

## Capítulo 5.

### SUMINISTRO DE ENERGÍA POR PARTE DE LA COMPAÑÍA SUMINISTRADORA

#### 5.1 Tarifas eléctricas.

Son disposiciones específicas que contienen las cuotas y condiciones que rigen los suministros de energía eléctrica y se identifican oficialmente por su número y/o letra(s), según su aplicación<sup>1</sup>.

Actualmente en México existen 36 tarifas eléctricas, las cuales se pueden clasificar en:

- Domésticas (8)
- Servicio público (3)
- Riego agrícola (4)
- Servicios generales (21)

#### Tarifas Eléctricas: Clasificación

Específicas:

1, 1A, 1B, 1C, 1D, 1E, 1F, DAC, 5, 5A, 6, 7, 9, 9CU, 9M y 9N

Generales:

2, 3, O-M, H-M, H-MC, H-S, H-SL, H-T, HTL, HM-R, HM-RF, HM-RM, HS-R, HS-RF, HS-RM, HT-R, HT-RF, HT-RM, I-15 e I-30

#### Tarifas Eléctricas: Tipos (1)

##### *Tarifa Descripción*

- 1 Servicio doméstico: 1, 1A, 1B, 1C, 1D, 1E, 1F y DAC
- 2 Servicio general hasta 25 Kw. de demanda.
- 3 Servicio general para más de 25 Kw. de demanda
- 5 Servicio para alumbrado público: 5 y 5A

#### Tarifas Eléctricas: Tipos (2)

##### *Tarifa Descripción*

- 6 Servicio para bombeo de aguas potables o negras, de servicio público en baja tensión.
- 7 Servicio temporal.
- 9 Servicio para bombeo de agua para riego agrícola: 9, 9CU, 9M, 9N.
- O-M Tarifa ordinaria para servicio general en media tensión con demanda menor a 100 kW.

#### Tarifas Eléctricas: Tipos (3)

##### *Tarifa Descripción*

---

<sup>1</sup> CONAE. Definición.

- H-M Tarifa horaria para servicio general en media tensión, con demanda de 100 Kw. o mayor: H-M y HM-C
- H-S Tarifa horaria para servicio general alta tensión nivel subtransmisión: H-S y HSL.
- H-T Tarifa horaria para servicio general alta tensión nivel transmisión: H-T y H-TL.

Estas en particular son algunas de las tarifas que nos interesan en el desarrollo de esta tesis.

Nos avocaremos a la tarifa 3, H-M para servicio general en media tensión<sup>2</sup> con demanda mayor a 100 Kw.<sup>3</sup>

## 5.2 Regiones tarifarias.

Se consideran diferentes regiones y estaciones en los costos del suministro de energía eléctrica con el objeto de reflejar el costo real del servicio.



<sup>2</sup> CONAE. Media tensión:  $1 \text{ kV} < \text{tensión} \leq 35 \text{ kV}$ .

<sup>3</sup> <http://www.lfc.gob.mx/tarifaEnergia12>.

**Año 2007- Región Central.**

Que es la región en la que se encuentra localizado el comedor.

Concepto	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
<b>C x Dem Fact</b>	127.34	122.98	122.68	122.85	124.02	126.15	129.57	132.67	134.86	136.06	137.12	138.78
<b>C x kWh Punta</b>	2.4062	2.3239	2.3183	2.3215	2.3436	2.3839	2.4485	2.5070	2.5484	2.5711	2.5912	2.6226
<b>C x kWh Intermedio</b>	0.7696	0.7433	0.7415	0.7425	0.7496	0.7625	0.7832	0.8019	0.8151	0.8224	0.8288	0.8388
<b>C x kWh Base</b>	0.6430	0.6210	0.6195	0.6204	0.6263	0.6371	0.6544	0.6700	0.6811	0.6872	0.6926	0.7010

**5.3 PERIODO DE PUNTA, SEMIPUNTA, INTERMEDIO Y BASE.**

Estos periodos se definen en cada una de las regiones tarifarias para las distintas temporadas del año, como se describe a continuación.

**REGIONES.**

Regiones Central, Noreste, Norte y Sur.

Del primer domingo de abril, al sábado anterior al último domingo de octubre.

