340	111	252.32	0.99973	252.25			
2	<u>135.06</u>	<u>0.44660</u>	<u>89</u>	204.95	0.99933	<u>204.81</u>			
Total	302.42	1.00000	200			457.06	21.358	606.27	3.53
1	70.85	0.33634	67	74.91	0.99978	74.89			
2	75.86	0.36012	72	79.92	0.99961	79.89			
3	<u>63.94</u>	<u>0.30354</u>	<u>61</u>	67.01	0.99902	<u>66.94</u>			
Total	210.65	1.00000	200			221.72	14.89	606.27	2.46
1	40.96	0.25262	50	33.50	0.99979	33.49			
2	45.51	0.28089	56	36.99	0.99968	36.98			
3	37.07	0.22880	46	29.88	0.99953	29.87			
4	<u>38.51</u>	<u>0.23769</u>	<u>48</u>	30.89	0.99865	<u>30.85</u>			
Total	162.02	1.00000	200			131.19	11.45	606.27	1.89
1	26.88	0.20413	41	17.62	0.99979	17.62			
2	25.43	0.19312	39	16.59	0.99975	16.59			
3	29.03	0.22046	44	19.15	0.99961	19.14			
4	27.23	0.20679	41	18.09	0.99940	18.08			
5	<u>23.11</u>	<u>0.17550</u>	<u>35</u>	15.26	0.99822	<u>15.23</u>			
Total	131.68	1.00000	200			86.66	9.31	606.27	1.54

Estimaciones medias sobre subpoblaciones.

En este tipo de estimaciones es apropiada la introducción de una digresión, con respecto a este punto.

Muchas veces se necesita información con respecto a subpoblaciones, tales como levantamientos estadísticos de servicio general a usuarios comerciales e industriales o a usuarios con y sin aire acondicionado, sobre levantamientos domésticos. Tales subpoblaciones pueden estar presentes en todos los estratos.

Dado  $N_{hj}$ , como el número de unidades de la población en el estrato h y en la subpoblación j y similarmente  $n_{hj}$ , representa el número de unidades de la muestras del estrato h que esta también en la subpoblación j. Al sumar en todas las subpoblaciones se tienen las siguientes expresiones:

$$N_h = \sum_j N_{hj}$$

$$n_h = \sum_j n_{hj}$$

Será necesario registrar lo anterior para cada unidad de la muestra, desde que estrato viene y a que subpoblación pertenece. La complicación real en el análisis, aparece por que las  $N_{hj}$  son desconocidas en la mayoría de los casos y las  $n_{hj}$  son variables aleatorias.

Denotando la  $i$ -ésima unidad en el estrato  $h$  y subpoblación  $j$  por  $Y_{hij}$ , una estimación del valor total de  $Y$  para subpoblaciones  $j$ , están dadas por la expresión:

$$Y'_j = \sum_h \frac{N_h}{n_h} \sum Y_{hij}$$

De forma semejante, una estimación de la unidad de población total en la subpoblación  $j$  está dada por:

$$N'_j = \sum_h \frac{N_h n_{hj}}{n_h}$$

Al dividir el primer total por el segundo, se obtiene una estimación del valor medio  $y$  de la subpoblación  $j$ :

$$Y_j = Y'_j / N'_j$$

Se observa que esta es la estimación de una relación combinada en tanto que está sesgada y tiene una varianza aproximada tal como se estima a continuación:

$$v(Y_j) = \frac{1}{(N'_j)^2} \sum_L \frac{N_h^2 (fpc)_n}{n_h (n_h - 1)} [(Y_{hij} - Y_{hj}^2) + n_{hj} (1 - \frac{n_{hj}}{n_h}) (Y_{hj} - Y_l)^2]$$

### **3d.-EFECTO DE EXCLUSIÓN DE USUARIOS:**

Se debe hacer todo lo posible para evitar la exclusión de cualquier conjunto de unidades de una clase del estudio, porque si se les excluye, estos estudios no serán representativos. Por ejemplo, mucha gente tiene la creencia errónea de que los usuarios o unidades que hacen uso escaso o nulo de energía eléctrica, deben ser excluidos de la clase en los levantamientos estadísticos del proyecto. Tal exclusión no debería permitirse, ya que su eliminación tiene el efecto de cambiar la definición de la población, lo cual introduce en la estimación de la muestra un sesgo de las verdaderas características bajo estudio.

Sin embargo, en la mayoría de las clases de la investigación de nuestro proyecto, debe tolerarse algún sesgo debido a dicha exclusión, ya sea porque los usuarios la rechazan o debido a que en este sesgo no se puede medir su efecto en los resultados de la investigación, por lo cual este efecto es indeterminado. Por esta razón, en cualquier informe de investigación sobre los hallazgos de la investigación de la demanda eléctrica, deben mencionarse las circunstancias bajo las cuales se requirió la exclusión del conjunto de unidades.

La mayoría de las instalaciones del suministrador escogen reemplazar estas unidades de la muestra excluidas con otras.

El mejor procedimiento para la asignación de alternativas es hacer un esquema aleatorio más grande de cada estrato, tomando la primera  $n_h$  de éstas y sustituyendo el remanente, con el fin de introducir al esquema cuando se necesite.

#### Localización Geográfica Proporcional:

Para suministradores de energía eléctrica, cuya área de servicio es geográficamente grande, el envío precipitado y con aturdimiento del equipo de medición que ocurre cuando las unidades de la muestra alterna son seleccionados, puede involucrar un considerable tiempo

de viaje y costo. Este problema puede ser resuelto fácilmente por la localización de las muestras, dentro de cada estrato sobre una base proporcional a los diferentes sectores de operación de una compañía. Puesto que la localización entre los sectores sería proporcional, la muestra para cada estrato sería ponderada por si misma y no se requerirían definiciones formales de subestratos. Entonces a cada sector le correspondería su propia lista de la muestra y de las unidades alternas. Se debe tener precaución en la adopción de este procedimiento, ya que en algunos sectores de operación, pueden existir pocas unidades de población, las cuales no deberían quedar localizadas como unidades de muestra en ciertos estratos, ni en el levantamiento completo si el tamaño de la muestra total es pequeño.

Aunque la exclusión de un sector de operación, pudiera introducir un sesgo innecesario del levantamiento estadístico, este sesgo puede ser tolerado a cambio de la eficiencia de este procedimiento.

#### Movimiento Entre Estratos de Unidades de Muestra

Como se mencionó en el ejemplo doméstico, la pérdida de estabilidad de la variable de estratificación, puede dar origen a un problema, es decir, una unidad de muestra seleccionada de un nuevo valor de la característica de estratificación, la cual lo colocaría en otro estrato.

En las más rigurosas aplicaciones de los procedimientos estadísticos, hay que tener la capacidad de identificar el movimiento de unidades de la muestra entre estratos y tener la posibilidad de manejar la información de la población entera, cuando se haya modificado ésta. El mayor inconveniente de tal rearrreglo, sería que todas las unidades de la muestra dentro de un estrato rediseñado, pudiera, no tener la misma oportunidad de inclusión en la muestra y así la formula de la varianza ya no sería aplicable. Como una solución practica, lo mejor es suponer que el movimiento hacia arriba y hacia abajo de las unidades de la muestra es la escala de estratificación, corresponde burdamente a los movimientos de la población entera y así ignorar esos cambios en su conjunto.

Se puede proporcionar una solución más prudente al problema por la selección de una variable de estratificación, la cual sea estable. En el ejemplo domestico, el uso de energía eléctrica mensual en promedio para los cuatro meses de verano, puede revelar mayor estabilidad, que el uso de la energía eléctrica en el mes de agosto.

### Efecto de una Población no Constante

Otro problema serio en el análisis de la investigación estadística es la incapacidad de establecer una población estática, de la cual se toma una muestra aleatoria. La frecuencia de sustituciones de adición y supresión de los usuarios, es una función de la clase de servicio. Este problema, puede casi no existir para servicios gubernamentales e industriales, puede ser moderado para los establecimientos comerciales, y frecuente para servicios domésticos. Aunque no exista solución real a este problema, las siguientes sugerencias pueden ser útiles en la solución del problema:

- Considérese el uso de la energía eléctrica como una función de la localización y no del usuario
- Las distribuciones de frecuencia y estratificación, se usan solamente con usuarios activos.
- Levántense solo aquellas localizaciones con usuarios activos reemplazando los servicios inactivos alternos como se indicó en los conceptos anteriores.
- Cuando la población es muy grande en cada estrato, en la mayoría de los casos ignórese las localizaciones agregadas después del periodo de tiempo de la distribución de la frecuencia.
- Cuando en los estratos la población es muy pequeña, examínense prudentemente los cambios ocurridos en la mezcla de la población, precisamente antes del levantamiento estadístico.

### Efecto de las Fallas en la Recopilación de Datos.

En muchos casos la recolección de los datos en la investigación de la demanda eléctrica, está sujeta a una alta tasa de falla. Para ésto, deben prevenirse asignaciones en el diseño de cualquier levantamiento estadístico de la demanda eléctrica. En donde no haya estratos, el tamaño de la muestra debe ser tan pequeño, que existe una posibilidad de que debido al mal funcionamiento del medidor, instalación impropia o algún acto de la naturaleza, no se obtengan datos en un levantamiento dado, entonces si el tamaño de la muestra de un estrato variara de 1 a 6, la posibilidad de no recopilar datos para este estrato podría ser de 0.2, 0.04, 0.08, 0.016, 0.00032 y 0.000064 respectivamente.

## *Capítulo 4: Tarifas Eléctricas*

### **4a.- TARIFAS**

La máxima economía en la producción y distribución de energía eléctrica, depende en gran medida de que la carga total fuera aproximadamente constante. Esto no es posible, debido a que existen ciertas horas del día en las cuales los usuarios demandan más energía y otras en las cuales la demanda es mínima. Por otra parte, mediante el desarrollo de nuevas estructuras tarifarias, se puede incitar al usuario a que utilice la energía en las horas valle y no la utilice en las horas pico.

La recuperación financiera del Sector Eléctrico va unida a la política tarifaria fijada por las autoridades hacendarias del país, además de otras medidas, tales como el incremento de la productividad y la asunción de pasivos por parte del Gobierno Federal.

Las políticas que anteriormente se realizaron en forma sostenida por las partes involucradas en la recuperación del Sector Eléctrico, se tuvieron que adecuar y enfrentar a cambios particulares, los cuales sin cambiar los lineamientos generales, han alterado los resultados inmediatos dentro de un marco social y económico, que influyen sobre los avances logrados.

El ajuste de las tarifas que se han estado realizando en los últimos años, trata de compensar parcialmente los incrementos en los costos internos y externos con el consiguiente incremento en el precio real de la electricidad.

En la actualidad, en nuestro país, el consumo de energía es subsidiado, lo cual quiere decir que parte del costo de la energía eléctrica es pagada por el Gobierno Federal, el cual otorga este pago para el desarrollo de actividades prioritarias de interés general, a través de las dependencias y entidades a los diferentes sectores de la sociedad, con el propósito de: apoyar sus operaciones; mantener los niveles en los precios; apoyar el consumo, la distribución y la comercialización de los bienes; motivar la inversión; cubrir impactos financieros; promover la innovación tecnológica; así como para el fomento de las actividades agropecuarias, industriales y de servicios. Estos subsidios se otorgan mediante la asignación directa de recursos o a través de estímulos fiscales.

Por otra parte, la SHCP (Secretaría de Hacienda y Crédito Público) estableció que el 75% de los hogares mantendrán el subsidio eléctrico residencial porque consumen 140 KW/h o menos de electricidad al mes. Esta dependencia elaboró sus propias estimaciones considerando dos tarifas:

- Con **la tarifa residencial promedio**, únicamente los deciles de ingreso I, II y III mantendrían el subsidio eléctrico (25.29% de los hogares que demanda el servicio eléctrico).
- Con **las tarifas residenciales ponderadas**, ningún decil de ingreso mantendría el subsidio eléctrico.

Considerando la tarifa residencial promedio, cada hogar del decil VIII consumiría mensualmente 283.90 KW/h, siendo este el tope que se tendría que establecer para mantenerle el subsidio al 75% de los hogares.

Considerando la tarifa residencial ponderada, cada hogar del decil VIII consumiría mensualmente 200.68 KW/h, siendo este el tope de consumo que se tendría que establecer para mantenerle el subsidio al 75% de los hogares.

Nota: Los deciles de ingreso es un método para ordenar a los hogares del menor al de mayor ingreso, después se dividen en 10 grupos del mismo número de hogares, con ello se ubican los de menor ingreso en el primer decil y los del mayor en el décimo.

Debido a la escasa población que se exentaría del incremento de las tarifas eléctricas, se concluyó lo siguiente:

"...No se trata de eliminar el subsidio al consumo excedente sino, en todo caso, aumentar el subsidio cruzado (de los ricos a los pobres) y así bajar el subsidio gubernamental. Los hogares de bajos ingresos y bajos consumos eléctricos pueden seguir pagando bajas tarifas si los subsidian los consumidores de altos ingresos y altos consumos o si los subsidia el gobierno federal...El anuncio de la SHCP revela la intención de aumentar el subsidio cruzado y disminuir el gubernamental".

"Nuestra propuesta va encaminada hacia las autoridades competentes para que de manera urgente revisen el sistema de consumo eléctrico, para apoyar a las familias mexicanas ante la difícil situación económica que atraviesa México".

No es posible reducir la presión financiera a que se ha sometido el Sector Eléctrico y atender en forma eficaz la creciente demanda del mercado eléctrico, si no se hacen llegar recursos por la venta de energía eléctrica, que contribuyan a aliviar esta presión financiera y por consiguiente realizar inversiones en obras nuevas y así garantizar un oportuno suministro que vaya acorde a las necesidades del país.

