

# MODELACION DE COSTOS

Andrés Orellana L.

aorellana@est.ups.edu.ec

José Sarango C.

jsarangoc@est.ups.edu.ec

Juan Sarmiento R.

jsarmiento@est.ups.edu.ec

José Valarezo B.

jvalarezobo@est.ups.edu.ec

Universidad Politécnica Salesiana, Sede Cuenca

Sistemas Electricos de Potencia III

**Resumen**—En el siguiente informe se trata de dar a conocer los pasos a seguir en el momento que se desea cambiar un conductor, de un sistema eléctrico de potencia, se empezara por entender los conceptos básicos para esto, y luego se procederá a realizar un problema, en donde se plantea si es conveniente cambiar un conductor calibre 2 AWG a un conductor calibre 1/0 AWG, con un vano de 35 Km, teniendo como dato la demanda a partir del año 0 al año 7, para hacer esto se realizo una hoja de calculo en Excel para automatizar la obtención de todos los parámetros de la modelacion .

## I. OBJETIVO GENERAL

- Determinar si es o no conveniente el cambio del conductor y si esto ocurre en que tiempo.

## II. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Entender los datos que nos da el problema
- Obtener el Beneficio y el Costo que esto repercute.
- Llegar a determinar la RBC del problema.

## III. INTRODUCCIÓN

La Red de Distribución de la Energía Eléctrica o Sistema de Distribución de Energía Eléctrica es la parte del sistema de suministro eléctrico cuya función es el suministro de energía desde la subestación de distribución hasta los usuarios finales (medidor del cliente). Se lleva a cabo por los Operadores del Sistema de Distribución (Distribution System Operator o DSO en inglés).

Para esto es muy importante los Indicadores técnico económicos de la energía ya que estos son elementos de carácter cualitativo que sirven para expresar el nivel de la eficiencia de un fenómeno dado. Su expresión generalmente es numérica pero expresan un nivel de comportamiento de un proceso productivo o social y son el resultado de una relación corporativa que se expresa en fracción o porcentaje.

## IV. MARCO TEÓRICO

### IV-A. Indicadores Generalizadores y Diferenciadores

Los indicadores Generalizadores son válidos para todos los procesos y expresan su comportamiento global como por

ejemplo pueden ser el crecimiento de la producción, el costo de producción vs el gasto, la rentabilidad que es igual a la ganancia vs el valor de los gastos básicos

Los indicadores Diferenciadores que caracterizan el grado de utilización de los recursos como por ejemplo pueden ser la productividad que es igual al costo de la producción vs el número de trabajadores, la efectividad del material que es igual al costo del material vs el costo de la producción.

### IV-B. Indicadores específicos

Van de acuerdo a cada rama productiva

#### ▪ Coeficiente de Utilización

El coeficiente de utilización de la carga instalada indica el porcentaje del año que es utilizada una unidad a su capacidad nominal (matemáticamente). El coeficiente de utilización de una unidad generadora depende de la función que realice en el sistema y de su comportamiento técnico.

#### ▪ Insumo de la Planta

Indica el porcentaje de la energía eléctrica que es consumida por las instalaciones de la propia planta, es un indicador de eficiencia de la planta, cada planta tiene por diseño un nivel de consumo de sus instalaciones dado pero este puede comportarse de forma muy diversa dependiendo de su estado técnico y la eficiencia de operación.

#### ▪ Consumo Específico

Mide la eficiencia de conversión de energía de la planta expresando los gramos de petróleo o gas equivalente necesarios para producir un kilo watt hora, es uno de los indicadores más importantes en la generación.

#### ▪ Reserva de Capacidad

Indica el porcentaje de capacidad con que cuenta el sistema por encima de la demanda máxima. Se realiza para:

- Mantener un porcentaje de la capacidad de mantenimiento
- Mantener un porcentaje como reserva para eventualidades en frío
- Mantener un porcentaje como reserva rodante.

#### IV-C. Indicadores del Trabajo en las Redes

##### ■ Factor de Potencia.

Mide el nivel de aprovechamiento de la potencia útil del sistema y la pérdida de energía en las redes.

