

**ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL**

**Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación**



TESIS DE GRADO

DETERMINACION DEL COSTO DE INTERRUPCION EN LOS USUARIOS  
INDUSTRIALES DE LA CIUDAD DE GUAYAQUIL.

TESIS DE GRADO

Previa la obtención del título de:

**INGENIERO EN ELECTRICIDAD**

**Especialización Potencia**

Presentada por:

EDISON PEREZ RUMBEA

JAVIER CACERES BARAHONA

RICHARD GAMBOA MORENO

GUAYAQUIL - ECUADOR

2005

## **AGRADECIMIENTO**

Al ING. CARLOS STAY MEDINA, quien con su valiosa experiencia nos ayudó en la realización de este trabajo.

Al DR. CRISTOBAL MERA G, director de tópicos por la colaboración y confianza depositada en nuestro trabajo.

## DEDICATORIA

*A mis padres, por su paciencia, sacrificio y apoyo incondicional en todo momento.*

*A mi esposa, quien con sus palabras de aliento y comprensión hizo menos difícil esta tarea.*

*A mi hijo Edison, fortaleza constante de todas mis acciones.*

*A mis hermanas, por sus muestras de cariño y superación.*

Edison Pérez Rumba.

## DEDICATORIA

*A Dios,*

*A mis padres,*

*A mis hermanos.*

JAVIER CACERES BARAHONA.

## DEDICATORIA

*A Dios*

*A mis amigos*

*A mi cuñado.*

RICHARD GAMBOA MORENO.

## TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

---

**Ing. Carlos Monsalve A**

Decano de la FIEC

---

**Dr. Cristóbal Mera G.**

Director de Tópico

---

**Ing. Eduardo León.**

Miembro Principal

---

**Ing. Leo Salomón.**

Miembro Principal

## **DECLARACION EXPRESA**

“La responsabilidad del contenido de este Tópico de Graduación, nos corresponde exclusivamente, y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL”

( Reglamento de Graduación de la ESPOL )

---

**Edison Pérez Rumbea**

---

**Javier Cáceres B.**

---

**Richard Gamboa M.**

## RESUMEN

Este proyecto presenta los resultados de la evaluación del Costo de Interrupción en los usuarios industriales de la ciudad de Guayaquil.

Varios métodos en diferentes países han sido utilizados para la evaluación de los impactos y costos que afectan a los usuarios cuando ocurre una interrupción eléctrica. El presente proyecto los evalúa utilizando dos de los métodos más comúnmente utilizados: la Metodología Directa (encuestas personales) y la Metodología Analítica Indirecta. Aunque existen limitaciones en la información necesaria, el análisis presentado en este reporte indica que una interrupción eléctrica puede resultar en costos significativos para los usuarios finales.

Para la metodología directa, las encuestas fueron conducidas en siete grupos (estratos) del sector industrial de la ciudad de Guayaquil: química, textil, hierro - acero, alimenticia, alcohol, papel - cartón y cereales, con lo cual se pudieron obtener resultados de cada uno de estos sectores así como también un análisis de las industrias que cuentan y no cuentan con sistemas de generación alternativa. La metodología analítica indirecta presenta resultados del costo de interrupción a nivel nacional.

## **INDICE GENERAL**

<b>DECLARACIÓN EXPRESA</b>	<b>VII</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>VIII</b>
<b>INDICE GENERAL</b>	<b>IX</b>
<b>INDICE DE TABLAS</b>	<b>XIII</b>
<b>INDICE DE FIGURAS</b>	<b>XIV</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>XVI</b>

### **CAPITULO I: Aspectos Generales**

1.1	Antecedentes Generales	1
1.2	Situación actual	5
1.3	Objetivos de la Tesis	10
1.4	Motivación del estudio	11
1.4.1	Causas de una interrupción eléctrica	12
1.4.2	Los Costos y sus tipos	18
1.4.3	Justificación del sector Industrial de Guayaquil	20
1.5	Definiciones	23
1.6	Metodologías para calcular costos de interrupción	25
1.7	Revisión Bibliográfica	28
1.8	Alcance de la Tesis	30

1.9	Estructura de la tesis	32
-----	------------------------	----

## **CAPITULO II: MÉTODO DIRECTO (DIRECT WORTH)**

2.1	Antecedentes	35
2.2	Objetivos	36
2.3	Clasificación y selección de los Usuarios	37
2.3.1	Marco general de encuestas	37
2.3.2	Estratificación	39
2.3.3	Marco referencial	41
2.3.4	Muestra seleccionada	43
2.4	Estrategias para la obtención de los datos	45
2.5	Metodología aplicada	47
2.5.1	Estructura de la encuesta	47
2.5.1.1	Identificación de los Costos Directos	50
2.5.2	Formulación de la encuesta	62
2.5.3	Tabulación y procesamiento de los datos	63
2.5.4	Normalización de los costos	65
2.5.4.1	Energía Anual no suministrada	69
2.5.5	Función de costos del sector industrial	71

### **CAPITULO III: Cálculo Analítico Indirecto: Modelo Econométrico**

3.1	Antecedentes	74
3.2	Marco Teórico	76
3.2.1	Los modelos Econométricos	76
3.2.2	Etapas para la construcción de un modelo Econométrico	79
3.2.3	Modelo Básico de Regresión Lineal	80
3.2.4	Estimación del modelo básico de regresión lineal	81
3.2.5	Estimador M.C.O	81
3.2.6	La econometría y la computadora	82
3.3	Modelo econométrico del Costo de Interrupción	83
3.3.1	Análisis económico global	83
3.3.1.1	Supuestos	83
3.3.1.2	Formulación	85
3.3.1.3	Desarrollo	87

### **CAPITULO IV: Evaluación y Análisis de Resultados**

4.1	Presentación de los Resultados Método Directo	88
4.1.1	Datos de la industria	89
4.1.2	Duración y frecuencia de Interrupción	91

4.1.3	Importancia de los Equipos Eléctricos	94
4.1.4	Tipo de Generación Eléctrica	95
4.1.5	Costos Directos de la Interrupción	100
4.1.6	Variación del costo según escenarios de ocurrencia	118
4.1.7	Variación del costo según información de empresas	119
4.2	Presentación de los Resultados Análisis Indirecto	122
<b>COMENTARIOS FINALES y CONCLUSIONES</b>		126
<b>RECOMENDACIONES</b>		128
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>		131
<b>ANEXOS</b>		133

Anexo A: Carta enviada a clientes industriales.

Anexo B: Ejemplo del cálculo del costo de Generación Propia.

Anexo C: Cuadro Demostrativo del Proceso de Producción y sus Efectos.

Anexo D: Encuesta para el sector industrial.

Anexo E: Registros de consumos del PIB y Consumo Eléctrico.