### Objetivos de la Explotación de un Sistema de Producción Transmisión y Distribución de Energía Eléctrica

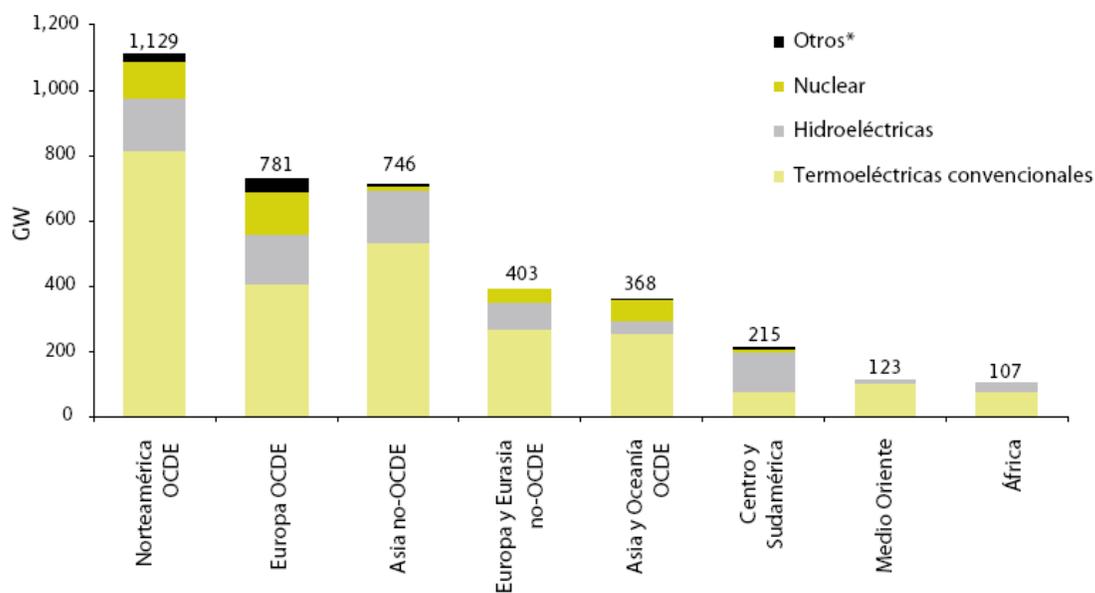
Las empresas encargadas de suministrar energía eléctrica a una determinada región , se fijan cierto número de objetivos entre los cuales destacan los siguientes:

- Asegurar en todo momento y en todo lugar el suministro de potencias activas y reactivas que los usuarios demanden.
- Elevar la productividad y optimizar los recursos para reducir los costos y aumentar la eficiencia de la empresa, así como promover la alta calificación y el desarrollo profesional de los trabajadores.
- Mantener una tasa de fallas inferior a 10 horas por año.
- Asegurar una duración media entre falla y falla mayor a 1000 horas.
- Garantizar que las tensiones se mantengan entre el 95% y el 105% de sus valores nominales; en México los valores límites de  $\pm 10\%$  de su valor nominal.
- Asegurar el costo mínimo tomando en cuenta los registros históricos de la explotación.

Costos:

Los medios disponibles para asegurar el abastecimiento de energía en una empresa suministradora, consisten básicamente en una o varias plantas generadoras. Los tipos más comunes de plantas son: las centrales térmicas clásicas, las centrales nucleares y las centrales hidráulicas que aprovechan las corrientes de agua y las que aprovechan el agua acumulada en sus embalses.

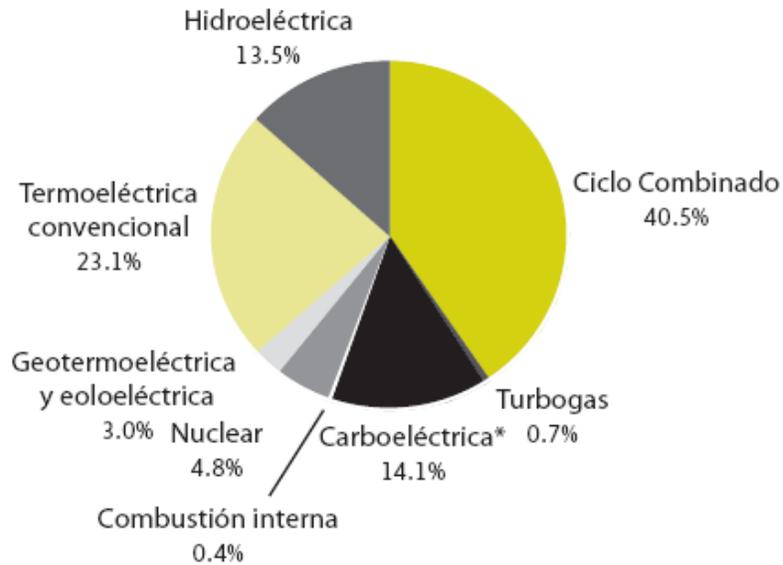
Durante 2005, la capacidad mundial instalada para la generación de energía eléctrica se incrementó en 3.3% respecto a 2004, ubicándose en 3,872 GW. En la Grafica 7 se muestra la capacidad mundial instalada para generación de energía eléctrica por región y tecnología, 2005



Grafica 7

En México se dispone de igual manera de las centrales geotérmicas, termoeléctrica, Hidroeléctrica, ciclo combinado, turbo gas, Carboeléctrica, combustión eléctrica, ciclo combinado y eoloelectricas. Tal como se muestra en la grafica 8

Año 2006  
225,079 GWh



Grafica 8

## Participación de los Energéticos y tecnologías en los Permisos Administrados



Energético	Utilización en la generación %	Tecnología	Capacidad Autorizada MW
Gas Natural	86.41	Ciclo Combinado	17 793
Viento	3.46	Ciclo Convencional	2319
Combustóleo	2.78	Turbinas de Gas	1938
Coque	2.30	Eoloeléctrica	1573
Carbón	2.28	Lecho Fluidizado	1128
Diesel	0.97	Combustión Interna	1112
Agua	0.76	Turbinas Hidráulicas	233
Bagazo de Caña	0.44	Importación	227
Gas dulce	0.15	Turbo-expansor	26
Gas de Coque	0.14		
Vapor	0.11		
Biogas	0.09		
Reacción Química			
Exotérmica	0.04		
Licor negro	0.04		
Gas Alto Horno	0.04		

Generación Potencial Anual = 166 007 GWh      Capacidad Autorizada = 26 268 MW

7 \*

Grafica 9

\*Grafica aportada por la Comisión Reguladora de Energía.

Los costos relacionados con este tipo de centrales, deben estar identificadas por separado como se ve a continuación:

1. COSTOS FIJOS (independientemente del hecho de que funcione o no funcione).
2. COSTOS HORARIOS por funcionamiento.
3. COSTOS HORARIOS proporcionales a la potencia suministrada por la central a la red.

#### Relación Entre Suministrador y Usuario.

Los contratos de suministro de energía de acuerdo con la Ley de Servicio Público de Energía Eléctrica, son el fundamento de la relación entre suministrador y usuario. Es decir, las tarifas se dictan en función del tipo de servicio, la demanda y la tensión de alimentación, la forma de regular la relación entre el suministrador y el usuario; de esta manera el usuario conoce lo que puede exigir al suministrador y también sabe de qué forma puede retribuirlo.

#### **4b.- TIPOS DE TARIFAS**

Las tarifas son el medio por el cual se puede facturar un bien o servicio, es en si una tabla o catálogo de precios.

El sector Eléctrico ha fijado por medio de las autoridades hacendarias, un cierto número de tarifas que dependen del uso a que vaya destinada la energía. En la mayoría de los casos cada tarifa tiene distintos niveles de consumo.

Los tipos de tarifas existentes en México son:

Usuario	Tarifa	Tensión	Cargo
Residencial <sup>1</sup>	1	Baja	Por energía en tres niveles:
	1A	Baja	- Básico -
	1B	Baja	Intermedio <sup>2</sup>
	1C	Baja	-Excedente
	1D	Baja	
	1E	Baja	
	1F	Baja	
	DAC	Baja	Fijo y por energía
Comercial	2	Baja	Fijo y por energía en tres niveles
	3	Baja	Por demanda y energía
Temporal	7	Baja	
Servicios públicos	5	Baja/media	Por energía
	5-A	Baja/media	
	6	Baja/media	Fijo y por energía
Agrícola <sup>5</sup>	9	Baja	Por energía con cuatro niveles
	9M	Media	
	9-CU	Baja/media	Por energía
	9-N	Baja/media	
	Industrial	O-M	Media
H-M		Media	
H-MC <sup>2</sup>		Media	
H-S <sup>3</sup>		Alta, nivel subtransmisión	
H-SL <sup>3</sup>		Alta, nivel subtransmisión	
H-T <sup>3</sup>		Alta, nivel transmisión	
H-TL <sup>3</sup>		Alta, nivel transmisión	
HM-R		Media	Fijo, por demanda y energía. Aplica en el servicio de respaldo para falla y mantenimiento
HM-RF <sup>3</sup>		Media	
HM-RM		Media	
HS-R		Alta, nivel subtransmisión	
HS-RF <sup>3</sup>		Alta, nivel subtransmisión	
HS-RM <sup>3</sup>		Alta, nivel subtransmisión	
HT-R <sup>3</sup>		Alta, nivel transmisión	
HT-RF <sup>3</sup>		Alta, nivel transmisión	
HT-RM <sup>3</sup>	Alta, nivel transmisión		

De acuerdo con información de la Comisión Federal de Electricidad, en nuestro país existen 35 tipos de tarifas, las cuales están clasificadas en dos grandes rubros, tarifas específicas y tarifas generales.

Dentro de las tarifas específicas se encuentran las tarifas para servicio doméstico, servicio público, agrícola y temporal, mientras que dentro de las tarifas generales están las tarifas para baja, media y alta tensión, y de servicio de respaldo e interrumpible. A continuación se define la aplicación de cada una de las tarifas pertenecientes a ambas clasificaciones y subclasificaciones:

## **A) Tarifas Específicas**

### ***1. Servicio Doméstico***

#### **Tarifa 1**

Esta tarifa se aplicará a todos los servicios que destinen la energía para uso exclusivamente doméstico, para cargas que no sean consideradas de alto consumo de acuerdo a lo establecido en la Tarifa DAC (domestica de alto consumo), conectadas individualmente a cada residencia, apartamento, apartamento en condominio o vivienda.

#### **Tarifa 1A**

Esta tarifa se aplicará a todos los servicios que destinen la energía para uso exclusivamente doméstico, para cargas que no sean consideradas de alto consumo de acuerdo a lo establecido en la Tarifa DAC, conectadas individualmente a cada residencia, apartamento, apartamento en condominio o vivienda, en localidades cuya temperatura media mensual en verano sea de 25 grados centígrados como mínimo.

#### **Tarifa 1B**

Esta tarifa se aplicará a todos los servicios que destinen la energía para uso exclusivamente doméstico, para cargas que no sean consideradas de alto consumo de acuerdo a lo establecido en la Tarifa DAC, conectadas individualmente a cada residencia, apartamento, apartamento en condominio o vivienda, en localidades cuya temperatura media mensual en verano sea de 28 grados centígrados como mínimo.

### **Tarifa 1C**

Esta tarifa se aplicará a todos los servicios que destinen la energía para uso exclusivamente doméstico, para cargas que no sean consideradas de alto consumo de acuerdo a lo establecido en la Tarifa DAC, conectadas individualmente a cada residencia, apartamento, apartamento en condominio o vivienda, en localidades cuya temperatura media mensual en verano sea de 30 grados centígrados como mínimo.

### **Tarifa 1D**

Esta tarifa se aplicará a todos los servicios que destinen la energía para uso exclusivamente doméstico, para cargas que no sean consideradas de alto consumo de acuerdo a lo establecido en la Tarifa DAC, conectadas individualmente a cada residencia, apartamento, apartamento en condominio o vivienda, en localidades cuya temperatura media mensual en verano sea de 31 grados centígrados como mínimo.

### **Tarifa 1E**

Esta tarifa se aplicará a todos los servicios que destinen la energía para uso exclusivamente doméstico, para cargas que no sean consideradas de alto consumo de acuerdo a lo establecido en la Tarifa DAC, conectadas individualmente a cada residencia, apartamento, apartamento en condominio o vivienda, en localidades cuya temperatura media mensual en verano sea de 32 grados centígrados como mínimo.

### **Tarifa 1F**

Esta tarifa se aplicará a todos los servicios que destinen la energía para uso exclusivamente doméstico, para cargas que no sean consideradas de alto consumo de acuerdo a lo establecido en la Tarifa DAC, conectadas individualmente a cada residencia, apartamento, apartamento en condominio o vivienda, en localidades cuya temperatura media mensual en verano sea de 33 grados centígrados como mínimo.

### **Tarifa Doméstica de Alto Consumo (DAC)**

Esta tarifa se aplicará a los servicios que destinen la energía para uso exclusivamente doméstico, individualmente a cada residencia, apartamento, apartamento en condominio o

vivienda, considerada de alto consumo o que por las características del servicio así se requiera.

Se considera que un servicio es de alto consumo cuando registra un consumo mensual promedio superior al límite de alto consumo definido para su localidad.

El límite de alto consumo se define para cada localidad en función de la tarifa en la que se encuentre clasificada, como lo indica el cuadro siguiente:

Tarifa 1: 250 (doscientos cincuenta) kWh/mes

Tarifa 1A: 300 (trescientos) kWh/mes

Tarifa 1B: 400 (cuatrocientos) kWh/mes

Tarifa 1C: 850 (ochocientos cincuenta) kWh/mes

Tarifa 1D: 1,000 (un mil) kWh/mes

Tarifa 1E: 2,000 (dos mil) kWh/mes

Tarifa 1F: 2,500 (dos mil quinientos) kWh/mes

Cuando el Consumo Mensual Promedio del usuario sea superior al Límite de Alto Consumo se le reclasificará a la Tarifa Doméstica de Alto Consumo.

## ***2. Servicio Público***

### **Tarifa 5**

Esta tarifa sólo se aplicará al suministro de energía eléctrica para el servicio a semáforos, alumbrado y alumbrado ornamental por temporadas, de calles, plazas, parques y jardines públicos. En las zonas conurbadas del Distrito Federal, Monterrey y Guadalajara.

### **Tarifa 5-A**

Esta tarifa sólo se aplicará al suministro de energía eléctrica para el servicio a semáforos, alumbrado y alumbrado ornamental por temporadas, de calles, plazas, parques y jardines públicos en todo el país exceptuándose las circunscripciones para las cuales rige la tarifa 5.

### **Tarifa 6**

Esta tarifa se aplicará al suministro de energía eléctrica para servicio público de bombeo de aguas potables o negras.

### **3. Agrícolas<sup>7</sup>**

#### **Tarifa 9**

Esta tarifa se aplicará exclusivamente a los servicios en baja tensión que destinen la energía para el bombeo de agua utilizada en el riego de tierras dedicadas al cultivo de productos agrícolas y al alumbrado del local donde se encuentre instalado el equipo de bombeo.

#### **Tarifa 9M**

Esta tarifa se aplicará exclusivamente a los servicios en media tensión que destinen la energía para el bombeo de agua utilizada en el riego de tierras dedicadas al cultivo de productos agrícolas y al alumbrado del local donde se encuentre instalado el equipo de bombeo.

#### **Tarifa 9-CU**

Esta tarifa se aplicará a los servicios en baja o media tensión que destinen la energía eléctrica para el bombeo de agua hasta por el volumen que es utilizado en el riego de tierras dedicadas al cultivo de productos agrícolas. Asimismo, se aplicará al alumbrado del local donde se encuentre instalado el equipo de bombeo.

### **4. Temporal**

#### **Tarifa 7**

Esta tarifa se aplicará a todos los servicios que destinen la energía temporalmente a cualquier uso, exclusivamente donde y cuando la capacidad de las instalaciones del suministrador lo permitan y éste tenga líneas de distribución adecuadas para dar el servicio.