Día de la Semana	Base	Intermedio	Punta
<b>Lunes a viernes</b>	00:00 - 06:00	06:00 - 20:00 22:00 - 24:00	20:00 - 22:00
<b>Sábado</b>	00:00 - 07:00	07:00 - 24:00	
<b>Domingo y festivo</b>	00:00 - 19:00	19:00 - 24:00	

Del último domingo de octubre, al sábado anterior al primer domingo de abril.

Día de la Semana	Base	Intermedio	Punta
<b>Lunes a viernes</b>	00:00 - 06:00	06:00 - 18:00 22:00 - 24:00	18:00 - 22:00
<b>Sábado</b>	00:00 - 08:00	08:00 - 19:00 21:00 - 24:00	19:00 - 21:00
<b>Domingo y festivo</b>	00:00 - 18:00	18:00 - 24:00	

**5.4 DEMANDA FACTURABLE.**

La Demanda Facturable se define como se establece a continuación:

$$DF = DP + FRI * \max(DI-DP,0) + FRB * \max(DB-DPI,0)$$

Donde:

- DP es la Demanda Máxima Medida en el Periodo de Punta.
- DI es la Demanda Máxima Medida en el Periodo Intermedio.
- DB es la Demanda Máxima Medida en el Periodo en el Periodo de Base.
- DPI es la Demanda Máxima Medida en los Periodos de Punta e Intermedio.
- FRI y FRB son factores de reducción que tendrán los siguientes valores, dependiendo de la región tarifaria:

Región	Factores de Reducción	
	FRI	FRB
Central	0.300	0.150
Sur	0.300	0.150

En las fórmulas que definen las Demandas Facturables, el símbolo "max" significa máximo, es decir, que cuando la diferencia de demandas entre paréntesis sea negativo, ésta tomará el valor cero.

Las Demandas Máximas Medidas en los distintos periodos se determinan mensualmente por medio de instrumentos de medición, que indican la demanda media en kilowatts, durante cualquier intervalo de 15 (quince) minutos del periodo en el cual el consumo de energía eléctrica sea mayor que en cualquier otro intervalo de 15 (quince) minutos en el periodo correspondiente.

Para las regiones de Baja California, Baja California Sur y Noroeste, DP tomará el valor cero durante temporada que no tiene Periodo de Punta.

Cualquier fracción de kilowatt de Demanda Facturable se tomará como kilowatt completo.

Cuando el usuario mantenga durante 12 meses consecutivos valores de DP, DI y DB inferiores a 100 kilowatts, podrá solicitar al suministrador su incorporación a la tarifa O-M.

### 5.5 ENERGÍA DE PUNTA, INTERMEDIA Y DE BASE.

- Energía de Punta es la energía consumida durante el Periodo de Punta.
- Energía Intermedia es la energía consumida durante el Periodo Intermedio.
- Energía de Base es la energía consumida durante el Periodo de Base.

#### **DEPOSITO DE GARANTÍA.**

- 2 (dos) veces el importe que resulte de aplicar el cargo por demanda facturable a la demanda contratada.

#### **NOTA:**

Las cuotas indicadas estarán sujetas a un ajuste automático en los términos del

resolutivo TERCERO del Acuerdo de Autorización de Ajuste del 30 de diciembre de 1999.

Debemos tener en cuenta para nuestro análisis lo siguiente:

Tarifa HM

Características:

- Carga superior a 100 Kw.
- Regionalizada
- Facturación mensual  
     Cuotas aplicables
  
- Cargo por demanda facturable.
- Cargo por energía consumida, de acuerdo a los periodos tarifarios.
- Bonificación o penalización por bajo factor de potencia.

**5.5 Análisis de demanda de energía eléctrica por parte de la compañía suministradora.**

**DEMANDA FACTURABLE.**

Demanda Facturable: es la relación de demandas en los diferentes periodos (Tarifas Horarias).

De acuerdo a los días que son mostrados en la tabla del primer domingo de abril, al sábado anterior al último domingo de octubre.