**INDICE DE TABLAS.**

Tabla 1.1 Estructura del Consumo eléctrico del país y Guayaquil.	19
Tabla 2.1 Clasificación de usuarios industriales según CATEG.	37
Tabla 2.2 Marco general de usuarios industriales.	37
Tabla 2.3 Clasificación de industrias acorde a su principal actividad.	41
Tabla 2.4 Población de industrias y encuestas.	42
Tabla 2.5 Población de industrias y encuestas válidas.	43
Tabla 2.6 Resumen de encuestas.	46
Tabla 4.1 Cuadro comparativo de la muestra	84
Tabla 4.2 Costos de interrupción de una industria promedio.	101
Tabla 4.3 Costos de interrupción industrial normalizados en 1 hora.	112
Tabla 4.4 Comparación del costo de interrupción del sector industrial obtenido, con el de otros países o ciudades (\$/KWH).	115
Tabla 4.5 Comparación del costo de interrupción del sector industrial obtenido, con el de otros países o ciudades (\$/KW).	116
Tabla 4.6 Registro de datos de PIB y MWH anuales.	122

**INDICE DE FIGURAS.**

Figura 4.1 Encuestados, según empresa distribuidora.	86
Figura 4.2 Distribución geográfica de encuestados de la CATEG.	87
Figura 4.3 Cantidad promedio de interrupciones eléctricas.	88
Figura 4.4 Tiempo promedio de interrupciones eléctricas.	89
Figura 4.5 Industrias con y sin generación propia.	93
Figura 4.6 Clasificación de los generadores.	94
Figura 4.7 Tipo de transferencia de los generadores.	94
Figura 4.8 Capacidad de sistemas de generación vs demanda pico.	95
Figura 4.9 Costos de interrupción de usuarios sin generación propia.	99
Figura 4.10 Costos de interrupción de usuarios con generación propia.	99
Figura 4.11 Costo Fijo del Generador	102
Figura 4.12 Costos Fijos de Daños a Equipos y Maquinaria	102
Figura 4.13 Tiempo para restablecer los procesos de producción.	104
Figura 4.14 Costos por restablecer los procesos de producción.	105
Figura 4.15 Costos por pérdida de producción.	105
Figura 4.16 Costos por daño de materia prima.	106
Figura 4.17 Costos por horas extras.	107
Figura 4.18 Costos variables por generación propia.	108
Figura 4.19 Costos por horas perdidas.	108
Figura 4.20 Costos por reproceso de materia prima.	109

Figura 4.21	Funciones de costos para industrias con y sin generación normalizados por Kwh anuales consumidos.	110
Figura 4.22	Función de costos del sector industrial, normalizados por Kwh anuales consumidos.	111
Figura 4.23	Funciones de costos para industrias con y sin generación normalizados por demanda pico (Kw) anual.	111
Figura 4.24	Función de costos del sector industrial, normalizados por demanda pico (kw) anual.	112
Figura 4.25	Función de costos por estratos del sector industrial, normalizada por KWH.	113
Figura 4.26	Función de costos por estratos del sector industrial, normalizada por KW.	114
Figura 4.27	Comparación de costos de interrupción según conocimiento de las industrias y resultados del estudio.	117
Figura 4.28	Esquema de aplicación de la metodología analítica Indirecta.	121
Figura 4.29	Resultados del programa computacional E-VIEWS.	124
Figura 4.30	Comparación entre energía y productividad ajustada.	124

## INTRODUCCIÓN

“En este nuevo siglo los países exitosos serán los que aprendan tanto de sus malas experiencias, como de las que hayan vivido los demás”.

La interrupción eléctrica, nos indica la importancia de la continuidad del suministro en el mundo moderno: Ante una falla generalizada toda la actividad económica y social se paraliza.

Es tan bajo el costo de la infraestructura eléctrica, en relación con el valor del producto interno bruto total de un país, que resulta injustificado dejar a merced de las fuerzas de la oferta y la demanda de un mercado abierto, el desarrollo armónico y confiable de los sistemas eléctricos.

Se pueden evitar las fallas totales de los sistemas eléctricos interconectados, a menos que sean causadas por condiciones climatológicas muy adversas (terremotos, fenómeno del niño, nevadas extremas, etc.), o por guerras o ataques terroristas.

Las redes eléctricas de potencia se comportan acorde con leyes físicas, y desde hace muchos años se han desarrollado la matemática y el software, que hoy permiten modelar en una computadora de escritorio los grandes sistemas eléctricos interconectados.

Una red interconectada de transmisión se analiza en su comportamiento por flujos de potencia, en condiciones normales de operación o bajo muchas situaciones de falla probables: Comúnmente los técnicos responsables “corren” cientos de casos para estudiar el comportamiento de la red actual (a máxima y mínima demanda), y también en su expansión anual para un período futuro de al menos una década. También se analiza la estabilidad de

los sistemas, para diseñar y ajustar las protecciones, estableciendo las condiciones límite de carga de cada enlace; esto permite operar los sistemas interconectados con mayor estabilidad obteniendo un máximo de confiabilidad: El objetivo que se busca es que cuando se presentan fallas ya previstas, que signifiquen pérdida de algunas líneas o unidades generadoras, solamente se interrumpan las mínimas secciones afectadas del sistema.

**Los sistemas eléctricos deben planificarse** tanto en su expansión como en su operación, de una manera integral y armónica, para atender el crecimiento de la demanda.

Desde hace una década, atendiendo al modelo económico neoliberal se han estado desagregando los sistemas eléctricos, creando empresas independientes que atienden por separado la generación, la transmisión, ó la distribución. Se pretendía crear un mercado abierto desregulado que propiciaría una competencia en la producción de electricidad; esto último a su vez derivaría en menores precios para el consumidor final. La realidad mundial es que no han disminuido los precios de la electricidad, y por el contrario los sistemas eléctricos se han debilitado, por falta de inversiones para su expansión y confiabilidad.

La fragilidad de la infraestructura de los sistemas eléctricos, trae como consecuencia la presencia de interrupciones del servicio, que dependiendo de la frecuencia y duración de las mismas, son cada vez más perjudiciales para el desenvolvimiento normal de las actividades de los usuarios en general, por lo tanto, **los ecuatorianos habremos de analizar con mucho detalle** la evolución del sistema eléctrico nacional: Hasta ahora la planificación del desarrollo integral a mediano y largo plazo, está bajo la responsabilidad del CONELEC.

El motivo de éste estudio comprende en determinar cuantitativamente como le afectan las interrupciones eléctricas al sector industrial de la ciudad de Guayaquil, y cuyos justificativos sobran. Para llegar a determinar los costos presentamos el siguiente estudio piloto. Luego de revisar las diversas metodologías nos inclinamos por desarrollar dos de las más comúnmente utilizada para condiciones similares a nuestra realidad: 1) El método Directo por Encuestas, realizadas en el sitio después de seleccionar la muestra satisfactoria y percibir el entorno y la realidad del industrial promedio; 2) El método del Cálculo Indirecto, utilizando la Econometría y su aplicación de las variables macroeconómicas disponibles.

Esperamos y confiamos que el presente estudio servirá de base para analizar más profundamente la realidad de los costos de interrupción en nuestro país y en especial del sector industrial de la ciudad de Guayaquil.

## **I. ASPECTOS GENERALES**

### **1.1 ANTECEDENTES GENERALES.-**

Resulta difícil hoy en día imaginar al mundo sin electricidad. Desde que encendemos la luz al levantarnos, nuestras vidas son una cadena incesante de eventos relacionados con el fluido eléctrico.

Hace poco más de cien años no existía el concepto de servicio eléctrico ni existían tampoco en parte alguna del mundo las grandes obras para producir, transportar y distribuir electricidad; ni los aparatos electrodomésticos, los equipos industriales, o los sistemas de telecomunicaciones para utilizar electricidad, por supuesto, tampoco existían las empresas eléctricas.

Las primeras empresas eléctricas (Swan Electric Light Co. y Edison Electric Co.) se establecieron en 1881 con el propósito de comercializar los servicios de iluminación.

Varios factores contribuyeron a la aparición de los grandes sistemas eléctricos como los conocemos hoy en día, conforme avanzó el desarrollo industrial, más y más fábricas en las áreas urbanas

demandaban el servicio, dadas las ventajas inherentes de la electricidad. Esto fue acompañado por avances en la ingeniería de los sistemas y por la incorporación de nuevos materiales y nuevas técnicas que permitieron construir turbinas y generadores de mayor tamaño e incrementar su eficiencia. A la vez, los sistemas de mayor tamaño permitieron lograr economías de escala que redundaban en las ganancias de las empresas eléctricas, permitiendo que éstas hicieran mayores inversiones y ampliaran su oferta, adelantándose a la demanda futura inmediata de electricidad.