## **B) Tarifas Generales**

### **1. Baja Tensión**

## **Tarifa 2**

Esta tarifa se aplicará a todos los servicios que destinen la energía en baja tensión a cualquier uso, con demanda hasta de 25 kilowatts, excepto a los servicios para los cuales se fija específicamente su tarifa.

## **Tarifa 3**

Esta tarifa se aplicará a todos los servicios que destinen la energía en baja tensión a cualquier uso, con demanda de más de 25 kilowatts, excepto a los servicios para los cuales se fija específicamente su tarifa.

## ***2. Media Tensión***

### **Tarifa O-M**

Esta tarifa se aplicará a los servicios que destinen la energía a cualquier uso, suministrados en media tensión, con una demanda menor a 100 kW

### **Tarifa H-M**

Esta tarifa se aplicará a los servicios que destinen la energía a cualquier uso, suministrados en media tensión, con una demanda de 100 kilowatts o más.

### **Tarifa H-MC**

Esta tarifa se aplicará a los servicios que destinen la energía a cualquier uso, suministrados en media tensión en la región Baja California, con una demanda de 100 kilowatts o más, y que por las características de utilización de su demanda soliciten inscribirse en este servicio, el cual tendrá vigencia mínima de un año.

## ***3. Alta Tensión***

### **Tarifa HS (Tarifa horaria para servicio general en alta tensión, nivel subtransmisión)**

Esta tarifa se aplicará a los servicios que destinen la energía a cualquier uso, suministrados en alta tensión, nivel subtransmisión, y que por las características de utilización de su demanda soliciten inscribirse en este servicio, el cual tendrá vigencia mínima de un año.

**Tarifa HS-L (Tarifa horaria para servicio general en alta tensión, nivel subtransmisión, para larga utilización)**

Esta tarifa se aplicará a los servicios que destinen la energía a cualquier uso, suministrados en alta tensión, nivel subtransmisión, y que por las características de utilización de su demanda soliciten inscribirse en este servicio, el cual tendrá vigencia mínima de un año.

**Tarifa HT (Tarifa horaria para servicio general en alta tensión, nivel transmisión)**

Esta tarifa se aplicará a los servicios que destinen la energía a cualquier uso, suministrados en alta tensión, nivel transmisión, y que por las características de utilización de su demanda soliciten inscribirse en este servicio, el cual tendrá vigencia mínima de un año.

**Tarifa HT-L (Tarifa horaria para servicio general en alta tensión, nivel transmisión para larga utilización)**

Esta tarifa se aplicará a los servicios que destinen la energía a cualquier uso, suministrados en alta tensión, nivel subtransmisión, y que por las características de utilización de su demanda soliciten inscribirse en este servicio, el cual tendrá vigencia mínima de un año.

***4. Servicio de Respaldo***

**Tarifa HM-R (Tarifa horaria para servicio de respaldo para falla y mantenimiento en media tensión)**

Esta tarifa se aplicará para el servicio de respaldo para falla y mantenimiento a productores externos, suministrado en media tensión, con una demanda de 500 kilowatts o más, y que por las características de utilización de su demanda soliciten inscribirse en este servicio.

**Tarifa HM-RF (Tarifa horaria para servicio de respaldo para falla en media tensión)**

Esta tarifa se aplicará para el servicio de respaldo para falla a productores externos, suministrado en media tensión, con una demanda de 500 kilowatts o más, y que por las características de utilización de su demanda soliciten inscribirse en este servicio.

**Tarifa HM-RM (Tarifa horaria para servicio de respaldo para mantenimiento programado en media tensión)**

Esta tarifa se aplicará para el servicio de respaldo para mantenimiento programado dentro del periodo establecido en este Acuerdo, a productores externos, suministrado en media tensión, con una demanda de 500 kilowatts o más, y que por las características de utilización de su demanda soliciten inscribirse en este servicio.

**Tarifa HS-R (Tarifa horaria para servicio de respaldo para falla y mantenimiento en alta tensión, nivel subtransmisión)**

Esta tarifa se aplicará para el servicio de respaldo para falla y mantenimiento a productores externos, suministrado en alta tensión, nivel subtransmisión, y que por las características de utilización de su demanda soliciten inscribirse en este servicio.

**Tarifa HS-RF (Tarifa horaria para servicio de respaldo para falla en alta tensión, nivel subtransmisión)**

Esta tarifa se aplicará para el servicio de respaldo para falla a productores externos, suministrado en alta tensión, nivel subtransmisión, y que por las características de utilización de su demanda soliciten inscribirse en este servicio.

**Tarifa HS-RM (Tarifa horaria para servicio de respaldo para mantenimiento programado en alta tensión, nivel subtransmisión)**

Esta tarifa se aplicará para el servicio de respaldo para mantenimiento programado, dentro del periodo establecido en este Acuerdo, a productores externos, suministrado en alta tensión, nivel subtransmisión, y que por las características de utilización de su demanda soliciten inscribirse en este servicio.

**Tarifa HT-R (Tarifa horaria para servicio de respaldo para falla y mantenimiento en alta tensión, nivel transmisión)**

Esta tarifa se aplicará para el servicio de respaldo para falla y mantenimiento a productores externos, suministrado en alta tensión, nivel transmisión, y que por las características de utilización de su demanda soliciten inscribirse en este servicio.

**Tarifa HT-RF (Tarifa horaria para servicio de respaldo para falla en alta tensión, nivel transmisión)**

Esta tarifa se aplicará para el servicio de respaldo para falla a productores externos, suministrado en alta tensión, nivel transmisión, y que por las características de utilización de su demanda soliciten inscribirse en este servicio.

**Tarifa HT-RM (Tarifa horaria para servicio de respaldo para mantenimiento programado en alta tensión, nivel transmisión)**

Esta tarifa se aplicará para el servicio de respaldo para mantenimiento programado dentro del periodo establecido en este Acuerdo, a productores externos, suministrado en alta tensión, nivel transmisión, y que por las características de utilización de su demanda soliciten inscribirse en este servicio.

**5. Servicio Interrumpible**

**Tarifa I-15**

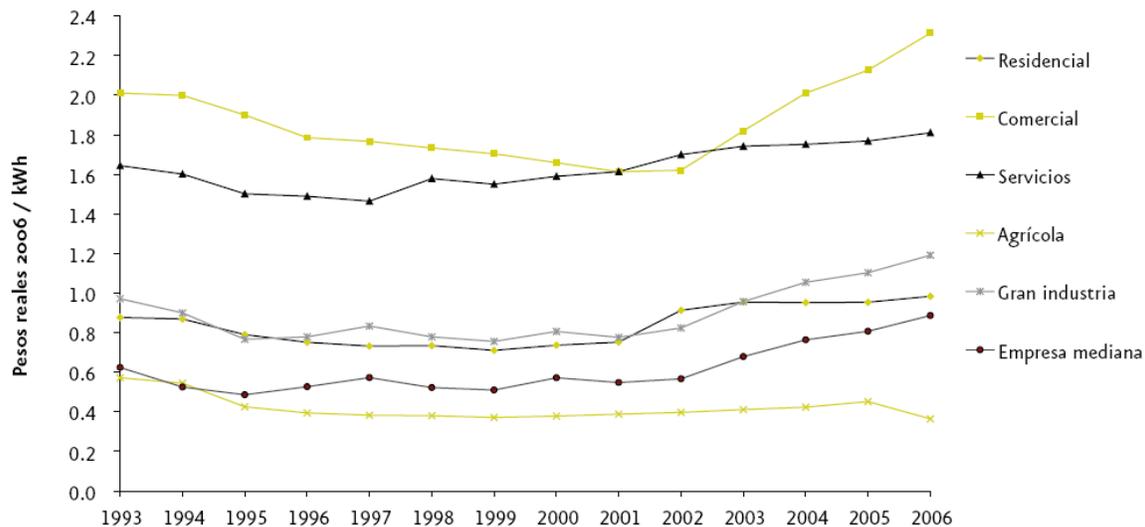
Esta tarifa será aplicable a los usuarios de las tarifas H-S, H-T, H-SL y H-TL que soliciten inscribirse adicionalmente en este servicio y que tengan una demanda máxima medida en período de punta, semipunta, intermedio o base, mayor o igual a 10,000 (diez mil) kilowatts durante los tres meses previos a la solicitud de inscripción. La inscripción a este servicio tendrá vigencia mínima de un año.

**Tarifa I-30**

Esta tarifa será aplicable a los usuarios de las tarifas H-S, H-T, H-SL y H-TL que soliciten inscribirse adicionalmente en este servicio y que tengan una demanda máxima medida en período de punta, semipunta, intermedio o base, mayor o igual a 20,000 (veinte mil) kilowatts durante los tres meses previos a la solicitud de inscripción. La inscripción a este servicio tendrá vigencia mínima de un año.

De acuerdo con la Comisión Federal de Electricidad la siguiente grafica muestra los precios reales de las tarifas de energía eléctrica hasta el 2006

Precios reales de las tarifas de energía eléctrica por tipo de usuario, 1996-2006  
(Pesos 2006/kWh)



Fuente: CFE.

Grafica 10

#### 4c.- EJEMPLO DE TARIFAS Y RECIBOS DE CONSUMO DE ELECTRICIDAD

Como se ha mencionado anteriormente las tarifas eléctricas se clasifican en tarifas específicas y tarifas generales

##### Tarifas específicas

Domésticas	1 1A 1B 1C 1D 1E 1F Cuotas mensuales autorizadas
Domésticas de alto consumo	DAC Cuotas mensuales autorizadas
Servicios públicos	5 5-A 6 Cuotas mensuales autorizadas
Agrícolas	9 9M 9-CU 9-N Cuotas mensuales autorizadas

Temporal	7 Cuotas mensuales autorizadas
Acuícola	EA

**Tarifas generales**

En baja tensión	2 3 Cuotas mensuales autorizadas
En media tensión	O-M H-M H-MC Cuotas mensuales autorizadas
Con cargos fijos	OMF H-MF H-MCF < TD> Cuotas mensuales autorizadas
En alta tensión	HS HS-L HT HT-L Cuotas mensuales autorizadas
Con cargos fijos	H-SF H-SLF H-TF H-TLF Cuotas mensuales autorizadas
Servicio de respaldo	HM-R HM-RF HM-RM HS-R HS-RF HS-RM HT-R HT-RF HT-RM Cuotas mensuales autorizadas
Servicio interrumpible	I-15 I-30 Cuotas mensuales autorizadas

Ejemplos de recibos

Recibos de Consumo de electricidad emitidos por la compañía de luz y fuerza del centro:



La comisión Federal de electricidad emite recibos diferentes para la facturación del consumo eléctrico los cuales varían dependiendo del tipo de tarifa.

Para la tarifa 2, 5, 5A, 6, 9 y 9M se tiene el siguiente recibo :

**CFE COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD**

Adelanto anterior: \$799.51 | Pagos: \$799.00 | Cargos/Vencidos: \$684.75 | Monto a pagar: \$685.00

Fecha e inicio de pago: 04 ABR 02 | Cierre a partir de: 05 ABR 02

Ubicación del suministro: **ALVARADO GOMEZ FIDEL VICENTE GUERRERO TAMPICO ALTO, VER.**

Domicilio fiscal: **AVISO-RECIBO**

Número de servicio: **006 881 200 235**

Periodo de consumo: **10 FEB 02 A 13 MAR 02** | Día: 02 | Tarifa: 02 | Hilo: 5 | Consumo kWh por día: 7.54 | Uso General: <25kWh

Módulo: **UE35V6 15455 14987** | Lecturas: Anterior: 1 | Consumo kWh: 468

**COMPROMISOS CON LA EMPRESA**

**CALCULO DEL IMPORTE DE SU FACTURACION**

Concepto	kWh	Prezio	Total
Tarifa Escalón	100	0.845	84.50
2do. Escalón	100	1.145	114.50
Excedente	268	1.291	337.94
Cargo fijo (2)		24.25	58.50
<b>SUMA</b>	<b>468</b>		<b>585.44</b>

**CONCEPTOS IMPORTE**

Energía	525.44
I.V.A.	89.31
Fac. del Periodo	684.75
Adelanto Anterior	799.51
Su pago	799.00
<b>Total</b>	<b>\$685.25</b>

**AVISOS IMPORTANTES**

- Gracias por su pago efectuado el 04 FEB 02 por \$ 799.00
- Para transformarse para servicio mejor.
- Servicio a clientes Teléfono 971

Fecha y lugar de expedición: **25 MAR 02, TAMPICO, TAMPS.**  
 Suc: **(SEISCIENTOS OCHENTA Y CINCO PESOS 28/100 M.N.)**

Secretaría de Contratación, Cuentas y Deudas al teléfono: **91 836 717 88 82**

**COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD**

Monto a pagar: **\$685.00**  
 (SEISCIENTOS OCHENTA Y CINCO PESOS 00/100 M.N.)

Ref. Movimiento: **0008 8130 8234 0204 8237** | 91 83671788 82

Clave de servicio: **Reporte** | TALON DE CAJA

Para las tarifas 3 y 0M se tiene el siguiente recibo

**CFE COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD**

Adelanto anterior: \$26,722.00 | Pagos: \$26,722.00 | Cargos/Vencidos: \$23,911.27 | Monto a pagar: \$23,911.00

Fecha e inicio de pago: 01 AGO 02 | Cierre a partir de: 31 AGO 02

Ubicación del suministro: **EMPRESA S.A. DE C.V. INDUSTRIAL GUADALUPE, N.L.**

Domicilio fiscal: **TORRE GUAMANTE (SAP) MONTERREY, N.L. 66584 961301 5465**

Número de Servicio: **986 081 200 012**

Periodo de consumo: **01 AGO 02 al 31 AGO 02** | Demanda contratada kWh: 110 | Tarifa: 0M

**CONCEPTOS IMPORTE**

Energía	23,911.27
I.V.A.	89.31
Fac. del Periodo	684.75
Adelanto Anterior	799.51
Su pago	799.00
<b>Total</b>	<b>\$23,911.00</b>

**AVISOS IMPORTANTES**

- Para transformarse para servicio mejor.
- Para transformarse para servicio mejor.
- Para transformarse para servicio mejor.

Fecha y lugar de expedición: **01 SEP 02, MONTERREY, N.L.**  
 Suc: **(SEISCIENTOS OCHENTA Y CINCO PESOS 00/100 M.N.)**

Secretaría de Contratación, Cuentas y Deudas al teléfono: **91 836 717 88 82**

**COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD**

Monto a pagar: **\$23,911.00**  
 (SEISCIENTOS OCHENTA Y CINCO PESOS 00/100 M.N.)