	Base	Intermedio	Punta
<b>Lunes a Viernes</b>	<p style="text-align: center;"><b>24:00 a 6:00</b></p> <p style="text-align: center;">6 horas.</p> <p style="text-align: center;">6h x 10 Kw.= <b>60 Kwh.</b></p>	<p style="text-align: center;"><b>6:00 a 20:00</b></p> <p style="text-align: center;"><b>22:00 a 24:00</b></p> <p style="text-align: center;">16 horas.</p> <p style="text-align: center;">16h x 140 Kw. = <b>2240 Kwh.</b></p>	<p style="text-align: center;"><b>20:00 a 22:00</b></p> <p style="text-align: center;">2 horas.</p> <p style="text-align: center;">2h x 10 Kw.= <b>20 Kwh.</b></p>
<b>Sábado</b>	<p style="text-align: center;"><b>24:00 a 7:00</b></p> <p style="text-align: center;">7 horas</p> <p style="text-align: center;">7h x 10 Kw.= <b>70 Kwh.</b></p>	<p style="text-align: center;"><b>7:00 a 13:00</b></p> <p style="text-align: center;">6 horas</p> <p style="text-align: center;">6h x 140 Kw. = <b>840 Kwh.</b></p>	

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
 FACULTAD DE INGENIERÍA  
 INGENIERÍA ELÉCTRICA - ELECTRÓNICA

		13:00 a 24:00 11 horas. 11h x 10 Kw. = <b>110 Kwh.</b>	
<b>Domingo</b>	<b>24:00 a 19:00</b> 19 horas. 19h x 10 Kw. = <b>190Kwh.</b>	<b>19:00 a 24:00</b> 5 horas. 5h x 10 Kw.= <b>50Kwh.</b>	

Total de Kilowatts en los horarios Base, Intermedio y Punta.

Demanda	Consumo	
<b>Base</b>	2960 Kwh.	290 Kw.
<b>Intermedio</b>	330 Kwh.	30 Kw.
<b>Punta</b>	20 Kwh.	10 Kw.

Por lo que nuestra demanda facturable para el primer periodo del año del primer domingo de abril, al sábado anterior al último domingo de octubre quedaría de la siguiente manera.

$$DF = DP + FRI * \max(DI-DP,0) + FRB * \max(DB-DPI,0)$$

Donde:

- DP: 10 Kw.
- DI: 290 Kw.
- DB: 30 Kw..
- DPI: 290 Kw.
- FRI: 0.3.
- FRB: 0.15.

$$DF = 10 + 0.3 * \max(290-10,0) + 0.15 * \max(30-290,0)$$

$$DF = 10 + 0.3 (280) + 0.15 *(0)$$

$$DF = 10 + 84$$

$$DF = 94 Kw.$$

Factor de Potencia calculado para 0.9, por lo que no se tiene ninguna bonificación ni recargo por este concepto.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
 FACULTAD DE INGENIERÍA  
 INGENIERÍA ELÉCTRICA - ELECTRÓNICA

Región Central	Cargo por Kw.	Cargo Kwh. Punta	Cargo Kwh. Intermedio	Cargo Kwh. Base
	\$ 68.3	\$ 1.29	\$ 0.4129	\$ 0.344

Tabla de Referencia.<sup>4</sup>

Consumo	Valor	Cargo	Total (\$)
<b>Punta</b>	20 Kwh.	\$ 1.29	25.8
<b>Intermedio</b>	2960 Kwh.	\$ 0.4129	1222.18
<b>Base</b>	330 Kwh.	\$ 0.344	113.52
Total Consumo			1361.5
<b>Demanda Facturable</b>	94 Kw.	\$ 68.3	<b>6,420.2</b>

**Total energía eléctrica** = 1,361.5 + 6,420.1 = 7,781.7

15 % de IVA x 7781.7 = 1,167.255

**Total a Facturar** = 7,781.7 + 1,167.255 = **\$ 8,948.955**

Del último domingo de octubre, al sábado anterior al primer domingo de abril.

Horario	Base	Intermedio	Punta
<b>Lunes a Viernes</b>	<b>24:00 a 6:00</b> 6 horas. 6h x 10 Kw.= <b>60 Kwh.</b>	<b>6:00 a 18:00</b> <b>22:00 a 24:00</b> 14 horas. 14h x 140 Kw. = <b>1960 Kwh.</b>	<b>18:00 a 22:00</b> 4 horas. 4h x 10 Kw.= <b>40 Kwh.</b>

<sup>4</sup> CONAE. Tarifas Julio 2001. Tarifas de referencia.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
 FACULTAD DE INGENIERÍA  
 INGENIERÍA ELÉCTRICA - ELECTRÓNICA