Las grandes empresas eléctricas han cumplido un papel importante en el desarrollo de la humanidad, han sido pilar de la infraestructura industrial y vector en el proceso de desarrollo social y económico de las naciones, facilitando la introducción de servicios esenciales como la salud, la educación, la comunicación y el entretenimiento, mediante la construcción de miles y miles de kilómetros de líneas de transmisión y distribución. Ejércitos de técnicos e ingenieros en todo el mundo trabajan incesantemente produciendo electricidad noche y día, y asegurando que ésta llegue con la calidad y la oportunidad deseadas a todos los consumidores.

Los esfuerzos que realizan las compañías eléctricas para llevar el servicio hasta donde se requiere resultan cada vez más costosos y menos efectivos. Conforme crece el tamaño de las líneas, el número de usuarios al final de ellas típicamente disminuye; su capacidad de consumo eléctrico y de pago por éste es más limitado, la cobranza se hace más difícil; los requerimientos de mantenimiento de las líneas aumentan; crecen las pérdidas de electricidad a lo largo de los conductores, y baja la calidad del servicio al ser mayor la frecuencia de las interrupciones y las variaciones en el voltaje. En consecuencia, muchos ejecutivos de las empresas eléctricas piensan que ampliar las redes de distribución más allá de los grandes centros de carga no es buen negocio. Pero no es su único problema: agobiadas por el peso de una enorme deuda económica, muchas empresas eléctricas de los países en desarrollo encuentran cada vez más difícil conseguir financiamiento para extender las líneas, el poco que está a su alcance prefieren utilizarlo para mantener la infraestructura con que cuentan y ampliar en lo posible su capacidad de generación de electricidad ante una demanda urbana e industrial que crece día a día. Así, en la actualidad cada vez son menos las empresas eléctricas en el mundo que, apoyadas con fondos del erario público de sus países, continúan sus actividades de extensión de las redes eléctricas más allá de los

centros industriales y de poblaciones importantes. La situación puede agravarse con la ola actual de privatizaciones en el sector eléctrico, en la que la actividad de electrificación de sitios remotos podría disminuir aún más.

Por un número de razones, algunas preconcebidas, otras todavía no bien entendidas, y tal vez otras más aún no descubiertas, en muchos casos el precio de la electricidad a los consumidores es menor que sus costos reales. Sin duda, la razón más frecuente, y al mismo tiempo la más evidente, gravita alrededor de los subsidios que se otorgan a las empresas públicas (y en ocasiones a algunas empresas privadas) en una u otra etapa del proceso de abastecimiento eléctrico, y para los cuales cada gobierno tiene sus propias justificaciones. Menos evidentes, pero sin duda en el mismo sentido, son los subsidios que se otorgan a los combustibles en general, incluyendo a los que se utilizan para generar electricidad.

En definitiva, los sistemas eléctricos fallan por un sinnúmero de razones, vista de diferentes ángulos, y por lo tanto es muy importante determinar claramente cuál es el impacto económico y social que ocasionan estas fallas, impacto que variará de acuerdo a algunos factores como son: tipo y duración de la falla, condiciones

climáticas, hidrología, naturaleza geológica, e incluso los problemas políticos de la región de estudio.

## **1.2 SITUACIÓN ACTUAL.-**

Nuestra realidad nacional no deja de ser distinta a la de los demás sistemas eléctricos en potencia de muchos países de Latinoamérica, salvo en que en las tres últimas décadas no ha existido inversión en ésta área, ni pública ni privada.

Conviene mencionar los aspectos más relevantes del sector eléctrico nacional, indicando los siguientes datos poblacionales, geográficos y económicos:

Se estima que a fines del año 2000, el 81% de la población disponía de servicio de energía eléctrica, es decir unos 10,243,336 habitantes.

El índice de cobertura de las viviendas que tienen servicio de energía eléctrica en el ámbito urbano se estima en 96% y en el sector rural el 55%.

A Diciembre de 2003 existían en el Ecuador 13 empresas eléctricas generadoras, 1 transmisora, 7 auto productoras y 20 distribuidoras; de estas últimas 14 contaban con generación, pues aún no se escindían como manda la Ley de Régimen del Sector Eléctrico y 4 de las empresas distribuidoras operan sistemas No Incorporados, por lo que no requieren escindir su generación; se han calificado 44 Grandes Consumidores, de los cuales, a 2 se les ha revocado la calificación, 5 están recibiendo energía a través de sus Distribuidoras como Clientes Regulados y 5 obtienen su energía de sus Distribuidoras mediante Contratos a Plazo. De estas 20 empresas, una de ellas, atiende básicamente a la ciudad de Guayaquil, que representa alrededor del 29% de la energía total facturada en el país.

En el año 2003, el Ecuador incrementó su capacidad de generación, pasando de una potencia nominal instalada de 3 491 MW en el año 2002 a 3 765 MW, lo que equivale a 274 MW o al 7,85%; la potencia efectiva cambió de 3 294 MW a 3 541 MW, es decir se incrementó en 247 MW equivalente al 7,50%.

La Demanda Máxima Coincidente fue de 2 222,70 MW (S.N.I.), que indica un incremento de 89,20 MW equivalente al 4.18% con referencia al año 2002.

En el año 2003, el Ecuador tuvo una generación bruta total de 12 666 GWh lo que produjo una venta de energía de 11 984 GWh en el Mercado Eléctrico Mayorista – MEM, es decir el 94,62%. El total de energía bruta incluye la producción de las Empresas Generadoras (10 390 GWh – 82.03%), Distribuidoras con generación (745 GWh – 5,89%), Auto productoras (411 GWh – 3,24%) y la Importación desde Colombia (1 120 GWh – 8.84%). Así mismo, de este total, el 56,69% fue de origen hidráulico, 34,14% térmico y 8,84% por importación.

La Importación de energía desde Colombia se realizó mediante las líneas de transmisión a 138 kV (Pasto-Pomasqui -15,05 GWh-) y a 230 kV (Jamondino-Pomasqui -1 104,56 GWh-). Esta última entra en operación en el mes de marzo de 2003 y constituyó una gran ayuda para cubrir el déficit de producción de energía y evitó que se recurra a los racionamientos.

El crecimiento de producción de energía respecto al año anterior es de 722 GWh equivalente al 6.04%, que es superior al incremento de potencia, mejorando el factor de carga al 58,47% en el 2003.

El sistema eléctrico ecuatoriano es frágil, debido a que nuestra hidrología tiende a ser seca y la máxima generadora que poseemos es la Central Hidroeléctrica de Paute. En épocas de verano, el caudal de los ríos que se acoplan al embalse de esta central es bajo, lo que conlleva al riesgo de llegar a niveles inferiores de su cota mínima, provocando los famosos “estiajes”, causa principal de las interrupciones prolongadas (apagones), las que en la última década se han presentado continuamente en nuestro país.

Aparte del problema hidrológico, las generadoras no cuentan con recursos para tener las reservas de combustible para afrontar una época de estiaje, algunas centrales están fuera de operación a falta de dinero para la compra de repuestos y por ello se considera que existen continuos riesgos.

Con ésta compleja situación eléctrica en la ciudad de Guayaquil, inicia nuestro estudio.

### **1.3 OBJETIVOS DE LA TESIS.-**

La exigencia, cada vez mayor, de contar con un servicio eléctrico de buena calidad que asegure el desenvolvimiento normal de las actividades productivas de nuestro país, indica la necesidad de contar con un estudio completo que muestre las herramientas existentes para determinar los costos producidos por las interrupciones eléctricas.