##### ■ Tiempo Máximo.

Es el tiempo del año que se mantiene matemáticamente la demanda máxima.

##### ■ Factor de Carga.

Mide la relación entre la demanda media y la demanda máxima.

##### ■ Factor de Capacidad.

Mide la relación entre la demanda máxima de la red y la capacidad instalada dando una idea del nivel de aprovechamiento de esta.

##### ■ Factor de Liberación de Capacidad.

Este factor mide la capacidad liberada en kilo watt en los diferentes subsistemas de un sistema eléctrico, por cada kilo watt que se disminuya, la demanda en un punto del sistema puede ser en la distribución, en la transmisión o en ambos.

## V. MÉTODOS DE CÁLCULO ECONÓMICO

Se utilizan solo los métodos deterministas. Para los problemas que son resueltos mediante modelos matemáticos es necesario el uso del método de los costos anuales que serán evaluados en la función objetivo del modelo y para los problemas de selección de variantes, se utilizarán el método de la Razón Beneficio Costo [RBC], el método del Valor Actual Neto [VAN]. Hay que tener presente que el capital no es estático y que su cambio esta a lo largo de los años de vida útil de la inversión. Los efectos que producirán las variantes son diferentes cada año, un capital  $B_0$  actual aumenta su valor en función de una tasa de interés de descuento  $r_i$  [rate]

## VI. DESARROLLO DE MODELACION DE COSTOS

Como ya se ha mencionado antes se desea saber si es conveniente o no cambiar un conductor de calibre 2 AWG a calibre calibre 1/0 AWG, para un vano de 35 Km, teniendo como dato la demanda desde el año 0 al año 7, como se observa en la figura 1 ; también se puede observar los factores de carga residencial y no residencial en la figura 2.

| DEMANDA [Kwatt] |
|-----------------|
| 8,115           |
| 8,242           |
| 8,37            |
| 8,499           |
| 8,627           |
| 8,756           |
| 8,885           |
| 9,014           |

Figura 1. Demanda obtenida desde el año 0 al año 7

| DEMANDA                                   |             |
|---|-------------|
| Factor de Carga Residencial [Fcr]         | 0,8         |
| Porcentaje de Carga Residencial[ %Cr]     | 45 %        |
| Horas de falla [Hf]                       | 200 Horas   |
| ENS Residencial [ENSr]                    | 10 Centavos |
| Ksep                                      | 22 Centavos |
| Factor de carga no residencial [Fcnr]     | 0,3         |
| Porcentaje de carga no residencial[ %Cnr] | 65 %        |
| ENS no residencial [ENSnr]                | 5,2 dolares |
| Rate                                      | 12 %        |

Figura 2. Datos Del Problema

Con los datos de las figuras 1 y 2 se se continua a calcular la energía demandada por año residencial y la energía demandada por año no residencial mediante la formula 1 y 2 respectivamente. Los resultados se observan en la figura 3.

$$EDPAR = Fcr * DM * 1000 \frac{KW}{MW} * \frac{\%Cr}{100 \%} * 8760 \frac{h}{a} \quad (1)$$

$$EDPANR = Fcnr * DM * 1000 \frac{KW}{MW} * \frac{\%Cnr}{100 \%} * 8760 \frac{h}{a} \quad (2)$$

| DEMANDA [Kwatt] | ENERGIA DEMANDADA POR AÑO RESIDENCIAL [Kwatt/h] | ENERGIA DEMANDADA POR AÑO NO RESIDENCIAL [Kwatt/h] | TOTAL [Kwatt/h] |
|-----------------|---|--|-----------------|
| 8,115           | 25591464,000                                    | 13862043,000                                       | 39453507,000    |
| 8,242           | 25991971,200                                    | 14078984,400                                       | 40070955,600    |
| 8,37            | 26395632,000                                    | 14297634,000                                       | 40693266,000    |
| 8,499           | 26802446,400                                    | 14517991,800                                       | 41320438,200    |
| 8,627           | 27206107,200                                    | 14736641,400                                       | 41942748,600    |
| 8,756           | 27612921,600                                    | 14956999,200                                       | 42569920,800    |
| 8,885           | 28019736,000                                    | 15177357,000                                       | 43197093,000    |
| 9,014           | 28426550,400                                    | 15397714,800                                       | 43824265,200    |