Ref. Movimiento: **0008 8130 8234 0204 8237** | 91 83671788 82

Clave de servicio: **Reporte** | TALON DE CAJA



el país. Se entiende que el sector eléctrico enfrenta graves dificultades para obtener los recursos necesarios para seguir creciendo. Para lograr que los usuarios modifiquen sus patrones de consumo de energía debe de implementarse nuevas estructuras tarifarias tales como:

- Tarifas horarias: consiste en gravar los consumos de energía dentro de las horas pico del sistema y estimular a los usuarios al consumo de energía en horas valle. La reducción del pico de demanda permitirá transferir el uso de la energía hacia periodos del día en los que pueda aprovecharse la capacidad de unidades generadoras más eficientemente y de menor costo de operación.
- Tarifas estacionales: se basan en la temperatura de las estaciones del año, este tipo de tarifas trata de ayudar a los usuarios de energía eléctrica de las regiones con temperaturas extremas (muy calientes o muy frías), debido a que este tipo de usuarios consumirán más energía eléctrica. Este tipo de usuarios se les puede orientar a la utilización de pequeñas plantas generadoras que utilicen gasolina en las horas pico. En un principio el criterio para la utilización de este tipo de tarifas es que la temperatura de la localidad debe tener una temperatura de 25°C o mayor durante 2 meses consecutivos.
- Tarifas de localización geográfica: El principal objetivo de estas tarifas es estimular la descentralización de la población de las grandes concentraciones urbanas, creando con esto focos de desarrollo e impulsando a los ya existentes, en ciudades poco pobladas y de ser posible tratar de llevar estos lugares relativamente cerca de las grandes planta hidroeléctricas o termoeléctricas existentes.

Al aplicar estas estructuras tarifarias o combinaciones de las mismas a las tarifas ya existentes podremos lograr un mejor uso de la energía y una facturación más justa del consumo de energía eléctrica.

#### **4e.- SERVICIOS INTERRUMPIBLES**

En la administración de la demanda eléctrica existen dos tipos básicos para el corte de carga.

1. Medios Directos: como el corte de carga por subestaciones, alimentador, consumidor o bien cargas seleccionadas.
2. Medios Indirectos, como el empleo de una estructura tarifaria diferenciada o tarifa horaria.

Debido a la idiosincrasia del mexicano el corte de carga directo no sería aceptado por lo tanto, el corte de carga indirecto de autorregulación voluntaria se considera el instrumento más justo para lograr la administración de la demanda eléctrica que la desconexión de cargas controlada por la empresa eléctrica.

#### **4f.-EVALUACIÓN DE LAS TARIFAS VIGENTES:**

El objeto de la evaluación de las tarifas vigentes es ver hasta que punto se está subsidiando las dichas tarifas. El sistema eléctrico nacional cuenta con 35 tarifas algunas de las cuales tienen mayor subsidio que otras.

La Comisión Federal de Electricidad destinará un subsidio de 106 mil 570 millones de pesos (mdp) para las tarifas eléctricas de 2009, cifra 44.7 por ciento superior al aplicado este año por la entidad de 73 mil 616 mdp.

De acuerdo con el Proyecto de Presupuesto de Egresos de 2009, la CFE prevé incorporar más de un millón de usuarios y fortalecer la modernización de los servicios al cliente, a través de la mejora en instalaciones, productos y servicios.

Entre los servicios a mejorar están: la reducción de los tiempos en la contratación de

servicios, un menor plazo de conexión de usuarios y la disminución de errores en la toma de lectura.

Si todo este subsidio se eliminara por completo o por lo menos se redujera se podría ayudar a otros sectores que también necesitan del dinero lo que daría una mejor calidad de vida.

#### Conceptos básicos que intervienen en la aplicación de las tarifas:

##### Concurrencia de tarifas:

Cuando el usuario destine la energía suministrada en un solo punto de entrega a dos o más de los usos previstos en las presentes tarifas y la instalación no pueda separarse para contratar individualmente los respectivos servicios, el suministrador aplicará la tarifa específica o la general que corresponda a la tensión del servicio, a la demanda y al uso principal a que se destine la energía eléctrica.

Si las instalaciones pueden separarse, el usuario quedará obligado a llevar a cabo la separación y convendrá con el suministrador el tiempo necesario para efectuarla y una vez efectuada se contratarán los servicios para aplicar la correspondiente tarifa a cada uno de ellos.

En caso de que el usuario no celebre el convenio o no efectúe la separación en el plazo convenido, el suministrador, aplicará la tarifa que determine la mayor facturación que corresponda a las características del servicio.

##### Carga total conectada:

Será igual a la suma máxima de los aparatos y motores que participan en el consumo en forma simultánea, esto es, para dimensionar el equipo de medición y si procede el suministro en dicha zona.

### Demanda Contratada:

La demanda contratada la fijara inicialmente el usuario; su valor no será menor del 60% de la carga total conectada, ni menor de 10 Kilowatts o la capacidad del mayor motor o aparato instalado.

En el caso de que el 60% de la carga total conectada exceda la capacidad de la subestación del usuario, sólo se tomará como demanda contratada la capacidad de dicha subestación a un factor de 90%.

### Depósitos de Garantía:

Es el importe que garantice suficientemente el valor de las facturaciones, que por circunstancias no pueda pagar el usuario, su valor se calcula de acuerdo a la tarifa aplicable.

Resulta de aplicar 2 veces el importe del cargo por demanda máxima medida a la demanda contratada.

### Mínimo Mensual:

El importe que resulta de aplicar 10 veces el cargo por kilowatt de demanda máxima medida.

### Demanda máxima medida:

La demanda máxima medida se determinará mensualmente por medio de instrumentos de medición, que indican la demanda media en kilowatts, durante cualquier intervalo de 15 minutos, en el cual el consumo de energía eléctrica sea mayor que en cualquier otro intervalo de 15 minutos en el periodo de facturación.

Cualquier fracción de kilowatt de demanda máxima medida se tomará como kilowatt completo.

Cuando la demanda máxima medida exceda de 100 kilowatts, el usuario deberá solicitar al suministrador su incorporación a la tarifa H-M. De no hacerlo, al tercer mes consecutivo en que exceda la demanda de 100 kilowatts, será reclasificado por el suministrador en la tarifa H-M, notificando al usuario.

#### Factor de potencia:

En el periodo de facturación, si el factor de potencia promedio es menor del 85% atrasado, el suministrador tendrá derecho a cobrar al usuario la cantidad que resulte de multiplicar la facturación normal, por el coeficiente que se obtenga de dividir la cantidad de 85% entre el factor de potencia medio atrasado, observado en el periodo de facturación o sea:

$$\text{carga por bajo factor de potencia} = \text{facturación neta} - \text{facturación normal}$$

$$\text{facturación neta} = \frac{\text{facturación normal} \times 85\%}{\text{factor de potencia registrado en \%}}$$

Estimaciones de consumo y demanda:

Se presentan 3 casos en los cuales deben hacerse estimaciones:

1. Por averías en el equipo: el consumo se estimara de acuerdo al promedio de los 3 últimos registros, excepto en tarifa 1 que será conforme al consumo del mismo mes del año anterior. Cuando sea necesario estimar la demanda, se hará en base al promedio aritmético de los 3 últimos factores de carga que haya registrado el servicio
2. Por no instalar equipo de medición: Cuando por algún motivo el suministro se llegue a conectar en forma directa, se hará previamente a la conexión un convenio con el usuario sobre las bases de la estimación: como los servicios tienen características

diferentes, no hay ninguna metodología a seguir pero para proporcionar una idea de la demanda máxima, podría ser del 40 % de la carga total conectada y el factor de carga se podría obtener de algún usuario con el mismo giro, esto es a lo que se refiere a servicios en alta tensión. Para servicios en baja tensión, se podrán instalar en forma directa por las siguientes circunstancias:

- Por falta de medidores.
  - Por corresponder a servicios rurales muy alejado.
3. Por no tomar lecturas a los aparatos de medición: se seguirán las mismas instrucciones que se anotan en el caso “a”.

#### Medición de los servicios.

1. Es obligación de la Comisión Federal de Electricidad instalar por su cuenta los equipos y aparatos necesarios para determinar el consumo de energía, la demanda o potencia máxima y el factor de potencia. Los métodos de medición deben corresponder con las normas vigentes aprobadas por las autoridades de la materia y la Ley del Servicio de Energía Eléctrica.
2. Será necesario a fin de incluir en las facturaciones que se expiden a los usuarios, los cargos por consumo, demanda y/o factor de potencia, autorizadas por las tarifas.
3. Medición de alta tensión a solicitud del usuario. Cuando deba medirse en el lado de baja tensión, pero el usuario solicite se efectúe la medición en el lado de alta tensión, se podrá acceder a la solicitud siempre y cuando el usuario cubra el costo del equipo de transformación.

Tensión de suministro:

Para los fines de las tarifas vigentes, se entenderá como suministro en baja tensión, todo aquel servicio abastecido a las tensiones que correspondan a los valores indicados por la norma oficial. Para efectos de contratación, se entenderá que los valores en baja tensión disponibles será de 220 volts entre fases y 120 volts a neutro. Para fines prácticos la alta tensión se define con los valores disponibles de 4160 volts en adelante.

Cargo o Bonificación del 2% en el importe de la facturación básica por medición en el lado secundario o primario del transformador:

Los servicios que se proporcionen en alta tensión, el suministrador podrá efectuar la medición de la energía eléctrica consumida y de la demanda máxima, bien sea por el lado del secundario o en el lado del primario de los transformadores del usuario. Si en los servicios con tarifa de alta tensión la medición se hiciere en el lado del secundario, las facturaciones se aumentarán en un 2%.

En los servicios con tarifa de baja tensión si la medición se hiciere en el lado primario del transformador del suministrador, se hará una bonificación del 2% al importe de la facturación básica.

## ***Capítulo 5: Proyección de mejoramiento de la demanda eléctrica***

La Administración de la demanda tiene por objetivo, mejorar la curva de demanda de un sistema eléctrico con el único fin de obtener beneficios económicos, tales como el mejor aprovechamiento de la capacidad de generación instalada y ahorros en costos de producción.

En un sistema con capacidad de reserva de generación adecuada, la modificación de la curva de carga, reduciendo el pico de demanda y traspasando parte del consumo de energía de las horas pico a horas valle.

En un sistema con restricciones de capacidad, la modificación de la curva de carga permite reducir el monto de las inversiones que se requieren a corto plazo para obtener una reserva de potencia suficiente.

### **5a.- FUNDAMENTOS PARA EL MEJORAMIENTO**

En general existen 2 métodos para instrumentar un programa de administración de la demanda eléctrica.

1. Medios directos como el corte de carga por subestación o alimentador o bien en forma discriminada por consumidor o por cargas seleccionadas.
2. Medios indirectos como el empleo de una estructura tarifaria diferenciada, que grave los consumos dentro de las horas pico del sistema y estimule los consumos durante las horas valle. Las tarifas diferenciadas entre las que se encuentran las tarifas horarias reflejan en forma más exacta que las tarifas convencionales, los costos incurridos en la producción de energía en las horas valle y pico. Dichas tarifas pueden estar basadas en costos marginales o en costos promedio por periodo, se han empleado durante varios años en países europeos como Francia e Inglaterra la Public Utility Regulatory Policies Act (PURPA), que obliga a las comisiones

reguladoras estatales a revisar el costo de las empresas eléctricas a considerar la aplicación de tarifas horarias.

Predecir el comportamiento de un proceso de suministro de un servicio es estimar aquellas cosas que pueden ocurrir en el futuro y su efecto sobre el trabajo que el administrador y su equipo de trabajo van a realizar y en consecuencia, sobre los objetivos que deben alcanzar.

Además aunque la predicción se hace fundamentalmente antes del establecimiento de los objetivos, el administrador efectivo continuará aplicando los principios de la predicción en toda la investigación. De esta manera se puede prever cualquier factor de un servicio nuevo o diferente y modificar su plan de acción.

#### **5b.- PROYECCIONES DE LARGO PLAZO EN LA DEMANDA ELÉCTRICA**

En la actualidad los planes a mediano plazo y las proyecciones que le sirven de base, se difunden en la mayoría de los países de economía mixta, como es el caso de México.

Las proyecciones de largo plazo permiten a la planeación de la demanda eléctrica una visión más amplia, ofreciéndole una perspectiva de mayor horizonte temporal que realiza problemas fundamentales que no se vislumbran durante el término del plan. De este modo se logra también una mayor libertad de elección en los procesos a seguir.

Las proyecciones de largo plazo son necesarias en la demanda eléctrica puesto que están muy relacionadas con el crecimiento de la población partiendo de los principios de que la población tiende a aumentar y que existen obstáculos que limitan el crecimiento en las instalaciones para el suministro eléctrico y por lo tanto esto implica que deben efectuarse una serie de proyecciones y estimaciones para poder satisfacer la demanda eléctrica creciente.

En la actualidad las proyecciones energéticas internacionales indican que los combustibles de mayor utilización en la generación de electricidad seguirán siendo el carbón y el gas

natural, mostrando este último el mayor crecimiento hacia 2016. En el caso del carbón, dada la menor volatilidad en sus precios, se espera que aumente su utilización en diversos países, mientras que el gas natural continuará creciendo de manera inversa al comportamiento esperado en el consumo de derivados del petróleo, los cuales por razones de sustentabilidad ambiental, paulatinamente disminuirán su participación en la generación mundial de energía eléctrica.

Durante el periodo 2004-2015, se espera que el consumo mundial de energía eléctrica por habitante se incremente en 2.0% anual, al pasar de 2,416 kWh/habitante en 2004 a 3,007 kWh/habitante en 2015 (véase cuadro 2). Las regiones con mayor consumo de electricidad por habitante en el ámbito mundial son Norteamérica y los países de Asia miembros de la OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico). En el caso de Norteamérica, se estima que hacia 2015 el consumo por habitante se ubicará en 11,496 kWh/habitante. Asimismo, hacia el final del periodo, en Asia el consumo se estima en 9,167 kWh/habitante, con un crecimiento anual de 2.0% que será impulsado principalmente por Corea del Sur.

Consumo mundial de energía eléctrica por habitante, 2004-2015  
(KWh/habitante)

	2004	2010	2015	tmca 2004-2015 (%)
<b>Mundial</b>	<b>2,416</b>	<b>2,784</b>	<b>3,007</b>	<b>2.0</b>
OCDE	7,720	8,426	8,834	1.2
Norteamérica	10,333	11,020	11,496	1.0
Europa	5,713	6,157	6,398	1.0
Asia	7,412	8,658	9,167	2.0
No OCDE	1,235	1,581	1,807	3.5
Europa y Eurasia	3,988	5,432	6,356	4.3
Asia	975	1,312	1,559	4.4
Medio Oriente	2,758	3,153	3,286	1.6
África	529	557	592	1.0
Centro y Sudamérica	1,830	2,315	2,627	3.3

A diferencia de este último, en Japón los mercados de energía eléctrica se caracterizan por ser maduros, lo cual aunado a su población en proceso de envejecimiento y un crecimiento

económico que se espera sea relativamente moderado en el mediano plazo, se traduce en un lento crecimiento en la demanda de energía eléctrica. En contraste, además de Corea del Sur, para el mediano plazo se tienen proyectados niveles de ingreso más robustos y crecimiento poblacional en Australia y Nueva Zelanda, lo cual conducirá a un crecimiento más acelerado en la demanda de electricidad.