Con esto en mente, el presente trabajo tendrá como objetivo principal, DETERMINAR los Costos de Interrupción de los Usuarios Industriales en la ciudad de Guayaquil, haciendo uso de dos metodologías, que permitan obtener un valor lo más cercano a la realidad de una interrupción no programada del suministro eléctrico.

Aunque las metodologías acerca de costos de interrupción son aplicables para todos los sectores de consumo, el presente trabajo se enfocará en identificar los costos que se ocasionan en los clientes industriales.

Con el presente trabajo monográfico pretendemos delinear un procedimiento para futuros estudios, de cómo obtener los Costos de

Interrupción siguiendo una metodología u otra; para lo cual definimos los pasos para la aplicación de cada método, además del análisis e interpretación de los datos.

#### **1.4 MOTIVACIÓN DEL ESTUDIO.-**

En la actualidad dependemos cada vez más de la energía eléctrica en nuestra vida cotidiana. Ya no es sólo nuestra fuente de iluminación en horas nocturnas. Todo nuestro confort, gracias a los aparatos electrodomésticos, así como nuestras actividades comerciales e industriales, está total y absolutamente ligadas al uso de la energía eléctrica. Tanto nos hemos acostumbrado a su uso, que ya pasa desapercibida su absoluta necesidad en nuestras actividades diarias. Sólo la falta de ella, nos devuelve a la realidad y es entonces cuando entendemos la importancia que tiene la continuidad del servicio eléctrico

Además, los efectos de una interrupción eléctrica no sólo se pueden analizar desde el punto de vista político, económico y social, sino que además es preciso conocer el origen o las causas del problema.

#### 1.4.1 CAUSAS DE UNA INTERRUPCIÓN ELÉCTRICA.-

Las interrupciones eléctricas sufridas por los usuarios finales, pueden ser originadas por las siguientes causas: deficiencias en el mantenimiento y operación de los sistemas existentes, fallas ocasionadas por descargas atmosféricas y otros eventos inesperados, como son: choques y destrucción de infraestructura de los sistemas, toma de instalaciones por manifestaciones, entre otros. Las causas anotadas pueden presentarse en cualquiera de los 3 sistemas en que se divide el sistema eléctrico de potencia, como son: generación, transmisión y distribución, siendo este último el sector en el que con mayor continuidad ocurren las fallas, pero sin duda que una falla en el sistema de generación ocasiona mayores pérdidas económicas.

El CONELEC, clasifica las interrupciones eléctricas de acuerdo a los parámetros que se indican a continuación:

- a) Por su duración
  - Breves, las de duración igual o menor a tres minutos.
  - Largas, las de duración mayor a tres minutos.
- b) Por su origen

- Externas al sistema de distribución.
    - Otro Distribuidor
    - Transmisor
    - Generador
    - Restricción de carga
    - Baja frecuencia
    - Otras
  
  - Internas al sistema de distribución.
    - Programadas
    - No Programadas
- c) Por su causa
- Programadas.
    - Mantenimiento
    - Ampliaciones
    - Maniobras
    - Otras
  
  - No programadas (intempestivas, aleatorias o forzadas).
    - Climáticas

- Ambientales
- Terceros
- Red de alto voltaje (AV)
- Red de medio voltaje (MV)
- Red de bajo voltaje (BV)
- Otras

d) Por el voltaje nominal

- Bajo voltaje
- Medio voltaje
- Alto voltaje

A continuación, presentamos los más frecuentes problemas de la energía eléctrica tal como la recibimos en nuestros hogares, oficinas, fábricas, empresas, etc., ocasionados ante la ocurrencia de alguna de las causas arriba anotadas:

#### **1. Falta total del suministro por períodos prolongados (cortes).**

Tareas de reparación o mantenimiento de la compañía eléctrica, caída o rotura de cables, fusibles o disyuntores activados por sobrecargas o cortocircuitos, etc.

**2. Falta total del suministro por períodos muy breves (micro cortes).**

Maniobras de transferencia en las centrales de distribución de energía (puede derivar en cambios importantes de la tensión luego del micro corte).

**3. Baja o muy baja tensión de la energía suministrada en forma permanente.**

Por lo general debido a la caída en líneas de distribución sobrecargadas de forma continua. Baja capacidad de suministro de la compañía eléctrica.

**4. Baja o muy baja tensión de la energía suministrada en forma intermitente.**

Conexión de cargas de alto consumo transitorio (ej. motores), que producen una baja de tensión momentánea debido a líneas de distribución inadecuadas.

**5. Alta o muy alta tensión de la energía suministrada en forma permanente.**

Inadecuada elección de los pasos de un transformador de distribución, por lo general, para compensar la caída en una línea de gran longitud y consumo.

Cargas desequilibradas que modifican la corriente en el conductor del neutro.

**6. Alta o muy alta tensión de la energía suministrada en forma intermitente.**

Desconexión de cargas importantes. Conductor de neutro dañado.

**7. Sobre tensiones muy elevadas y de muy corta duración (picos transitorios).**

Suelen ser consecuencia de descargas atmosféricas en la línea, así como por el encendido o apagado de cargas como motores, transformadores, etc.

**8. Componentes espurios de baja, media ó alta frecuencia (ruidos eléctricos).**

Transmisores, equipos de soldadura eléctrica, arcos eléctricos por conexiones ó contactos defectuosos, controles industriales de potencia, dimmers (reguladores de luz), etc.

**9. Caídas muy abruptas y breves de la tensión de suministro.**

Inclusión de cargas muy grandes o cortocircuitos en la línea (pueden ser seguidas por oscilaciones en la tensión de la línea).

**10. Deformación de la forma de onda de la energía utilizada (distorsión).**

Cargas no lineales, ó la utilización de un grupo electro-generador de baja calidad o subdimensionado.

De todos estos fenómenos eléctricos, el estudio abarca el análisis del problema mencionado en el numeral 1 (cortes).

#### 1.4.2 CLASIFICACION DE LOS COSTOS.-

El costo, es una unidad de medición de esfuerzo de los factores de la producción destinados a satisfacer necesidades de la humanidad y generar ingresos para la empresa. Su clasificación está dada de acuerdo a varios parámetros. Los considerados en nuestro estudio, son los siguientes:

De acuerdo con la función en que se incurren:

- **Costo de producción:** son los que se generan en el proceso de transformar la materia prima en productos terminados: materia prima (costo de los materiales integrados al producto), mano de obra (que interviene directamente en la transformación del producto) y gastos de fabricación indirectos (intervienen en la transformación del producto, con excepción de la materia prima y la mano de obra directa).
- **Costo de administración:** son los originados en el área administrativa.

Con relación a su comportamiento (o al volumen de actividad):  
es decir, su variabilidad, tenemos:

- **Costos Variables:** mantienen una relación directa con las cantidades producidas, son proporcionales al volumen de trabajo (materiales, energía).
- **Costos Fijos:** en períodos de corto a mediano plazo, son constantes, independientes del volumen de producción, no aceptan modificaciones (son los llamados costos sumergidos).

Finalmente, según su identificación con alguna unidad de costeo:

- **Costos Directos:** se pueden relacionar o imputar, independientemente del volumen de actividad, a un producto o departamento determinado. Los que física y económicamente pueden identificarse con algún trabajo o centro de costos (materiales, mano de obra, consumidos por un trabajo determinado).

### **1.4.3 JUSTIFICACIÓN DEL SECTOR INDUSTRIAL DE GUAYAQUIL.-**

Las encuestas contenidas en los trabajos mencionados en la bibliografía abarcan los siguientes sectores: residencial, comercial, industrial y agrícola; dependiendo del país en que se ha realizado el estudio, estos sectores pueden ser aún mayormente desglosados, como por ejemplo: residenciales urbanos y residenciales rurales, pequeños y grandes industriales, etc.