Figura 3. Energía demandada por año residencial y no residencial acorde a la demanda

El paso 3 es calcular la energía dejada de servir residencial y no residencial mediante las formulas 3 y 4, así mismo se observan los resultados en la figura 4.

$$EDSR = Fcr * DM * 1000 \frac{KW}{MW} * \frac{\%Cr}{100 \%} * Hf \quad (3)$$

$$EDSNR = Fcnr * DM * 1000 \frac{KW}{MW} * \frac{\%Cnr}{100 \%} * Hf \quad (4)$$

| ENERGIA DEJADA DE SERVIR RESIDENCIAL [Kwatt/h] | ENERGIA DEJADA DE SERVIR NO RESIDENCIAL [Kwatt/h] | TOTAL [Kwatt/h] |
|--|---|-----------------|
| 584280,0000                                    | 316485,0000                                       | 900765,0000     |
| 593424,0000                                    | 321438,0000                                       | 914862,0000     |
| 602640,0000                                    | 326430,0000                                       | 929070,0000     |
| 611928,0000                                    | 331461,0000                                       | 943389,0000     |
| 621144,0000                                    | 336453,0000                                       | 957597,0000     |
| 630432,0000                                    | 341484,0000                                       | 971916,0000     |
| 639720,0000                                    | 346515,0000                                       | 986235,0000     |
| 649008,0000                                    | 351546,0000                                       | 1000554,0000    |

Figura 4. Energía dejada de servir residencial y no residencial

El paso 4 es calcular el costo ENS (energía no suministrada que básicamente es una mediada en unidades monetarias del daño económico o social que sufren los clientes) ; y el costo de energía del SEP con las formulas 5 y 6 respectivamente; los resultados se observan en la figura 5.

$$CENS = \left( EDSR * \frac{ENSr}{100} \right) + (EDSNR * ENSnr) \quad (5)$$

$$Ki = 47600$$

Al ENSr se lo divide para 100 ya que al estar en centavos se lo transforma a dolares, en cambio el dato de ENSnr ya esta en dolares.

$$CESEP = \frac{Ksep}{100} * [(EDPAR + EDPANR) - (EDSR + EDSNR)] \quad (6)$$

| COSTO ENS [USD]  | COSTO ENERGIA SEP [USD] | COSTO TOTAL [USD]        |
|------------------|-------------------------|--------------------------|
| USD 1.704.150,00 | USD 8.481.603,24        | USD 10.185.753,24        |
| USD 1.730.820,00 | USD 8.614.340,59        | USD 10.345.160,59        |
| USD 1.757.700,00 | USD 8.748.123,12        | USD 10.505.823,12        |
| USD 1.784.790,00 | USD 8.882.950,82        | USD 10.667.740,82        |
| USD 1.811.670,00 | USD 9.016.733,35        | USD 10.828.403,35        |
| USD 1.838.760,00 | USD 9.151.561,06        | USD 10.990.321,06        |
| USD 1.865.850,00 | USD 9.286.388,76        | USD 11.152.238,76        |
| USD 1.892.940,00 | USD 9.421.216,46        | USD 11.314.156,46        |
|                  |                         | <b>USD 85.989.597,41</b> |

Figura 5. Costo ENS y Costo de energía de SEP

Los efectos que producirán las variantes son diferentes cada año, un capital Bo actual aumenta su valor en función de una tasa de interés de descuento ri [rate] como se muestra en la formula 7. y sus resultados en la figura 6.

$$= (1 + ri)^t \quad (7)$$

| Fc TOTAL | AÑO | (1+r)^t     |
|----------|-----|-------------|
| 0,67     | 0   | 1           |
| 0,67     | 1   | 1,12        |
| 0,67     | 2   | 1,2544      |
| 0,67     | 3   | 1,404928    |
| 0,67     | 4   | 1,57351936  |
| 0,67     | 5   | 1,762341683 |
| 0,67     | 6   | 1,973822685 |
| 0,67     | 7   | 2,210681407 |