Por otra parte, en conjunto el mayor crecimiento del consumo se presentará en países no miembros, con 3.5% en promedio anual. Entre estos países se estima que la región de Asia mostrará el dinamismo más fuerte con 4.4% durante 2004-2015, llegando a un nivel de consumo de 1,559 kWh/habitante al final del periodo.

En México, dicha planeación se orienta hacia la seguridad energética, la diversificación de fuentes primarias y la sustentabilidad ambiental bajo un entorno de mayor rigurosidad en la normatividad, así como de la necesidad de mejorar la competitividad y eficiencia de las empresas públicas, lo cual deberá reflejarse en los precios de la energía a los consumidores finales.

No obstante, para llevar tales planes a buen término, se requiere revisar y adecuar el orden jurídico vigente de tal forma que sea posible dotar de mayor certidumbre a la inversión privada en sus actividades complementarias a la prestación del servicio público de energía eléctrica.

Esto implica no dejar de lado la importancia que tiene el esquema regulatorio en la industria, el cual deberá en todo momento seguir promoviendo la eficiencia y un mejor desempeño de los participantes.

En materia de seguridad energética y equilibrio ambiental en el sector eléctrico, los esfuerzos de la presente administración apuntan hacia el desarrollo de energías renovables como la hidráulica, eólica, solar, biomasa, mini-hidráulica y bioenergética, entre otras, así como las posibilidades que con el desarrollo tecnológico actualmente brinda la energía

nuclear en las estrategias de mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero, principales precursores del calentamiento global.

Es evidente el impacto que en la vida moderna tiene el suministro oportuno y de calidad de energía eléctrica. Por ello, se requiere seguir sumando esfuerzos en lograr una cartera de tecnologías de generación diversa así como la infraestructura de transmisión correspondiente que garantice la flexibilidad y confiabilidad en el despacho de energía al menor costo para el país, lo cual mediante los instrumentos y mecanismos regulatorios apropiados podrá significar un puntal para el desarrollo económico de muchas regiones que aún en la actualidad no cuentan con dicho servicio. Y es precisamente en estas comunidades, donde existe la oportunidad de orientar los esfuerzos en materia de aprovechamiento de energías renovables para brindar energía eléctrica a los sectores de población que más lo necesitan, mediante el aprovechamiento sustentable de dichos recursos.

Con base en el marco jurídico actual, la prestación del servicio público de energía eléctrica deberá aprovechar tanto en el corto como en el largo plazo, la producción de energía eléctrica de mínimo costo y que ofrezca, además, óptima estabilidad, calidad y seguridad del servicio. Para ello, la Secretaría de Energía promueve hacer más eficiente la operación de las empresas suministradoras mediante una adecuada planeación con visión integral y de largo plazo, donde una de las principales premisas es garantizar la seguridad energética y establecer mecanismos de diversificación de fuentes de generación mediante la definición de criterios para las nuevas adiciones de capacidad a instalarse durante los próximos años.

Finalmente, se requiere continuar desarrollando las iniciativas y reformas al marco jurídico y regulatorio que permitan fortalecer al sistema eléctrico nacional mediante la mejora en los estándares de eficiencia en la operación de las empresas suministradoras, la modernización de las instalaciones y el incremento de la competitividad de las mismas en un contexto globalizado. Asimismo, es necesario seguir promoviendo el uso eficiente de la energía y, como ya se mencionó, la eficiencia operativa en las divisiones funcionales de la industria eléctrica: generación, transmisión y transformación, así como distribución y suministro.

La planeación de la capacidad adicional necesaria para satisfacer la demanda de energía eléctrica estimada para los próximos años se realiza con base en la evaluación técnica y económica de las diferentes configuraciones de los proyectos, seleccionando los proyectos de generación y transmisión que logran el menor costo total de largo plazo. Asimismo, el programa de expansión de capacidad considera la anticipación necesaria para su planeación acorde con el tiempo de maduración de cada proyecto.

Desde la construcción de una nueva central generadora hasta su entrada en operación comercial, transcurren de cuatro a seis años. Asimismo, en el caso de los proyectos de transmisión se requieren de tres a cinco años previos al inicio de operaciones de la nueva infraestructura.

### **5c.- ANÁLISIS DE LA CURVA DE DEMANDA**

La curva de demanda de energía eléctrica es la representación esquemática del uso de las instalaciones consumidoras de energía eléctrica durante las veinticuatro horas del día.

Uno de los objetivos del análisis de la curva de demanda de energía eléctrica, consiste en identificar las horas de máxima y mínima demanda en el sistema.

Obtención de la curva de demanda diaria promedio: esta se obtiene promediando los valores de demanda horaria de los días laborables del mes, excluyendo de este promedio los días de fin de semana y festivos, ya que presentan un comportamiento diferente a los días laborales. Las figuras 7a, 7b, 7c y 7d ilustran el procedimiento de la obtención de la curva de demanda diaria promedio en un edificio de oficinas.

Puede observarse en la figura 7a la demanda semanal, medida en intervalos de 10 minutos; la demanda de un día laborable y un día de fin de semana en las figuras 7b y 7c respectivamente; y en la figura 7d1 la superposición de los siete días de la semana y el día promedio.

Figura 7a  
Demanda cada 10 minutos

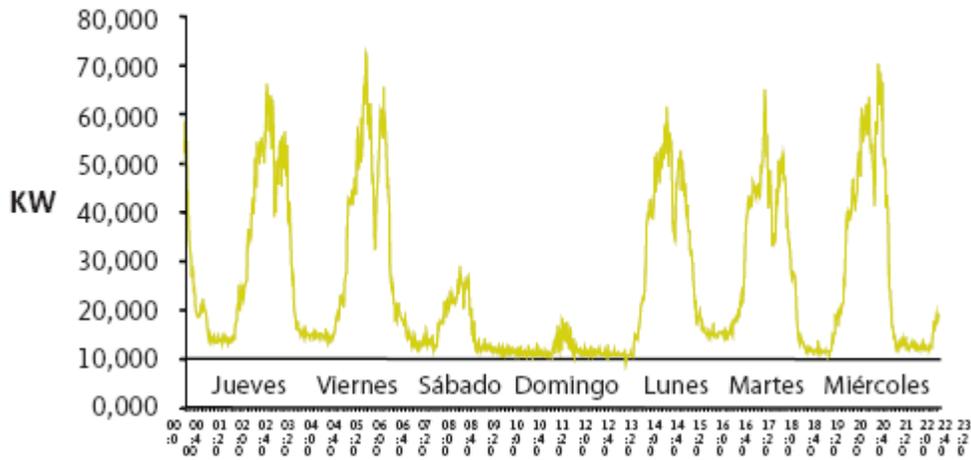


Figura 7b

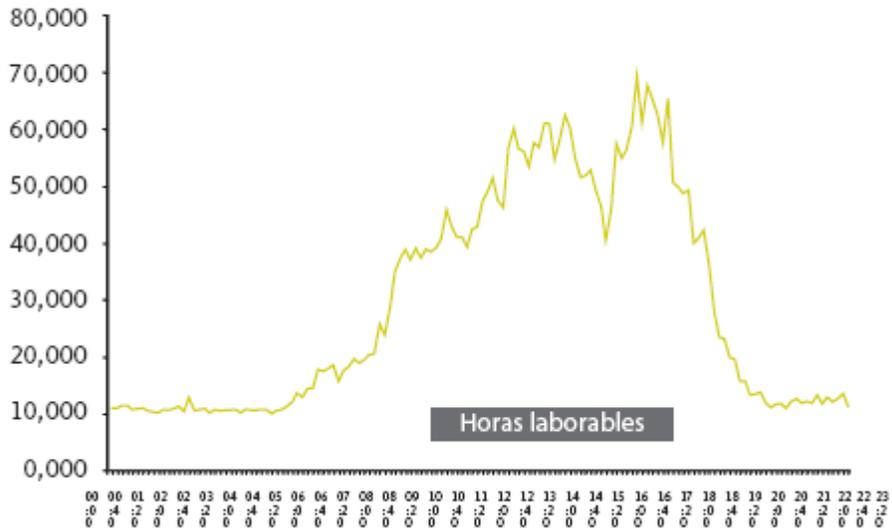


Figura 7c

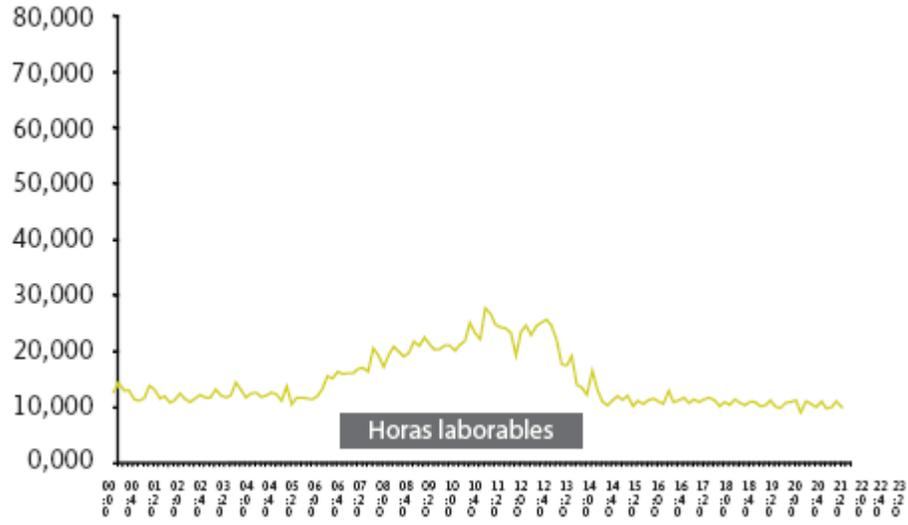
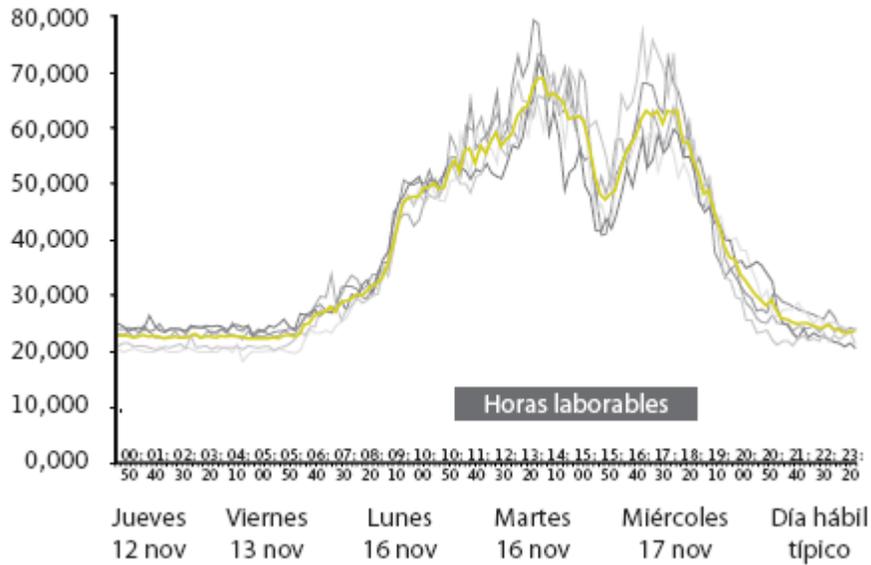


Figura 7d



(Fuente de consulta FIDE (Fideicomiso para el Ahorro de energía Eléctrica))

Ajuste diferencial mensual. Para aislar el impacto del consumo debido a los efectos del clima, se hace un ajuste en las curvas a lo largo del día. Este ajuste consiste en reducir la curva promedio del mes de mayor calor (mes de transición), hasta obtener la misma

magnitud de demandas horarias que tiene la curva promedio del mes de menor calor (mes de referencia). Esto se logra restándole a los consumos de las 24 horas de la curva del mes de transición, el consumo promedio de las diferencias entre las 10:00 de la mañana y las 5:00 de la tarde, de la curva promedio del mes de referencia y la curva promedio del mes de transición.

#### Reconocimiento de las condiciones climatológicas:

Debido a la gran variedad de climas existentes en nuestro país, se debe diseñar una tarifa eléctrica regional, la cual deberá ser aplicada únicamente regionalmente debido a la gran variedad de climas existentes en las diferentes regiones de nuestro territorio ya que se cuenta con una demanda de energía eléctrica tan diversa, según esas variaciones de climas, lo cual ocasiona distintas formas de distribución de la curva de demanda de energía eléctrica y esto estimularía la desconcentración de la población de las grandes ciudades.

Una de las clasificaciones más conocidas y utilizadas para los climas es la que Wilhelm Köppen propuso en 1936, la cual se basa en dos elementos del clima: la temperatura y la precipitación. En ella se contemplan cinco grupos climáticos representados por las letras mayúsculas A (tropical), B (seco), C (templado), D (frío) y E (polar); en el caso de los climas A, C y D se agregan letras minúsculas que representan la temporada de lluvias: f (lluvias durante todo el año), m (lluvia monzónica, muy intensa en verano y otoño), w (lluvias en verano), x (lluvias escasas todo el año) y s (lluvias en invierno). En México predominan los climas A, B y C; sólo en las partes más altas de su territorio se encuentran climas fríos.

#### Los climas tropicales (A)

Se distinguen porque su promedio de temperatura anual supera 18° C y su promedio de lluvia fluctúa entre 800 mm (en el clima Aw) hasta 4.000 mm (en el clima Af). Los climas tropicales se distribuyen en las llanuras costeras y en parte de los estados de Jalisco, Colima, Michoacán, Guerrero, Oaxaca, Chiapas, Morelos, Puebla, Veracruz, Tabasco y la mayor parte de la superficie de la península de Yucatán.

### El clima templado (C)

Se caracteriza por poseer una temperatura media anual superior a 12° C, pero inferior a 18° C; al tiempo que su precipitación oscila entre 600 y 1.500 mm anuales. En México este tipo de clima se presenta en las zonas montañosas y la parte sur de la Mesa Central.

### Climas secos (B)

En ellos existe una gran variación de la temperatura entre la noche y el día (en el desierto de Altar, en Sonora, esta fluctuación puede ser de 0° C a 40° C), su cantidad de lluvia varía entre 300 y 500 mm, aunque existen zonas, como el desierto de Vizcaíno en Baja California, donde la precipitación apenas llega a 100 mm. En México, los climas secos se distribuyen en una amplia porción del norte del país en los estados de Baja California, Sonora, Sinaloa, Chihuahua, Durango, Coahuila, San Luis Potosí, Nuevo León, Zacatecas y Tamaulipas; aunque en los estados de Yucatán, Puebla, Tlaxcala e Hidalgo existen porciones que presentan este clima.

### El clima frío de altura (ETH) y el muy frío de altura (EFH)

Sólo se presentan en las mayores elevaciones del país, como el Popocatepetl y el Nevado de Toluca, cuyas cumbres siempre están cubiertas de nieve.