En nuestro caso, el sector escogido para la aplicación de encuestas, fueron las industrias ubicadas en la ciudad de Guayaquil, por las siguientes razones:

- En nuestro país, se pueden identificar los siguientes sectores de consumo eléctrico: residencial, comercial, industrial, otros consumidores y alumbrado público. La distribución porcentual del consumo para el 2003, en la ciudad de Guayaquil, según datos del CONELEC y la Corporación Administrativa Temporal de Energía de Guayaquil (CATEG) son los siguientes:

ESTRUCTURA DEL CONSUMO ELECTRICO DEL ECUADOR Y GUAYAQUIL 2003						
PAÍS						
Grupo Abonados	Abonados		Consumo Anual		Consumo Mensual por abonado (Kwh)	Precio Medio
	Número	%	KWH	%		
Residencial	2 398 885	87,35	3 269 645 063	39,10	114	9,46
Comercial	274 232	9,99	1 674 399 435	20,02	509	8,60
Industrial	34 772	1,27	1 931 219 944	23,09	4 628	7,99
A.Público	353	0,01	675 044 537	8,07	159 547	11,24
Otros	37 927	1,38	811 998 596	9,71	1 784	8,21
<b>TOTAL PAÍS</b>	<b>2 746 169</b>	<b>100,00</b>	<b>8 362 307 575</b>	<b>100,00</b>	<b>254</b>	<b>8,97</b>
CATEG						
Grupo Abonados	Abonados		Consumo Anual		Consumo Mensual por abonado (Kwh)	Precio Medio
	Número	%	KWH	%		
Residencial	324 334	84,76	787 603 867	32,86	202	8,57
Comercial	53 639	14,02	629 180 243	26,25	977	8,04
Industrial	3 053	0,80	629 463 028	<b>26,26</b>	17 182	6,81
A. Público	80	0,02	79 516 117	3,32	82 829	9,17
Otros	1 536	0,40	271 340 716	11,32	14 721	6,77
<b>TOTAL GQUIL.</b>	<b>382 642</b>	<b>100,00</b>	<b>2 397 103 971</b>	<b>100,00</b>	<b>522</b>	<b>7,79</b>
CATEG VS. PAÍS						
Grupo Abonados	% de Abonados	% de Consumo Anual	% Consumo Mensual por abonado	% Precio Medio		
Residencial	13,52	24,09	178,17	90,64		
Comercial	19,56	37,58	192,11	93,53		
<b>Industrial</b>	<b>8,78</b>	<b>32,59</b>	<b>371,23</b>	<b>85,28</b>		
A. Publico	22,69	11,78	51,92	81,58		
Otros	4,05	33,42	825,11	82,47		
<b>TOTAL</b>	<b>13,93</b>	<b>28,67</b>	<b>205,73</b>	<b>86,82</b>		

Tabla 1.1 Estructura del Consumo Eléctrico del País y Guayaquil

Como se observa, el sector industrial abarca un 26.26% del total del consumo en la CATEG-D, que después del sector residencial es el más representativo.

- Aunque el sector residencial es el de mayor consumo local, sin embargo, establecer los costos en este sector resultará mucho más complicado, ya que en este caso, la mayoría de los costos son intangibles, por lo cual se requerirá de un cuestionario más detallado para la evaluación de los costos, con lo cual se corre un mayor riesgo en obtener resultados no valederos.
- Realizar una encuesta requiere tiempo y además muchos gastos económicos (transporte, estadía, teléfono, etc.), que hacen muy difícil para los integrantes del grupo de trabajo cubrir esta encuesta a nivel regional o nacional.
- Además, Guayaquil está considerada actualmente entre las seis (6) ciudades de América Latina que presta mayores facilidades para emprender negocios<sup>1</sup>, luego de ciudades como Monterrey, Sao Paulo, Santiago, Bogotá y México, por lo cual contar con un servicio eléctrico de buena calidad es imperioso. Amén del

---

<sup>1</sup> Clasificación realizada por la revista América Economía, 2003.

resurgimiento de Guayaquil, la cual se debe al mejoramiento en la administración municipal iniciada en 1992. Se impulsó la ejecución de proyectos urbano-arquitectónicos. Actualmente el centro de la ciudad atrae a miles de turistas diariamente quienes encuentran una ciudad ordenada y placentera digna para ser visitada.

- Finalmente, la ciudad de Guayaquil es considerada el puerto principal del país y por lo tanto su actividad económica influye considerablemente en el producto interno bruto del Ecuador.

## 1.5 DEFINICIONES.-

Para que a lo largo del trabajo se tenga claro los conceptos principales del tema de estudio, es conveniente hacer las siguientes definiciones:

**Costo de interrupción,** es una medida en unidades monetarias del daño económico y/o social que sufren los consumidores finales, como consecuencia de la energía eléctrica no suministrada.

**Interrupción Eléctrica Sostenida**, se define como la ausencia del suministro eléctrico por tiempos mayores a 1 minuto, período en el cual el voltaje de la fuente es CERO.

**Interrupción Eléctrica Momentánea**, es la ausencia del suministro eléctrico por tiempos menores a 1 minuto, y cuyo voltaje tiene un valor de 0.1 p.u.

**Interrupción No Programada**, es el corte del suministro eléctrico realizado sin “previo aviso” a los usuarios.

**Consumidor Industrial**, persona natural o jurídica, pública o privada, que utiliza los servicios de energía eléctrica para la elaboración de productos o transformación de insumos por medio de cualquier proceso industrial.

**Depreciación**, es la pérdida del valor de un activo fijo y tangible a consecuencia de su uso u obsolescencia.

**Producto Interno Bruto (PIB)**, es el valor de los bienes y servicios finales producidos en el **interior** de un país durante un período de tiempo determinado, por ejemplo, un año.

**PIB Nominal y Real.** El PIB mide el valor de la producción final de un año, porque aumenta la cantidad o porque aumenta el precio de los bienes producidos. Así, calculando el PIB para el año corriente en base a precios del año anterior (el año anterior se llama año base) obtenemos el **PIB** a precios constantes ó **real**. Si se utilizan los precios del año corriente para calcular el PIB del mismo año se denomina **PIB** a precio corriente o nominal.

**PIB deflactado.** Es un índice de precios de los bienes y servicios incluidos en el PIB. También se lo define como el cociente entre el PIB nominal y el PIB real.

## 1.6 METODOLOGÍAS PARA CALCULAR LOS COSTOS DE INTERRUPCIÓN.-

Existen varios métodos para calcular los costos de interrupción según el tipo de falla, los cuales podemos clasificarlos de la siguiente manera:

### ❖ CÁLCULOS ANALÍTICOS INDIRECTOS:

- ✓ **ECONOMÉTRICO**, determina de manera detallada o global los costos de interrupción usando variables

macroeconómicas para la relación entre la Producción y el Consumo de Energía Eléctrica.

❖ **CASO DE ESTUDIOS DE BLACK-OUT**

Los estudios de apagones generalizados varían de acuerdo a la ubicación geográfica del sector. Y existen modelos matemáticos, equipos sofisticados y software especializado para la determinación de los costos que impactan en la economía del sector afectado.

❖ **ENCUESTA A CLIENTES:**

La forma de encuestar a clientes se lo puede efectuar de 2 formas:

➤ **Encuestas Directas:**

✓ **MÉTODO DIRECTO (DIRECT WORTH)**

Determina los costos de interrupción mediante la aplicación de cuestionarios que presentan distintas situaciones, bajo las cuales el usuario identifica y evalúa los costos ocasionados por las fallas eléctricas.

- **Disponibilidad para Pagar WTP**

El método **Willingness To Pay** permite determinar la cantidad que el cliente está dispuesto a pagar, con el fin de no tener un escenario de interrupción dada.