Figura 6. Capital en aumento y Fc total

El siguiente paso es llegar a calcular el costo de lo que implica cambiar al conductor mediante la formula 8 , como se puede observar se necesita costo total de inversión durante su vida útil (Ki) el cual se calcula con la formula 9.

$$Costo = \frac{Ki}{(1 + ri)^t} \quad (8)$$

$$Ki = (CostoConductor / Km) * LongitudConductor * NumeroConductores \quad (9)$$

El costo del conductor por kilómetro así como la longitud y el numero de conductores ya los tenemos como dato a estos se los observa en la figura 7.

|       | Tipo ACSR   | COSTO (USD / Km) | Longitud (Km) |
|-------|-------------|------------------|---------------|
| viejo | Calibre 2   | 250              | 35            |
| nuevo | Calibre 1/0 | 340              | 35            |

Figura 7. Datos Para calculo Ki

Con estos datos se tiene el siguiente valor de Ki:

El siguiente paso es calcular el beneficio esto nos indica el provecho que tendremos al cambiar el conductor ; para esto usaremos los datos de la figura 8; con estos datos como primer paso obtendremos la diferencia en perdidas con la formula 10.

|                              |       | Resistencia (ohm/Km) | Voltaje Linea [KV] | Cp USD/kwh | Ksep (USD) |
|------------------------------|-------|----------------------|--------------------|------------|------------|
| Tiempo equivalente (Te) en h | viejo | 0,87632696           | 13,2               | 0,05       | 80         |
|                              | nuevo | 0,551895587          | 13,2               | 0,05       | 80         |

Figura 8. Datos para calculo de Beneficio

$$DiferenciaEnPerdidas = (R2 - R1) * L * \frac{0,001}{UI * UI} * (Cp * Te * Ksep) \quad (10)$$

$$DiferenciaEnPerdidas = 0,018247403$$

Los resultados de nuestro calculo se muestran en la figura 9; donde se indica ademas la razon Beneficio Costo, la misma que no ayudara a determinar si es proyecto es factible o no.

| COSTO [USD] | BENEFICIO [USD] | RBC         |
|-------------|-----------------|-------------|
| 47600,000   | 1201650,319     | 25,2447546  |
| 42500,000   | 1106746,750     | 26,04110001 |
| 37946,429   | 1019097,951     | 26,85622836 |
| 33880,740   | 938172,391      | 27,69043406 |
| 30250,661   | 863075,052      | 28,53078369 |
| 27009,518   | 793820,756      | 29,39040772 |
| 24115,641   | 729806,599      | 30,26279036 |
| 21531,823   | 670671,739      | 31,14793161 |

Figura 9. Resultados obtenidos y RBC

La figura 9 nos muestra que la RBC si es mayor a 1 y que el proyecto es factible desde el año 0 es decir desde ahora.

## VII. CONCLUSIONES

- Para los problemas que son resueltos mediante modelos matemáticos es necesario el uso del método de los costos anuales que serán evaluados en la función objetivo del modelo y para los problemas de selección de variantes, se utilizarán el método de la Razón Beneficio Costo [RBC], el método del Valor Actual Neto [VAN].
- Se determina que si RBC>1 entonces el proyecto es admisible; es lo mismo que el VAN o VNA
- Hay que tener presente que el capital no es estático y que su cambio esta a lo largo de los años de vida útil de la inversión.

## REFERENCIAS

- [1] Victor Emilio Calle, Jaime Oswaldo Gualpa ; Determinación de los costos de energía no suministrada; Universidad Politécnica Salesiana.
- [1] Convenio UPS- CENTROSUR; Metodología de evaluación del costo de la energía no suministrada.
- [2] Daniel Muguerza, Ernesto Kerszberg; Valor de la confiabilidad en el sistema eléctrico , la discucion metodologica para su determinación.
- [3] Diapositivas expuestas en Clase.