Siguiendo el criterio de Wilhelm Koeppen, se estudiarán los diferentes tipos de climas, además este autor considera que existen agentes climatológicos, los cuales se llaman factores y elementos del clima. Los factores son las condiciones astronómicas, geográficas y meteorológicas que lo modifican, tales como la latitud geográfica, la altitud, la naturaleza de la superficie sobre la que descansa la atmosfera, influyendo por lo tanto que sea plana, inclinada, que este cubierta de vegetales, nieve, hielo, etc.

Los elementos son la precipitación, el viento, la humedad atmosférica y los hidrometeoros (niebla, lluvia, granizo, etc.).

Analizando las cartas climatológicas de la república mexicana elaboradas por la Dirección de Geografía, Meteorología e Hidrología, los climas se clasifican en:

Zonas Fundamentales	Tipos Fundamentales
A. Clima Tropical lluvioso	1. Af clima de selva
B. Clima Seco	2. Aw clima de sabana
C. Clima templado moderado lluvioso	3. Bs clima de estepa
D. Clima boreal o nevado y de bosque	4. Bw clima de desierto
E. Clima nevado	5. Cw clima de invierno seco no riguroso
	6. Cs clima de verán seco caluroso
	7. Cf clima de temperie húmeda
	8. Df clima de invierno húmedo frio
	9. Dw clima de invierno seco frio
	10. Et clima de tundra sin arboles
	11. Ef clima de nieve perpetua sin vegetación
	12. Eb clima seco de alta montaña, de tundra o de nieve perpetua.

#### Clima de selva:

Se caracteriza por una temperatura media de todos los meses del año que es superior a 18°C y tiene lluvias muy intensas durante todo el año. Se localiza en la porción Ístmica del Estado de Veracruz y la porción oriental de la Sierra de Puebla, hacia el riente, entrando a Tabasco y al norte de Chiapas, para penetrar finalmente en la República de Guatemala, con altitudes no mayores de 1000 m y tiene vegetación de selva tropical con una precipitación media anual de 2600 mm.

#### Clima de Sabana:

Se caracteriza por una temperatura media anual que es superior a 18 °C y la lluvia se localiza en los meses de verano y es periódica y el invierno seco. Se localiza en la planicie

costera del Golfo de México a partir de la Sierra de San Martín, hasta las inmediaciones del paralelo 24°, la mayor parte de la península de Yucatán, excepto la pequeña faja costera del noroeste, el valle central de Chiapas y la vertiente marítima de esta serranía.

#### Clima de Estepa:

Tiene una temperatura media anual superior a 18°C y una temperatura fría menor. La primera se presenta en el noroeste de la Altiplanicie Septentrional, norte de la Sierra Madre Oriental y la mayor parte de la planicie costera tamaulipeca, vertiente oriental de la Sierra Madre Occidental, franja central del Nudo Mixteco, parte occidental de la Sierra Madre de Oaxaca y vertiente de la Sierra de San Lorenzo, en la península de la Baja California, extremo noreste de la Península de Yucatán y en las depresiones de las partes más bajas de las cuencas de los ríos Balsas, Santiago, San Pedro Mezquital

#### Clima de Desierto:

Este clima se presenta en dos variantes:

La variante fría localizada en Baja California en terrenos bajos desde el paralelo 24° hasta el 32° y la región noroeste de la Altiplanicie Septentrional, El Salad, las tierras bajas de la planicie costera del noroeste desde el paralelo 24° a la frontera con Estados Unidos, península de la Baja California del paralelo 28° hasta la región de los cabos y la parte noroeste.

Las aéreas incluidas en este clima tienen muy pocas manifestaciones forestales y las plantas que se encuentran en estos lugares son xerófilas y se llega al extremo de la falta de vegetación como sucede en el Desierto de Altar, en algunos lugares de la Altiplanicie Septentrional y al sur de Ciudad Juárez.

#### Clima de invierno Seco no riguroso:

Se caracteriza por una temperatura en donde el mes más frío es de -3°C y el más cálido de 18°C. Se localiza en las zonas densamente pobladas del país, llanuras del oeste centro y sureste de la Sierra de Zacatecas, Sierra Madre Oriental, el Bajío, Valle de Toluca, la

Cuenca de México parte de los llanos de Apan, los de San Juan, la porción sureste del Estado de Puebla, la región Mixteca, la Sierra Madre de Oaxaca.

#### Clima de verano Seco Caluroso

Se caracteriza por una temperatura del mes más frío de  $-3^{\circ}\text{C}$  y el mes más cálido de  $18^{\circ}\text{C}$ . Se localiza en las Sierras de Juárez, San Pedro Mártir, el noroeste de la Península de Baja California.

#### Clima de Temperie Húmeda

Se caracteriza por una temperatura del mes más frío de  $-3^{\circ}\text{C}$  y el mes más cálido de  $18^{\circ}\text{C}$  y las lluvias se presentan distribuidas durante todo el año. Se localiza en la parte sur de la Sierra Madre Oriental.

#### Clima de Invierno Húmedo Frío, Clima de Invierno Seco Frío y Clima de Tundra:

No se encuentra en ningún lugar de nuestro país.

#### Clima de Nieve Perpetua:

Se caracteriza por una temperatura media anual inferior a  $0^{\circ}\text{C}$  y hielos persistentes por su altitud, se localiza en el Pico de Orizaba, Popocatepetl e Iztaccihuatl, con una altitud superior a 4000m, no existe vegetación alguna debido a su temperatura tan baja.

#### Clima Seco de Alta Montaña de tundra o de nieve perpetúa:

Se caracteriza por una temperatura media anual del mes más caliente es inferior a  $10^{\circ}\text{C}$  y el mes más frío es inferior de  $0^{\circ}\text{C}$ , se localiza en las grandes montañas como son: El nevado de Toluca, nevado de colima, Cofre de Perote, la Malinche, Pico de Orizaba y el Iztaccihuatl, con una altitud superior a 3000m y tiene una vegetación de tundra, formada de musgos líquenes, plantas herbáceas en pequeñas cantidades.

Debido a la creciente contaminación existentes en las grandes ciudades se deben dar incentivos tarifarios en las regiones menos pobladas, para poder tener una mejor distribución de las industrias y la población en general; dichos incentivos pueden alentar la

descentralización de las grandes ciudades logrando con eso disminuir la población, lo cual abatiría la contaminación ya existente y el estado de vida en general.

La zona metropolitana presenta el problema más grande de contaminación atmosférica en el país, por su elevada concentración demográfica y la localización en su territorio de gran número de establecimientos industriales y el uso intensivo y creciente de vehículos.

Por su altitud (19° 30') y altitud 2,240m, tiene un clima templado con una estación de lluvias de junio a septiembre y una estación de secas durante el resto del año. Las temperaturas oscilan entre 5.3°C y más de 26.5°C. Los vientos dominantes soplan en general del noroeste y sureste y se presentan ocasionalmente vientos del suroeste en invierno, las cadenas montañosas que cierran la cuenca de México en los límites oriental, sur occidental, impiden que se establezca un drenaje efectivo de la atmósfera, lo cual ayudaría a la eliminación rápida de dichas impurezas.

La situación geográfica del área metropolitana propicia la formación de inversiones térmicas a nivel de superficie, por la presencia de masas de aire frío estacionarias sobre la cuenca de México. Durante esas inversiones, principalmente en invierno la ventilación de la cuenca de México se ve favorecida por el calentamiento solar del suelo que provoca movimientos verticales del aire por la existencia de diversas condiciones sinópticas que ocasionan vientos moderados y fuertes o volcamientos del aire de altura con el de la superficie.

#### **5d.- EFECTOS DEL USO RACIONAL DE LA ENERGÍA**

Por el bien de la población de las zonas afectadas por los diferentes climas que tenemos en la República Mexicana, que en algunos casos son extremos, el acondicionamiento del ambiente se requiere en exceso lo cual ocasiona un consumo en exceso de la energía, esto puede ser reducido en gran parte si se utilizan métodos racionales como lo son:

- La orientación de la construcción de la vivienda con respecto a los puntos cardinales y la salida o la puesta del sol.
- La utilización de colores para la decoración del inmueble.

En el primer método se trata de tomar el movimiento del sol en las estaciones del año de tal modo que las ventanas y domos se construyan en dirección de la salida y puesta del sol en épocas de frío y tratar de que en épocas del calor las ventanas del inmueble queden dirigidas hacia otro lado de tal modo que el sol no entre directamente.

En el segundo método tomamos en cuenta que los distintos colores para pintar las habitaciones pueden hacer que éstas sean más cálidas o más frías ya que los colores oscuros absorben más energía y contribuyen a elevar la temperatura mientras los colores claros reflejan la energía y pueden hacer las habitaciones más frías.

A continuación se dan algunos consejos de cómo utilizar estos métodos de acuerdo a las zonas climatológicas del país.

1. Zona clima tropical lluvioso. La temperatura media mensual oscila entre 18°C en julio y 23°C en febrero. Las precipitaciones se asocian principalmente a nubosidad conectiva, distribuyéndose regularmente a lo largo del año hasta acumular un valor anual cercano a 1.000 mm.

En esta zona hay una insolación profunda por la mañana, calor agradable en verano y un enfriamiento intenso en el invierno. Se necesita en esta estación del año grandes ventanales en el inmueble.

2. Zona de clima seco.- suele dividirse en clima semiárido, cuando las precipitaciones son de entre 400 y 250 mm y clima árido si son inferiores a esta cifra.

Según la clasificación climática de Köppen, el clima seco es un grupo climático y se representa con la letra B.

Este clima se desarrolla entre los 35° y los 55° de latitud, en el interior de las grandes masas continentales, alejado de la influencia de las masas de aire polar marítimo. También está afectado por las oscilaciones del frente polar pero las masas de aire que dominan, casi en exclusiva, son del tipo polar continental, frías y secas. En invierno queda bajo el dominio de un potente anticiclón térmico, origen de masas de aire polar continental, que también actúa en verano. Las lluvias son esporádicas y se deben a la advección de aire polar marítimo ocasional, que puede tener lugar en verano. El verano es la época más lluviosa. Sin embargo, este clima es seco. Los inviernos son fríos y rigurosos, y los veranos pueden ser calurosos. La amplitud térmica anual es muy acusada, y puede serlo también la diaria.

En la zona intertropical hay una insolación profunda por la mañana calor agradable en verano, por lo cual se necesitan ventanales pequeños para disminuir un poco el calor y las habitaciones pintadas de colores claros, ya que estos reflejan la energía y esto contribuye para que el ambiente sea más templado

3. Zona templada se caracteriza por temperaturas medias anuales de alrededor de 15°C y precipitaciones medias entre 500 mm y 1.000 mm anuales.

Una región que posee un clima templado tiene una temperatura que varía regularmente a lo largo del año, con una media por encima de 10° C, en los meses más cálidos, y entre -3° y 18° C, en los meses fríos. Poseen cuatro estaciones bien definidas: un verano relativamente caliente, un otoño con temperaturas gradualmente más bajas con el paso de los días, un invierno frío, y una primavera, con temperaturas gradualmente más altas con el paso de los días. La humedad depende de la localización y de las condiciones geográficas de una región dada.

Esta zona es adecuada para la habitación de la población, debido a que no tiene mayores variantes de climas

4. En la zona fría la insolación es débil y sopla un viento frío en el invierno, en esta zona se necesitan ventanas pequeñas para no permitir que se enfríen las habitaciones

y pintar los exteriores de las edificaciones de colores oscuros, porque absorben energía y contribuyen a elevar la temperatura del ambiente interior.

5. Zona templada lluviosa se caracteriza por una temperatura media del mes más cálido, que es superior a los 18°C. y el mes más frío excede a los 0°C y una precipitación media anual superior a 400mm, si ésta se presenta en verano y 200mm si ocurre en invierno

En las construcciones se debe tener una buena orientación y correcta colocación de los muros y las ventanas para la asimilación correcta de los rayos solares y que en algunos casos protejan contra una insolación sofocante, lo cual es decisivo para el hogar. Por lo general es deseable que en otoño e invierno y a primeras horas de la mañana penetre el sol en todas las habitaciones. No es deseable la entrada del sol al mediodía, ni por la tarde en los meses de verano por la intensa insolación.

## ***6.- Criterios económicos y su evaluación***

Las decisiones tomadas en las empresas suministradoras de energía eléctrica, deben referirse a inversiones que necesariamente deban ser el fruto de planes y que hayan de llevarse a cabo muchos años antes de que se perciban los rendimientos previstos. La escala de inversiones en bienes de investigación científica y tecnológica así como bienes de capital que se requieren para una expansión económica, se amplía a medida que se desarrollan las nuevas tecnologías. Por lo tanto, el conocimiento de los principios y de las técnicas que subrayan los análisis económicos revisten extraordinaria importancia.

Para el proyecto de administración de la demanda de energía, la creación de planes de inversiones futuras que repercutan en beneficios, ya sea en un ahorro en el presupuesto del estado al diferirse algunos costos de inversión o el aprovechamiento de las nuevas instalaciones, en regiones donde no se tienen suficientes servicios en el suministro de energía eléctrica, con lo cual se puede lograr un funcionamiento más eficiente al poder tener más disponibilidad, en cuanto a equipo se refiere.

### **Elementos esenciales para las evaluaciones económicas comparativas**

Oferta y Demanda:

Los requerimientos que demanda el servicio eléctrico son, independientemente de su tamaño y complejidad, los siguientes:

- Continuidad: garantizar el continuo flujo de energía es responsabilidad de la compañía suministradora. En condiciones de operación crítica, el sistema fallaría, por lo cual en tales condiciones la empresa suministradora toma alguna decisión como la interrupción momentánea del servicio.

- Calidad: se refiere a la variación de frecuencia y voltaje, el cual en nuestro país es de  $\pm 10\%$  con respecto al voltaje, mientras que en la frecuencia la variación solo puede ser de  $\pm 1$  ciclo por segundo.
- Economía: para satisfacer este requerimiento es indispensable que los anteriores hayan quedado satisfechos o estén muy próximos de su realización. En un sistema saturado no se puede hablar de economía de producción. Cuando la capacidad de generación es insuficiente, esto es, que la demanda es mayor que la capacidad disponible y que se requiere para igualar ambos términos sacrificar ya sea la continuidad o la calidad.

El desarrollar fuentes de energía es esencial para el mejoramiento el desenvolvimiento industrial de los países. Obtener un suministro esencialmente inagotable, distribuir la energía eléctrica a donde se requiera, es un problema que actualmente afronta el mundo.

Si se implantara un programa de administración de la demanda eléctrica (los requerimientos de continuidad, calidad y economía) se podría establecer un equilibrio entre la demanda y la oferta (capacidad instalada) y con las mismas instalaciones de generación, transformación, transmisión y distribución.

Los modelos más conocidos de determinación del punto de equilibrio, relacionan los costos fijos y variables con los ingresos para fines de planeación de las utilidades.