- **Disponibilidad para Aceptar WTA**

El método **Willingness To Accept** permite cuantificar monetariamente la compensación equivalente aceptable por el cliente para el caso de un escenario de falla dada.

- **Combinado (MD + WTP ) / 2**

Este método es una combinación sugerida y aplicada en un estudio en Noruega para todo el país en el año 2002.

- **Autogeneración de respaldo**

Este método se basa en el principio de la preferencia revelada (ó de sustitución), donde el costo de una interrupción puede ser inferido a partir de las acciones tomadas por los usuarios a fin de reducir las pérdidas provocadas por la electricidad no suministrada,

acciones tales como la inversión en potencia de reserva.

➤ **Encuestas Vía e-mail vs. Directas**

Esta metodología se aplica en países desarrollados donde el internet, es la forma de comunicación más usada y con costos significativamente bajos, donde sólo las áreas rurales o más apartadas de la ciudad necesitan de una entrevista persona a persona. Su objetivo es comparar ambos resultados para determinar los costos reales de una falla.

El presente trabajo, se enfocará en la aplicación del método directo (Direct Worth) y del análisis analítico indirecto.

### **1.7 Revisión Bibliográfica.-**

El desarrollo de encuestas (metodología directa) para la obtención del costo de interrupción, se inicia en la década de los años 70. Para este trabajo se ha contado con los estudios realizados por las instituciones Ontario Hydro y la Universidad de Saskatchewan quienes han estado inmersas en la conducción de encuestas sobre costos de interrupción en Canadá, estudios que han servido para la

ejecución de otros en diversos países. Entre 1977 y 2003, los mayores desarrollos se han realizado en los siguientes países: Canadá (1977/84), Finlandia (1979), Dinamarca (1981), Suecia (1982), Pakistán (1987), EEUU (1997), Australia (1997), Noruega (2003).

Además de los países antes mencionados, se han realizado importantes esfuerzos en Brasil, Egipto, Francia, Tailandia, Arabia Saudita, Chile y Centroamérica.

En cuanto a la metodología econométrica podemos anotar trabajos realizados desde el año 1974, fecha en la cual los profesores Pablo Jaramillo y Esteban Skoknic, realizaron un estudio para evaluar el costo de interrupción en Chile. La aplicación de métodos econométricos para la determinación del costo de interrupción, no cuenta con una bibliografía tan amplia, aunque podemos mencionar estudios realizados en Brasil conducidos por la Universidad estatal de Río de Janeiro en los años 1991 y 1997, y en Centroamérica durante la última década, aunque en esta región la aplicación de la metodología ha tenido muchos problemas, debido a que los países no cuentan con los datos macroeconómicos necesarios para este tipo de análisis.

En el Ecuador, no contamos con un estudio acerca de los Costos de Interrupción. En los actuales momentos el CONELEC está preparando las bases de un estudio que permita evaluar el Costo de la Energía no Suministrada (CENS ó también conocido como Costo de Impacto) en los distintos tipos de usuarios a nivel nacional. Sin embargo para temas involucrados con la determinación de la potencia de reserva y regulación de frecuencia del sistema eléctrico, el CONELEC ha adoptado el valor de 300 \$/MWh (0.30 \$/KWh), dato que al momento no está regulado.

#### **1.8 ALCANCE Y LIMITACIONES DE LA TESIS.-**

El presente estudio, comprende la determinación de los Costos de Interrupción, mediante la aplicación de dos métodos ampliamente usados, los cuales son: 1) Metodología Directa (Direct Worth) a través de encuestas, 2) Metodología Analítica Indirecta (Econométrica).

En la **metodología directa**, el estudio evalúa los costos de interrupción en el sector productivo más importante de la ciudad de Guayaquil: los usuarios industriales, clasificándolos en dos grupos:

las industrias que cuentan con sistemas de generación propia y las industrias que no los poseen.

Se logró obtener una muy buena muestra de los consumidores industriales medianos y grandes, los cuales fueron seleccionados aleatoriamente, sin ningún rango de consumo específico.

Además, se identifican las diferentes actividades de producción de los encuestados, lo que permite presentar los costos de interrupción de siete ramas de producción, las cuales son: química y del caucho, alimenticia, papel y cartón, alcohol, cereales y panadería, textiles y hierro o acero.

Cabe indicar que para la determinación del costo de interrupción se consideró el número y frecuencia de las fallas anuales del suministro eléctrico en los encuestados, los cuales son datos importantes para los mismos, ya que estas interrupciones afectan directamente a su productividad.

Los resultados logrados con el presente trabajo ofrecen una valiosa información, aplicable a los usuarios medios y grandes

consumidores, que debe ser complementada con el análisis desde el punto de vista de las empresas que suministran el servicio eléctrico.

Por razones geográficas o económicas, las industrias de los diferentes sectores productivos que conformaron la muestra de estudio, no reciben el servicio de una sola empresa distribuidora, como se concibió al inicio del proyecto.

En varios de los encuestados no se pudo contar con un registro exacto, sea manual o electrónico, de la frecuencia y duración de las interrupciones eléctricas.

Como el presente estudio apunta hacia interrupciones imprevistas, se recomienda realizar además un estudio sobre las consecuencias de interrupciones eléctricas “programadas”.

El **método analítico indirecto**, presenta el uso de dos de las variables macro-económicas disponibles en el organismo regulador de nuestra economía nacional, como son: el Producto Interno Bruto Real deflactado al año 2000 y la Energía Eléctrica facturada.

Para llegar a encontrar la relación entre estas variables, fue necesario buscar en primer lugar la elasticidad entre ambas, para lo cuál utilizamos un programa computacional disponible en el mercado llamado e-views, donde los datos y parámetros ingresados fueron de los últimos 52 años.

Hubiese ayudado a nuestro estudio el contar con todas las variables macroeconómicas requeridas, Producto Geográfico Bruto y la Energía Eléctrica del sector industrial de Guayaquil de los últimos 52 años.

A diferencia de la metodología directa, la metodología analítica indirecta no toma en consideración la duración de la interrupción ni el horario de ocurrencia de la misma.

## 1.9 ESTRUCTURA DE LA TESIS.-

- **Primer capítulo** está dedicado a explicar la temática general que enmarca el trabajo realizado, presentando los aspectos generales, situación actual en nuestra realidad nacional, objetivos y alcances generales del estudio, así como también una reseña de la bibliografía que brinda soporte al estudio.

- **Segundo capítulo**, presenta el marco teórico de la metodología directa a través de encuestas, empleada para la determinación del costo de interrupción del suministro eléctrico. Se mencionan los tipos de encuestas aplicables a los usuarios industriales y se identifican sus costos. Además, se describen las técnicas de obtención de los resultados y la metodología utilizada para la selección de los usuarios encuestados.
- **Tercer capítulo** muestra la metodología indirecta ó econométrica para la evaluación de los costos de interrupción del sector industrial. Describe los supuestos en los que se basa la metodología y el procedimiento y alcance de los resultados que se obtienen con la aplicación de la misma.
- **Cuarto capítulo**, presenta los resultados obtenidos mediante la aplicación de las 2 metodologías. En el método directo presentamos la formulación de cada una de las preguntas de la encuesta, indicando su objetivo y un análisis de los resultados que se obtienen de cada evaluación; además, si el caso amerita se presentan preguntas adicionales que surgieron en el campo, y que las consideramos importantes para el estudio. Para el

caso del cálculo analítico indirecto presentamos los resultados obtenidos mediante la aplicación del software e-views, con sus respectivas interpretaciones y análisis.

- **Finalmente**, se entregará las conclusiones del estudio y particularidades de cada método; dando indicaciones de las mejoras a realizar en los métodos formulados para estudios posteriores.