<b>Sábado</b>	<b>7:00 a 8:00</b>  <b>24:00 a 7:00</b>  1 hora 1h x 140 Kw. = <b>140Kwh.</b>  7 horas 7h x 10 Kw.= <b>70 Kwh.</b>	<b>8:00 a 13:00</b>  5 horas  5h x 140 Kw. = <b>700 Kwh.</b>  13:00 a 19:00  6 horas 6h x 10 Kw.= <b>60 Kwh.</b>  21:00 a 24:00  3 horas 3h x 10 Kw.= <b>30Kwh.</b>	<b>19:00 a 21:00</b>  2 horas  2h x 10 Kw. = <b>20 Kwh.</b>
	<b>Domingo</b>	<b>24:00 a 18:00</b>  18 horas. 18 h x 10 Kw = <b>180 Kwh.</b>	<b>18:00 a 24:00</b>  6 horas. 6h x 10 Kw.= <b>60 Kwh.</b>

Total de Kilowatts en los horarios Base, Intermedio y Punta.

Demanda (Horario)	Consumo	
<b>Base</b>	450 Kwh.	170 Kw.
<b>Intermedio</b>	2810 Kwh.	310 Kw.
<b>Punta</b>	40 Kwh.	170 Kw.

$$DF = DP + FRI * \max(DI-DP,0) + FRB * \max(DB-DPI,0)$$

Donde:

- DP: 170 Kw.
- DI: 310 Kw.
- DB: 170 Kw..
- DPI: 310 Kw.
- FRI: 0.3.
- FRB: 0.15.



<b>18,223.18</b>	<b>6</b>	<b>109,339.08</b>
<b>53,693.73 + 109,339.08</b>		<b>163,032.81 por año</b>

Como se esta considerando un periodo de 20años.

<b>\$ 163,032.81</b>	<b>20 años</b>	<b>\$ 3, 260 656.2</b>
----------------------	----------------	------------------------

Además de que se hace la consideración, que para poder utilizar esta tarifa OM eléctrica se debe de contar con una subestación propia, ya que el suministro es en media tensión, la cual tiene un costo aproximado de **\$ 3 000 000.**

Por lo que nuestro total sería aproximadamente de:

<b>\$ 3,260 656.2</b>	<b>\$3, 000 000.00</b>	<b>\$ 6,260656.2</b>
-----------------------	------------------------	----------------------

Este sería nuestro costo aproximado para un periodo de 20 años, consumiendo energía eléctrica por parte de la compañía suministradora.

El cálculo de la demanda facturable se hizo en base al precio de un mes de energía eléctrica, un mes para la facturación con horario de verano y otro mes para el periodo en que no se tiene horario de verano. Por lo que no se esta considerando variantes en el precio de la energía eléctrica por mes, y se esta suponiendo un nivel de demanda para poder realizar los cálculos necesarios para obtener un aproximado en la facturación.

## **6 ANÁLISIS DE DEMANDA DE ENERGÍA ELÉCTRICA**

### **6.1 CELDAS FOTOVOLTAICAS**

Se hará ahora el análisis económico al utilizar celdas fotovoltaicas para la alimentación del comedor.

32 Subsistemas cada uno con:

- 2 Subsistemas con 15 paneles de 205 W cada uno.
- 1 controlador de carga de 12 volts.
- 5 Baterías de ciclo profundo de 12 volts y 100 A\*h.
- 1 Inversor de 6000 Watts a12 volts.

#### **Panel Fotovoltaico Sharp.**

Panel Fotovoltaico de 205 watts.

**\$1,107 dólares.**

Si tenemos que utilizar 850 paneles

850 X 1107 dólares = **\$940,950 dólares**

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
INGENIERÍA ELÉCTRICA - ELECTRÓNICA

En los planos se están considerando 950 paneles para obtener 196.8 Kw para poder contemplar una carga a futuro.

Por lo tanto:  $50 \times 1107 \text{ dólares} = \mathbf{\$1,051\ 650 \text{ dólares.}}$

**Batería de ciclo profundo.**

Batería de ciclo profundo de 100 A\*h, 12 volts, 30 kg. **\$129.0 dólares.**

Se utilizarán 5 baterías por sistema de 6000 watts.

$5 \times \$129.0 \text{ dólares} = 645 \text{ dólares.}$

$645 \text{ dólares} \times 32 \text{ subsistemas} = \mathbf{\$ 20640 \text{ dólares.}}$

**Controlador de carga y Descarga SunSaver.**

Modelo SS-20L-12V. 20 Amperes. **\$ 152.00 dólares.**

Se necesitan 32 controladores de carga.