En la figura 8 se indican las propiedades de un diagrama típico de punto de equilibrio. El eje de las ordenadas muestra los ingresos y los costos en unidades monetarias. El eje de las abscisas indica los Kwh producidos durante dos meses.

La línea horizontal representa los costos fijos  $F$ , que son constantes en todo el intervalo de producción. La línea inclinada que se inicia en la intersección de la línea de costos fijos y el eje de las ordenadas representa los costos variables  $V$ , más los costos fijos (costos totales  $C$ ).

La línea inclinada que parte del origen son los ingresos R. El punto de equilibrio B, se produce en la intersección de las líneas de costo total y de ingresos.

La distancia entre la línea de ingresos y la línea de costos totales indica una utilidad a la derecha de B.

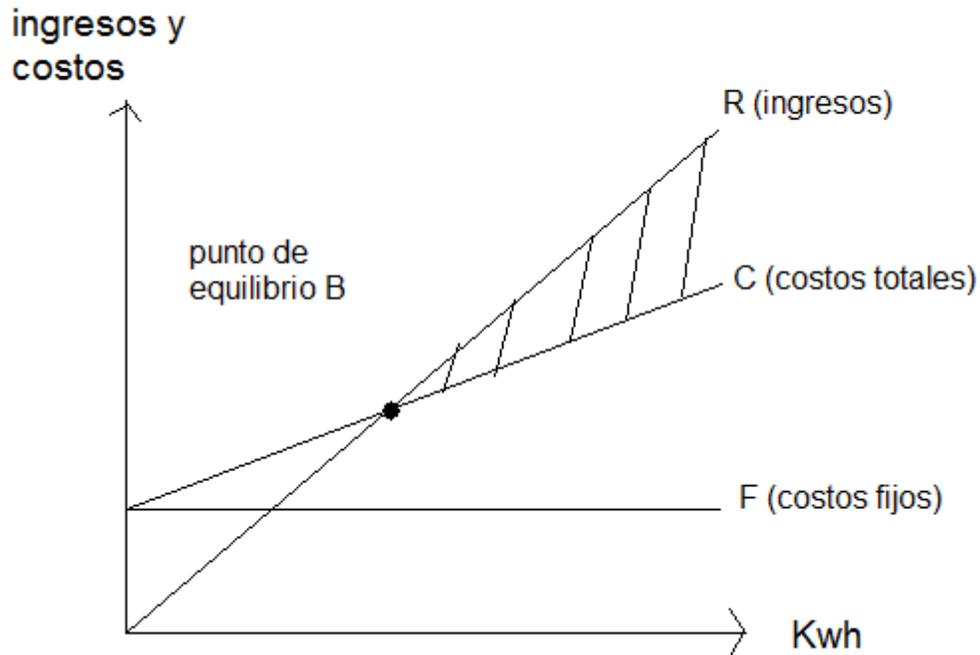


Figura 8

En la comercialización de la energía eléctrica, se han mantenido precios de venta de la energía que llevan implícitos subsidios de diferentes magnitudes, los cuales dependen de la tarifa aplicable. Lo anterior quiere decir, que se ha estado operando a la izquierda del punto de equilibrio. Por otra parte la variación con respecto a las ventas de los costos como de los ingresos, no tiene un comportamiento lineal y en realidad no se ha buscado un método para determinar el punto de equilibrio en la comercialización del servicio eléctrico.

Dado que el servicio se proporciona con sentido social conviene tener identificado el instante en que pueda alcanzarse un punto de equilibrio para evitar que se caiga en una utópica situación de recibir utilidades no deseadas.

#### Criterios económicos de operación del sistema de potencia:

En el proyecto de administración de la demanda eléctrica pueden existir situaciones en donde los resultados económicos se originan por cambios en las condiciones de operación existentes.

Estos involucran el nivel de operaciones, en otros, pueden estar implicado un cambio temporal en procedimientos pero es posible que haya efectos asociados que sean a más largo plazo. Dichas situaciones constituyen virtualmente una clase aparte de estudios económicos, dado que involucran costos fijos e incrementables, mismos que hay que reconocer y tratar en forma apropiada.

Los costos fijos son aquéllos que seguirán iguales ya sea que se adopte un cambio dado en operaciones o políticas. Sin embargo, cuando se usa el término costos fijos se quiere decir, fijos únicamente con respecto a la proposición o cambio en particular bajo consideración y a la extensión de tiempo involucrado. Un costo no afectado por cierto cambio en las operaciones podría alterarse en forma notable por algún otro cambio.

Los costos incrementales son aquellos que se originan como resultado de un cambio en operaciones política. Representan en consecuencia, los aumentos o disminuciones reales en costo resultantes del cambio. Son estos los que se deben considerar al determinar el costo verdadero de llevar a cabo las operaciones adicionales. Al igual que los costos, son aplicables únicamente al cambio específico del cual resultan. Su monto puede ser positivo o negativo, y al igual que los costos fijos, se deben determinar por medio de hechos.

Las empresas suministradoras de energía eléctrica siguen 2 procedimientos para tratar de reducir sus puntos de demanda máxima, y por lo tanto sus inversiones de capital y costos fijos. Uno de ellos consiste en ofrecer tarifas muy bajas para el servicio comprado fuera de horas de demanda máxima.

Un segundo procedimiento para controlar las demandas máximas es una estructura tarifaria en la cual la cantidad de energía eléctrica que tiene que comprar un usuario a una tarifa dada antes de poder comprar a una tarifa menor, está determinada por su demanda máxima. Esta tarifa fomenta que se tenga un mayor consumo, pero también que el cliente mantenga baja su demanda máxima.

Se pueden establecer diferentes tarifas para fomentar el consumo de servicios eléctricos por grupos de usuarios con características de demanda eléctrica, convenientes que no usarían los servicios a tarifas normales. Es obvio que las empresas suministradoras de energía eléctrica, deben conocer muy bien sus costos incrementales, ya que esto es esencial para que se establezcan tarifas que correspondan a estos costos.

Tipos de Costos:

- Costos del servicio con tarifas por bloques de demanda: cuando la energía eléctrica se compra de acuerdo a tarifas por bloques de demanda eléctrica, hay que tener en cuenta el efecto de la demanda al computar el costo de la energía eléctrica consumida, no solo por el equipo propuesto, sino también por el equipo existente.
- Costo incremental para mejorar la utilización de la capacidad: debido a la alta relación entre sus costos fijos y variables y a la necesidad de satisfacer cualesquiera de las demandas que soliciten los usuarios, las empresas suministradoras de energía eléctrica reconocen la importancia de los costos fijos e incrementales en el problema de mejorar la utilización de su capacidad. Los medios que usan las empresas suministradoras de energía eléctrica para mejorar la utilización de su capacidad son las siguientes:

- Tarifas de bloque: se ofrecen mayores cantidades a menores precios.
  - Tarifas para horas fuera de la demanda máxima. Se ofrecen precios menores para los servicios comprados durante dichos periodos.
  - Cláusulas de castigo para desalentar la compra durante horas de demanda máxima.
- Costos Sumergidos: difieren de otros que se toman en consideración en estudios económicos, en el sentido de que son costos del pasado y no del futuro. Prácticamente todos los estudios económicos se refieren a costos futuros y este es un hecho que de inmediato debe indicar que los costos sumergidos no tienen lugar dentro de los costos futuros.

El Costo sumergido se puede definir de varias maneras; Es el saldo no recuperado de una inversión. Es un costo ya pagado o comprometido, que no tiene nada que ver con la decisión que se toma con respecto al futuro. Es el capital ya invertido que por alguna razón no se puede recuperar.

## **6a.- DECISIONES ECONÓMICAS**

La toma de decisiones es uno de los elementos principales en el análisis económico del proyecto de administración de la demanda eléctrica. Con lo anterior los analistas deben entender el problema de toma de decisiones y las herramientas para obtener comparaciones realistas, entre las diferentes alternativas, con lo cual se deben esperar mejores resultados.

El contenido de la teoría de decisiones, se subdivide en las decisiones que se toma son en condiciones de certeza, riesgo e incertidumbre.

La toma de una decisión ocurre en condiciones de certeza si cada curso de acción posible conduce invariablemente hacia un resultado específico; ocurre en condiciones de riesgo, si cada alternativa posible conduce hacia una gama conocida de resultados específicos con probabilidades conocidas; finalmente se halla en condiciones de incertidumbre cuando las probabilidades de los varios resultados específicos son totalmente desconocidos o carecen de sentido.

Una decisión es la conclusión de un proceso de análisis por parte del analista que decide. El analista debe tomar la decisión que más le ayudara a conseguir las metas que especificó de antemano. Su actuación toma la forma concreta de una cierta utilización de sus recursos limitados. De ahí la importancia de tener los objetivos claramente especificados y jerarquizados.

Por otra parte existen algunos factores que afectan el logro de los objetivos especificados y que se encuentran fuera del control del analista que decide.

Para lo anterior se debe tener una mentalidad técnica en la toma de decisiones, el cual requerirá de los siguientes nueve elementos:

1. Reconocimiento del problema
2. Definición de las metas u objetivos
3. Recopilación de información
4. Identificación de las alternativas factibles
5. Elección del criterio para juzgar las alternativas
6. Construcción del modelo de interrelaciones
7. Predicción de los resultados para cada alternativa
8. Elección de la mejor alternativa para lograr el objetivo
9. Auditoria de los resultados

Formulación de las decisiones Económicas:

El proyecto administrativo en el logro de sus objetivos hace frente a recursos limitados para poder operar con alta eficiencia, en donde se hace necesario la toma de decisiones.

El análisis de la decisión económica considera 4 etapas esenciales en la formulación de las decisiones económicas:

1. La etapa creativa: cuando en el proyecto administrativo las oportunidades conocidas no pueden ofrecer suficientes expectativas de emplear con rentabilidad los recursos limitados, se buscarán otras oportunidades más prometedoras. Se tiene una apertura económica a través de una barrera de limitaciones físicas y económicas, así como la búsqueda y nuevas combinaciones de hechos, ya que la investigación es un esfuerzo dirigido a propósito para el descubrimiento de nuevos hechos, como es el caso de la administración de la demanda de energía eléctrica en nuestro país, bajo la misma premisa de que esto contribuirá de alguna manera al bienestar de la población.
2. La etapa de definición: en esta etapa se debe definir las alternativas que se originan en la etapa de creación para compararlas de alguna otra manera. La meta debe ser delinear cada alternativa con base en sus actividades principales y subordinadas. El propósito de esto es asegurarse de que todos los factores asociados con cada alternativa sean considerados en la evaluación. Deben inducirse tanto los factores cuantitativos como los cualitativos
3. La etapa de transformación: las alternativas pueden compararse directamente si se convierten a una unidad de medida común. El denominador común aplicable en las comparaciones económicas es el valor expresado en términos monetarios. La mayoría de las otras medidas que aparecen en varias actividades, tales como tiempo y distancia pueden a menudo convertirse a términos monetarios.

La consideración de inexactitudes inherentes en la estimación de productos e insumos futuros, es parte de la etapa de transformación y no deberá desestimarse.

Con frecuencia la etapa de transformación requiere de formulación de un modelo de decisiones económicas para ayudar a quien toma la decisión.

4. La etapa de decisión: al completar la etapa de transformación en el proyecto administrativo, la cantidad y calidad de los productos y los insumos de cada alternativa forma la base para la comparación y la decisión. La cantidad de insumos debe deducirse de la cantidad de productos para obtener la cantidad de ganancia o la forma de satisfacer la demanda eléctrica. Luego se complementa cada una de estas medidas con las consideraciones cualitativas que se haya enumerado.

Las decisiones sobre alternativas en el proyecto administrativo, deben tomarse con base en sus diferencias. Todos los factores idénticos pueden cancelarse.

Si se conocen todos los hechos acerca de las alternativas en términos cuantitativos exactos, el mérito de cada una puede expresarse en términos de un solo número.

Después de que una situación se ha analizado cuidadosamente y se evalúan los resultados posibles tan precisos como sea posible, debe tomarse una decisión.

#### Modelos de Decisión de equilibrio y costo mínimo:

Cuando en la formulación de las decisiones económicas existen 2 o más alternativas que sean función de la misma variable, es conveniente encontrar el valor de la variable que llevará a la obtención de un costo igual para las alternativas analizadas. Este valor de la variable es conocida como el punto crítico.

Si el costo de una sola alternativa es función de una variable que puede tomar diferentes valores, será útil determinar aquel valor de la variable para el cual es mínimo el costo de la alternativa. Dicho valor de la variable se conoce como el punto de costo mínimo. Con base en los puntos de costo mínimo se pueden comparar muchas alternativas que dependan de la misma variable mediante modelos matemáticos

## **6b.- RELACIÓN COSTO BENEFICIO**

La relación costo beneficio toma los ingresos y egresos presentes netos del estado de resultado, para determinar cuáles son los beneficios por cada peso que se sacrifica en el proyecto.

Cuando se mencionan los ingresos netos, se hace referencia a los ingresos que efectivamente se recibirán en los años proyectados. Al mencionar los egresos presentes netos se toman aquellas partidas que efectivamente generarán salidas de efectivo durante los diferentes períodos, horizonte del proyecto. Como se puede apreciar el estado de flujo neto de efectivo, es la herramienta que suministra los datos necesarios para el cálculo de este indicador.

Kaldor y Hicks elaboraron un conjunto de criterios para evaluar las asignaciones en una economía. Kaldor (1939) estableció un criterio para juzgar si una asignación es preferible a otra. Argumentó que una asignación es preferida a otra asignación si moviéndose desde la segunda a la primera, el ganador del movimiento puede, mediante un pago global, compensar al perdedor por su pérdida de utilidad y aún así tener un beneficio. En resumen, Kaldor propuso que una asignación sea preferida a otra si es posible redistribuir en forma hipotética los bienes, de tal manera que se obtenga una mejora.

Un test alternativo fue propuesto por Hicks (1939) en términos de un "soborno" de los perdedores como opuesto a una "compensación" por los ganadores. Una asignación resultaría preferida a otra si, dado un movimiento propuesto desde la segunda a la primera, los perdedores no son capaces de sobornar a los ganadores para que no realicen el movimiento.

En una economía de producción, una asignación será superior a otra si es posible que los ganadores compensen a los perdedores para moverse a la primera (Kaldor) o si los perdedores sobornan a los ganadores para no moverse a la primera (Hicks). Con producción, el criterio de Kaldor puede adoptar dos formas: la fuerte, que requiere que las

compensaciones entre los agentes sean de suma fija y no tengan efectos sobre la producción como resultado de la compensación, es decir, confinarse a realizar transferencias; y la débil, que requiere que la producción cambie como parte de la compensación. Para este criterio no importa la maximización de la utilidad o la felicidad sino que se busca maximizar la riqueza. Se trata de tener en cuenta que el requerimiento principal para el análisis Kaldor-Hicks es la disposición a pagar.