## **II. MÉTODO DIRECTO (DIRECT WORTH).**

### **2.1 Antecedentes.**

La metodología Directa consiste fundamentalmente, en la realización de encuestas a los diferentes consumidores del servicio eléctrico, para que de acuerdo a su percepción, determinar el costo que les ocasionan las interrupciones de energía de varias duraciones.

Este procedimiento es el más extensamente aplicado para la estimación de los costos de interrupción del servicio eléctrico. Hay que indicar que los cuestionarios utilizados pueden ser de muy diferente naturaleza, e incluso la manera cómo se calculan y/o asignan los diferentes costos también pueden ser muy diferentes de una encuesta a otra.

La metodología directa es el procedimiento que más información entrega sobre los efectos y costos de una interrupción eléctrica, generan también información complementaria, que le da solidez a la evaluación. Así, es posible con una adecuada elaboración de la encuesta, obtener un amplio registro de datos del costo de

interrupción para distintos tipos de abonados, duración y tipo de la interrupción, etc. Además, si el encuestado responde con objetividad las preguntas planteadas en la encuesta, se tendrá una estimación del costo de interrupción en los escenarios utilizados. Finalmente, es la metodología que cuenta con mayor información bibliográfica, para su aplicación.

## **2.2 Objetivos.**

La aplicación de la metodología directa en la evaluación de los costos de interrupción, tiene los siguientes objetivos:

- 1) Determinar los costos de interrupción en función de la duración de la misma.
- 2) Mostrar los costos de interrupción específicos por cada estrato definido para el estudio, como son: industrias con y sin sistemas de generación propia, ó también por distintas ramas de actividad industrial.
- 3) Determinar el grado de dependencia entre el proceso productivo y la utilización de la energía eléctrica.

## **2.3 Clasificación general y selección de los usuarios.**

### **2.3.1 Marco general de encuestas.**

El primer paso para la realización del estudio a través de encuestas, es contar con un correcto marco de referencia, en el que se encuentren detallados todos los elementos que puedan formar parte del estudio (ser elementos muestreables). Para la obtención de nuestro “marco”, se buscó información en 3 organismos: La Superintendencia de Compañías, la Cámara de Industrias de Guayaquil y CATEG.

El anuario estadístico societario emitido por la Superintendencia de Compañías, muestra la cantidad de industrias activas registradas en la ciudad de Guayaquil clasificadas de acuerdo a su actividad principal, mientras que, la enumeración y razón social de cada una de las industrias se las obtuvo de la Cámara de Industrias.

Las estadísticas del año 2003 presentadas por la CATEG, muestra la cantidad global de usuarios pertenecientes a la categoría “industrial” y la clasificación respectiva acorde al tipo de tarifa eléctrica, la cual mostramos en la tabla siguiente:

<b>Item</b>	<b>Clasificación</b>	<b>Cantidad</b>
1	Industriales Artesanales Baja Tensión.	1790
2	Industriales con demanda Baja Tensión.	233
3	Industriales con demanda Media Tensión.	943
4	Industriales Abonados especiales.	11

**Tabla 2.1** *Clasificación de usuarios industriales, según CATEG.*

De acuerdo a los datos obtenidos de los tres organismos referidos, y exceptuando los Industriales Artesanales Baja Tensión, debido a que tienen una demanda inferior a los 10 KW, nuestro marco general de usuarios industriales, es el siguiente:

<b>Fuente:</b>	<b># de usuarios industriales.</b>
Superintendencia de Compañías.	1300
Cámara de Industrias de Gye.	1100
CATEG	1187

**Tabla 2.2** *Marco general de usuarios industriales.*

### 2.3.2 Estratificación.

Los usuarios industriales, se caracterizan por tener diversos procesos de producción, que van acorde a la característica de su negocio. Es justamente la diferencia en estos procesos, lo que hace ver la importancia que tiene en cada uno de ellos un buen servicio de energía eléctrica, y por ende los costos que se ocasionan ante una falla del mismo.

La distribución de las industrias de acuerdo a su actividad económica principal, permite la identificación de diferentes “estratos” o “grupos”, los cuales ayudarán a apreciar las diferencias de cómo afectan las interrupciones a los distintos procesos industriales, para lo cual, la aplicación de las encuestas deberán ser realizadas en “muestras” representativas.

Cuando en la “población” se pueden diferenciar grupos, de tal forma que su comportamiento respecto a la variable a estudiar (en este caso, costo de interrupción) sea homogéneo en cada grupo y muy diferente de un grupo a otro, el método de muestreo recomendable, es el “muestreo aleatorio estratificado”.

En el diseño de este muestreo es necesario no solo decidir sobre el tamaño de la muestra  $n$ , sino también el reparto por estratos  $n_h$ . Este reparto se denomina afijación, y existen 3 formas: afijación igual, proporcional y óptima. La elección del tipo de afijación adecuada depende de 2 factores: los tamaños de los estratos y la variabilidad entre los mismos.

En nuestro caso, el no contar con estudios anteriores en nuestro país, nos impide conocer la variabilidad (varianza) entre los distintos estratos, y por ende aplicar un muestreo estratificado probabilístico.

Procedemos entonces, a realizar un muestreo estratificado porcentual que, sin ser probabilístico, lo consideramos válido ya que permite mostrar cómo se analizan y procesan las respuestas obtenidas de los encuestados, permitiendo además que los resultados sirvan de base para la obtención de un mejor muestreo en estudios posteriores.

### **2.3.3 Marco Referencial.**

Al revisar el marco general de usuarios industriales, la información emitida por la Superintendencia de Compañías y la Cámara de

Industrias de Guayaquil no coinciden, anotándose como una de las causas el que se incluyan a varias empresas que en la actualidad han cerrado sus operaciones y a otras que han pasado de la actividad industrial a ejercer actividades comerciales.

Del análisis de los datos de las 3 fuentes, y luego de haber clasificado los usuarios en “estratos”, el marco de referencia de nuestro estudio, fue establecido de la siguiente manera:

<b>Tipo de Categoría Industrial</b>	<b>Actividad Industrial Principal.</b>	<b>Total de Industrias.</b>
Química	Elaboración de sustancias y productos químicos derivados del petróleo, del caucho y plástico.	174
Alimenticia.	Elaboración de aceites y grasas comestibles, productos lácteos y productos alimenticios diversos industrializados.	131
Textil.	Fabricación de textiles en general, hilado, cordelería y manufacturas de cuero.	62
Minerales Básicos metálicos y no metálicos.	Fabricación de productos metálicos estructurales, industrias básicas del hierro y acero. Fabricación de cemento, cal, yeso, arcilla, agregados calcáreos, hormigones y demás productos destinados a la construcción.	55
Cereales y Panadería.	Fabricación de productos de panadería y productos de molinería.	38
Papel y Cartón.	Fabricación de pulpa de madera, papel y cartón, productos de papelería, envases y cartón.	22
Alcohol	Elaboración de derivados industrializados del azúcar.	9

**Tabla 2.3** *Clasificación de industrias acorde a su principal actividad.*

Adicionalmente a los sectores arriba mencionados, se incluyó en primera instancia también al sector de Bebidas Gaseosas y Cervezas, pero no se obtuvo una acogida favorable de parte de las industrias involucradas, para el desarrollo del estudio.