$32 \text{ reguladores} \times \$152.00 \text{ dólares} = \mathbf{\$4864 \text{ dólares.}}$

**Inversor de 6000 watts.**

SK-6000. 6000 Watts, 12 VCD de entrada, 240 VCA de salida.

**\$2,455.00 dólares.**

Se necesitan 32 Inversores.

$32 \text{ Inversores} \times \$2,455.00 = \mathbf{\$ 78560 \text{ dólares.}}$

Total =  $\mathbf{\$ 1,051\ 650 \text{ dólares} + \$ 20640 \text{ dólares} + \$4864 \text{ dólares} + \$78560 \text{ dólares.}}$

Total =  $\mathbf{\$ 1\ 155\ 714 \text{ dólares.}}$

En pesos tomando la paridad en 1 dólar a \$15.00.

Total =  $\mathbf{\$17, 335\ 710}$  sin tomar en cuenta las variaciones en el tipo de cambio.

Si tomamos como un 40% del total para mano de obra =  $\mathbf{\$ 7\ 000\ 000.}$

Se tiene como Total =  $\mathbf{\$ 24\ 335\ 710}$

DISPOSITIVO	COSTO DOLARES
PANEL FOTOVOLTAICO	<b>\$1,051 650</b>

BATERÍA CICLO PROFUNDO	\$ 20,640
CONTROLADOR DE CARGA Y DESCARGA	\$ 4,864
INVERSOR 6000 WATTS	\$ 78,560
MANO DE OBRA	\$ 70,000
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 12, 205 714</b>
<b>TOTAL PESOS</b>	<b>\$ 24, 335 710</b>

### 6.2 Análisis de demanda de Energía Eléctrica con Micro Turbina de Gas.

ELEMENTOS PARA EL SISTEMA	Costo en \$US
Micro turbina a gas natural de 250 kW	260000
Puente de transformación o reductor de presión de gas	5500
Tubería para gas natural (incluye excavación y filtro de gas)	2000
Válvula de bola de acero al carbono 2	250
Extensión de red eléctrica en 480 / 220 V (400 m)	3500
Casa de máquinas de 40 m <sup>2</sup>	2500
Accesorios para conexión (eléctricos y gas)	1000
Imprevistos	10000
<b>TOTAL general</b>	<b>284 750</b>

Si consideramos la paridad del dólar a \$15.00

Por lo que se tendría un costo aproximado de **284,750 X 15= \$ 4,271 250.**

<b>TOTAL PESOS</b>	<b>\$ 4,271250</b>
--------------------	--------------------

### 6.3 Consideraciones tomadas en el proyecto:

Para realización del proyecto se tomaron como base a la Norma Oficial Mexicana 001-SEDE-2005, al standard 37 de la NFPA referentes a instalación de turbinas de gas, tarifas horarias y costo de la energía por parte de la compañía suministradora.

El cálculo de la demanda facturable se hizo en base al precio de un mes de energía eléctrica, un mes para la facturación con horario de verano y otro mes para el periodo en que no se tiene horario de verano. Por lo que no se esta considerando variantes en el precio de la energía eléctrica por mes, y se esta suponiendo un nivel de demanda para poder realizar los cálculos necesarios para obtener un aproximado en la facturación.

Los precios de los dispositivos de generación distribuida fueron tomados con valores existentes en el mercado, estos precios están sujetos a cambio, es por eso que la paridad del dólar se tomo a 15 pesos y tener un valor aproximado si hubiese algún cambio en los precios.

A continuación se presenta una tabla comparativa entre las tres formas de alimentación de energía eléctrica que se analizaron.

<b>ANÁLISIS DE COSTOS DE ENERGÍA ELÉCTRICA</b>		
<b>FUENTE DE ENERGÍA</b>	<b>TIEMPO DE VIDA</b>	<b>PRECIO \$</b>
<b>CELDA FOTOVOLTAICAS</b>	<b>20 AÑOS</b>	<b>24,335 710</b>
<b>MICRO TURBINAS</b>	<b>20 AÑOS</b>	<b>4,271 250</b>
<b>COMPAÑÍA SUMINISTRADORA</b>	<b>20 AÑOS</b>	<b>6,260 656</b>