Desde el punto de vista del analista de la ganancia – costo el criterio básico a satisfacer es el de que el valor de los servicios aumente. Por lo tanto, es necesario que el analista determine, cuáles y cuántos bienes y servicios se producirán como resultado directo del proyecto, y luego los valúe apropiadamente, siendo esos resultados los beneficios del proyecto. Para producir esos beneficios, es necesario transferir recursos de otros usos productivos de la economía.

El análisis de la ganancia-costo no es cuestión simplemente de sumar todos los efectos del proyecto, etiquetando todos los que parecen buenos como ganancia y todos los que parecen malos como costo. Esto puede traducirse en la inclusión de cosas que no deben ser incluidas y en ocasiones, en especificar inadecuadamente algunos, en tal forma que los costos lleguen a convertirse en ganancias o viceversa. Tampoco consiste en un simple registro de las transacciones financieras del proyecto. Los beneficios no se traducen siempre en ingresos, ni tampoco pueden todas las salidas de dinero considerarse como costo social.

#### Criterio Alternativo de Beneficio- Costo:

La relación beneficio / costo está representada por la relación:

Ingresos / Egresos.

En donde los ingresos y los egresos deben ser calculados de un modo que no genere pérdidas para la empresa y por el contrario tenga un criterio de ganancias para poder que uno de los objetivos se cumplan como el de generar beneficios a la empresa y su personal.

El análisis de la relación beneficio costo (B/C) toma valores mayores, menores o iguales a 1, lo que implica que:

$B/C > 1$  implica que los ingresos son mayores que los egresos, entonces el proyecto es aconsejable.

$B/C = 1$  implica que los ingresos son iguales que los egresos, en este caso el proyecto es indiferente.

$B/C < 1$  implica que los ingresos son menores que los egresos, entonces el proyecto no es aconsejable.

El análisis Costo / Beneficio involucra los siguientes

7 pasos:

1. Llevar a cabo una lluvia de ideas o reunir datos provenientes de factores importantes relacionados con cada una de sus decisiones.
2. Elaborar dos listas, la primera con los requerimientos para implantar el proyecto y la segunda con los beneficios que traerá el nuevo sistema.

Antes de redactar la lista es necesario tener presente que los costos son tangibles, es decir, se pueden medir en alguna unidad económica, mientras que los beneficios pueden ser tangibles y no tangibles, es decir pueden darse en forma objetiva o subjetiva

3. Determinar los costos relacionados con cada factor. Algunos costos como la mano de obra, serán exactos mientras que otros deberán ser estimados.
4. Sumar los costos totales para cada decisión propuesta.

5. Determinar los beneficios en alguna unidad económica para cada decisión.
6. Poner las cifras de los costos y beneficios totales en una forma de relación donde los beneficios son el numerador y los costos son el denominador.

$$\frac{\text{beneficios}}{\text{costos}}$$

7. Comparar las relaciones Beneficios a Costos para las diferentes decisiones propuestas. La mejor solución, en términos financieros, es aquella con la relación más alta.

### **Expresiones para el cálculo del ahorro por diferir un programa de inversiones:**

Considerando la curva de la grafica 11 de crecimiento de la capacidad de generación del sistema eléctrica nacional, y la curva C' si con anterioridad a  $t=0$ , se hubiera implantado un programa de administración de la demanda que permita diferir la inversión en nuevas instalaciones, reduciendo el pico de demanda del sistema.

En la figura 11  $C_I$  es la capacidad de generación (MW) instalada inicialmente y R es la reducción en P/u esperada de la capacidad instalada al aplicar un programa de administración de la demanda eléctrica.

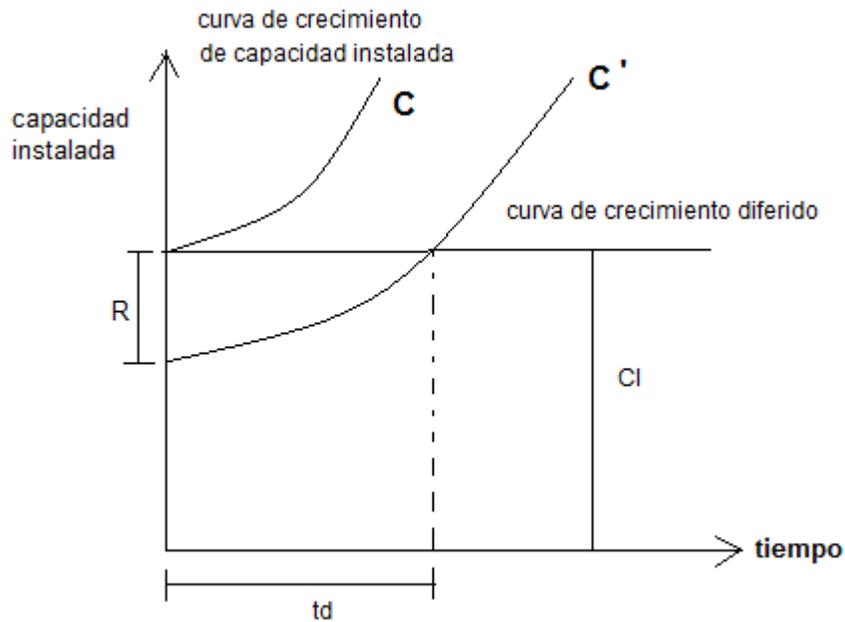


Figura 11

De acuerdo al estudio “Evaluación de un proyecto nacional de administración de la demanda eléctrica en México”, desarrollado por Luz y Fuerza del Centro, S.A. el costo total descontado del programa global de inversiones del sistema eléctrico nacional en obras de generación, transformación, transmisión y distribución sería:

$$CPG = C_I P_u \frac{C}{1+C} \sum_{i=1}^{\infty} \left( \frac{1+c}{1+d} \right)^i \text{-----(1)}$$

Definiendo  $a = (1+c)/(1+d)$  si  $a < 1$

$$CPG = C_I P_u \frac{Ca}{(1+C)(1-a)} \text{-----(1')}$$

Donde:

CPG= Costo descontado (al inicio del año 1) del programa global de inversiones.

Pu= Precio unitario de las nuevas instalaciones.

c= Crecimiento anual de la demanda del sistema.

d= Tasa anual de descuento de las inversiones.

Se puede observar de la figura 11 que mientras mayor sea la reducción del pico (R), mayor será el tiempo td en el que se pueda diferir el programa de inversiones.

(td) es el tiempo que tardara la demanda del sistema con un programa de administración de la demanda eléctrica en igualar la demanda actual del sistema sin administración de demanda.

De donde

$$td = \frac{1n(1 - R)}{1n(1 + C)} \text{ años} \text{ -----(2)}$$

Nótese que la expresión del lado derecho de la ecuación (1) solo converge cuando  $d > c$

Al diferir la inversión de instalaciones de generación transformación, transmisión y distribución en un tiempo td, se logrará un ahorro en costos financieros equivalentes al valor de oportunidad derivado del empleo durante el periodo td del monto de la inversión, para otros fines productivos a una tasa de rendimiento d. dicho de otra forma, diferir una inversión en un tiempo td trae como consecuencia un ahorro en costos financieros equivalente al valor presente de los intereses, que se habrían pagado por el financiamiento de la inversión durante el tiempo td.

De lo anterior y considerando el programa de inversión como una inversión única que se realizará al inicio del año 1 con un CPG (costo descontado del programa global de inversiones), el ahorro en costos financieros en un programa de administración de la demanda estaría dado por:

$$A = CPG \left( 1 - \frac{1}{(1+d)^{td}} \right) \text{-----} (3)$$

### **6c.- CÁLCULO DE LOS AHORROS EN COSTO DE CAPITAL Y ADMINISTRACIÓN DE LA DEMANDA**

El objetivo de un programa de administración de la demanda eléctrica, consiste en reducir el pico de demanda, más no el consumo de energía procurando mantener los ingresos de la empresa suministradora constantes, por lo tanto si se reduce en forma proporcional las demandas, cuyos valores sean superiores a la carga promedio y se aumentan las cargas inferiores a la carga promedio, la energía en el área bajo la curva original y modificada debe ser la misma.

Debido a que no se sabe de antemano el monto de la reducción del pico de demanda, el estudio de los ahorros en costos de capital es forzosamente un estudio paramétrico.

La escala de ahorro que se considera más probable a priori, para un crecimiento promedio de la demanda del orden de 8% y reducciones del pico entre 4 y 14%. El período m (años) que tardarían los ahorros A' por administración de la demanda en llegar a ser una fracción f del ahorro total A se puede calcular como se muestra a continuación:

Sea  $a = (1+c)/(1+d) < 1$

Igualando A' con f A

$$\sum_{i=1}^m a^i = f \sum_{i=1}^{\infty} a^i$$

O

$$\frac{a^{m-1} - a}{a - 1} = f \frac{a}{1 - a}$$

Y finalmente:

$$m = \frac{1n(1-f)}{1na} + 2$$

Con  $c=0.8$  y  $d=0.16$  valor este último más indicativo del costo de capital actual que el 12% histórico,  $m$  resulta:

$$a = 1 + 0.08/1 + 0.16 = 1.08/1.06$$

$$m = (\ln(1-0.9)/\ln(1.08/1.16)) + 2$$

$$m = 34 \text{ años}$$

Como se observa, los beneficios previstos derivados de un programa de administración de la demanda son sumamente importantes. Dichos beneficios se lograrían a través de disminuciones anuales de los costos financieros y su efecto se transmitiría a través de toda la vida económica del sector eléctrico.

## **6d.- ETAPAS DE UN PROYECTO SECTORIAL DE ADMINISTRACIÓN DE LA DEMANDA**

Las principales etapas de un proyecto sectorial de administración de la demanda son:

:

- a) Estudio de carga: los resultados que se derivan de un estudio de carga son los factores de carga y diversidad por grupo de usuarios y totales del sistema que se está investigando y el resultado principal es la determinación de las formas de las curvas de demanda de los diversos grupos de usuarios.
  
- b) Diseño de tarifas horarias experimentales: esta etapa consiste en diseñar una estructura tarifaria del tipo experimental, tomando como base los resultados que se obtuvieron en el estudio de la carga. Estas tarifas se aplicaran a las muestras que correspondan a aquellos grupos de usuarios que en orden de importancia y características de su carga representan la mayor aportación para la reducción del pico de demanda del sistema. Como consecuencia de cobrar a mayor precio el Kwh en las horas de pico máximo y a menor precio en las horas de valle, durante un periodo apropiado, se observarán las modificaciones en los patrones de consumo.
  
- c) Aplicación de Tarifas Horarias (en fase Experimental): esta etapa consiste en la aplicación de tarifas horarias experimentales a una muestra de usuarios y la recopilación de datos de consumo y facturación durante el período de la prueba. Para la aplicación de dichas tarifas se deberá contar con el consentimiento y/o aprobación por parte de los usuarios. Los usuarios enviarán una carta de aceptación a la empresa suministradora, en donde manifiesten estar de acuerdo en formar parte de una muestra de un estudio de investigación de la demanda eléctrica.

- d) Análisis de Resultados: Mediante el análisis de los resultados se puede determinar que grupos de usuarios son sensibles a las tarifas horarias y cuáles no.
  
- e) Depuración e implementación de tarifas horarias: de acuerdo a los resultados que se obtuvieron en las fases anteriores, esto nos permitirá depurar la estructura tarifaria para lograr el máximo beneficio en su aplicación práctica, sin que esto afecte gravemente a ningún grupo de usuarios.

## *7.- Conclusiones*

A través de este trabajo se mostró una descripción de un proyecto de Administración de la Demanda Eléctrica, el cual tiene como principal objetivo el fomento del ahorro de energía en horas pico mediante el uso de tarifas horarias.

La implantación de este programa trae como consecuencia repercusiones económicas favorables para nuestro país, ya que si no se consume energía en horas pico estaríamos reduciendo la cantidad de dinero que México necesita para costear esta energía, que en muchas ocasiones proviene de empresas particulares, además de un ahorro de la parte proporcional de los subsidios de estas horas de energía ahorradas o por lo menos un cobro más justo de la energía eléctrica. Por otro lado en las empresas se podría optar por el autoabastecimiento total o parcial.

Luz y Fuerza del Centro así como la Comisión Federal de Electricidad debería de iniciar un programa piloto de este proyecto para así poder obtener los beneficios ya mencionados. Además de que con el dinero ahorrado podría dar un mejor servicio y mantenimiento a sus instalaciones eléctricas.

En conclusión este programa debería de implementarse en nuestro país ya que con esto lograríamos una mejor administración de nuestra demanda de energía eléctrica lo cual beneficiará a nuestro país.

## **8.- Bibliografía:**

- William G. Cochran, Técnicas de Muestreo, México Cecsca, 1980.
- Eugene Igrane, W., Grant Ireson, Principios de Ingeniería Económica, México, Cecsca 1989.
- Leland Blank , Anthonx Tarquin, Ingeniería Económica 6ª Edición.
- John A. White, Técnicas de análisis económico en ingeniería, México Limusa 1981.
- Carlos Uriega Torres, Análisis Económico de Sistemas en la ingeniería, México Limusa 1987.
- Santo Potess E., Centrales Eléctricas, Barcelona G. Gili, 1971.
- Ramiro Ortiz Flórez, pequeñas centrales hidroeléctricas, México Mc Graw Hill, 2001.
- Jean Paul, Rheault, Introducción a la teoría de las decisiones con aplicaciones a la administración.
- J. Morgan Jones, Introducción a la teoría de decisiones, México Alfaomega 1995.

## ***9.- Bibliografía Electrónica***

- <http://www.energia.inf.cu/ieemep/www/www.conae.gob.mx/precios/tarifaselec.html#actuales> 03/11/08
- [http://es.wikipedia.org/wiki/Sector\\_el%C3%A9ctrico\\_en\\_M%C3%A9xico#Tarifas.2C\\_recuperaci.3Bn\\_de\\_costos\\_y\\_subsidios](http://es.wikipedia.org/wiki/Sector_el%C3%A9ctrico_en_M%C3%A9xico#Tarifas.2C_recuperaci.3Bn_de_costos_y_subsidios) 25/11/08
- <http://www.energiaadebate.com.mx/Articulos/Mayo2008/CesarHernandezMayo2008.htm> 23/11/08
- <http://www.lfc.gob.mx/catalogosProdMecanicos> 24/05/09
- <http://www.cceveracruz.com/index/op/micrositio.html> 03/11/08
- <http://www.bibliotecas.unc.edu.ar/cgi-bin/Libreo-OPAC?accion=buscar&expresion=KOEPPEN,+WILHELM> 08/06/09
- [http://www.kalipedia.com/geografia-mexico/tema/tipos-clima.html?x=20080509klpgeogmx\\_20.Kes&ap=2](http://www.kalipedia.com/geografia-mexico/tema/tipos-clima.html?x=20080509klpgeogmx_20.Kes&ap=2) 08/06/09
- <http://www.lfc.gob.mx/> 08/06/09
- <http://bidi.unam.mx/> 06/11/08
- <http://www.sener.gob.mx/> 03/03/09
- <http://www.fide.org.mx/> 11/11/09