#### 2.3.4 Muestra seleccionada

Aplicando las técnicas de muestreo ya mencionadas, procedimos a la selección aleatoria de los encuestados, siendo el número inicial de encuestas por estrato, el mostrado a continuación:

<b>Tipo de Categoría Industrial</b>	<b>Población.</b>	<b>Encuestas</b>
Química	174	15
Alimenticia.	131	14
Textil.	62	7
Minerales Básicos.	55	6
Cereales y Panadería.	38	4
Papel.	22	3
Derivados del Azúcar (Alcohol).	9	3

**Tabla 2.4** *Población de industrias y encuestas.*

De las 52 encuestas inicialmente consideradas se descartaron 8, ya que no fueron completadas a tiempo y además porque los datos brindados por los clientes se contradecían en las distintas visitas realizadas, por lo que el cuadro final de distribución de encuestas válidas es el mostrado a continuación:

<b>Tipo de Categoría Industrial</b>	<b>Población.</b>	<b>Encuestas Válidas</b>	<b>%</b>
Química	174	13	7.47
Alimenticia.	131	12	9.16
Textil.	62	5	8.06
Minerales Básicos.	55	6	10.91
Cereales y Panadería.	38	3	7.89
Papel.	22	2	9.09
Derivados del Azúcar (Alcohol).	9	3	33.33

**Tabla 2.5** *Población de industrias y encuestas válidas.*

Como se puede observar, el porcentaje de encuestas válidas con relación al marco de referencia, tiene valores que oscilan entre el 7.47 y 33.33%, por lo que la consideramos una “muestra representativa válida” desde el punto de vista de estratificación por sector, más aún tomando en cuenta las siguientes consideraciones de muestreo:

- Para la determinación del tamaño de la muestra, no es suficiente con realizar complejos cálculos, si después esta no es seleccionada correctamente, garantizando su aleatoriedad.
- No es cierta la idea de que una muestra más grande proporcione mejores resultados. A partir de cierto tamaño, incrementarla apenas disminuye el error y sin embargo, aumentan los costos y pueden aumentar los errores ajenos al muestreo. (sesgo)

Es importante anotar, que a pesar que la razón social de cada una de las industrias de nuestro marco referencial, es la ciudad de Guayaquil, las plantas industriales de algunas de ellas no se encuentran dentro del perímetro de esta ciudad, sino en cantones cercanos, y por ende el suministro eléctrico lo brindarán empresas distribuidoras distintas a la CATEG. Más resultados se detallan en el Capítulo IV.

#### **2.4 Estrategias utilizadas para la obtención de los datos.**

Para tener éxito en el desarrollo de una encuesta, se necesita definir una estrategia adecuada, a fin de que el encuestado se familiarice

fácilmente con la misma y muestre su disponibilidad a colaborar de la mejor manera posible. Es por esto, que a continuación se muestran las gestiones realizadas, para obtener una respuesta favorable de parte de los usuarios en la ejecución del presente estudio.

- **I ETAPA.**

Envío de una carta explicativa al Gerente General ó Jefe de Producción de las Industrias seleccionadas, indicándole los objetivos de la encuesta, asegurando la confidencialidad de los datos que fueran obtenidos. (El modelo de la carta se muestra en el *Anexo A*)

- **II ETAPA**

Consistió en una carta recordatoria, indicándole la importancia de la encuesta, a la cual no ha respondido.

- **III ETAPA.**

Envío de una nueva carta a otros funcionarios de las industrias, para obtener la aprobación a la ejecución del estudio.

- **IV ETAPA.**

Ejecución de la encuesta, con varios involucrados por industria:

Ingeniero de Mantenimiento Eléctrico: Datos Técnicos.

Ingeniero de Producción: Datos Involucrados en los Procesos de Producción.

Economistas / Contadores: Datos contables.

Cabe mencionar que el tiempo involucrado, en los trámites de aceptación y desarrollo de la encuesta por usuario, tardó entre 1 semana hasta 6 meses, además, no todas las invitaciones a participar del estudio fueron aceptadas, tal como lo resumimos a continuación:

<b>Descripción</b>	<b># de Industrias.</b>
Marco Referencial	491
Invitaciones Enviadas.	80
Invitaciones Aceptadas.	58
Encuestas Válidas.	45

**Tabla 2.6** *Resumen de Encuestas.*

El tiempo final invertido en la realización de las encuestas fue de 14 meses.

## **2.5 Metodología Aplicada.**

### **2.5.1 Estructura de la encuesta.**

Para la obtención del costo de interrupción, se aplican cuestionarios que son elaborados de acuerdo al grupo de usuarios en estudio, sin embargo, la mayoría de las encuestas del sector industrial, se basan en tres tipos de preguntas, estos son:

- Preguntas Preliminares.
- Estimaciones Directas.
- Cuestionarios que investigan el efecto de otras variables.
- **Preguntas Preliminares.**

También llamadas “introdutorias”, son diseñadas para que los encuestados recuerden sus experiencias con el uso de la electricidad y los efectos que le ocasionan las fallas del servicio eléctrico; por lo que enfoca la atención del encuestado en posibles

impactos de interrupciones. Es necesario realizar este tipo de preguntas para preparar a los entrevistados a considerar todos los aspectos de una falla.

- **Estimaciones Directas.**

Estos cuestionarios son utilizados para determinar los costos ocasionados por las interrupciones eléctricas no programadas. Trabaja bien en situaciones en las cuales la mayoría de las pérdidas son tangibles, identificables y cuantificables, por lo que resulta práctico utilizarlo en clientes industriales, ya que ante una interrupción eléctrica, se verán imposibilitados de producir y realizar ventas, lo cual directamente involucra obtener pérdidas monetarias.

La metodología de este cuestionario, se basa en la identificación por parte del usuario, de todos los costos que considere se ven involucrados, como consecuencia de una interrupción eléctrica, **sin advertencia**, y que además, ocurre en el “**peor momento**” para el cliente, en virtud de la productividad que está obteniendo en el momento en que ocurre la falla.

Generalmente, se ayuda al encuestado, detallando todos los factores que afectan a sus procesos, a fin de que los identifiquen y

puedan validarlos, de acuerdo a la duración de la interrupción. Los costos obtenidos en este tipo de cuestionarios, se denominan **“costos directos”**.

Se debe tener muy en cuenta, que los valores obtenidos por parte de los usuarios pueden resultar falsos, debido a cierta resistencia a contestar la encuesta por los siguientes motivos:

- 1) Indisponibilidad de tiempo, y
- 2) Confidencialidad de los datos;

por lo cual es recomendable, que el encuestador obtenga de manera puntual ciertos datos, que le permita validar ó desechar las encuestas.

- **Efectos de otras variables**

Los costos ocasionados en una interrupción, no son los mismos si las condiciones en que ocurre la interrupción cambian. Esto es lo que se trata de determinar los cuestionarios que analizan los efectos de otras variables.

Saber cómo varía el costo de falla en diferentes condiciones, constituye una información complementaria importante; pues con su aplicación, se espera obtener resultados que permitan la comparación de los costos, si la interrupción ocurre en días, horas ó meses distintos.

#### **2.5.1.1 Identificación de los Costos Directos.**

Los costos directos involucrados en el sector industrial para el análisis del efecto provocado por las interrupciones eléctricas, se clasifican en: Costos Fijos y Costos Variables, los cuales son detallados de la siguiente manera:

##### **2.5.1.1.1 Costos Fijos.**

**Costo de daños y reparación de equipos.-** Son los costos concernientes a la reparación y/o compra de nuevos equipos, debido al daño de otros, como resultado de la interrupción eléctrica.

Entre los efectos que provoca una interrupción eléctrica están los daños que se producen en equipos y maquinarias, que generalmente no pueden cuantificarse al momento puesto que

aquellos continúan operando por días y meses, a pesar de haber sido afectados por la interrupción, hasta que finalmente dichos daños, acrecentados, se detectan y, entonces sí, pueden ser cuantificados.

En el presente trabajo, hemos procedido a reflejar este costo, considerando el gasto (\$) del encuestado en la reparación o compra de equipos durante la totalidad del año.

Hay que tener en cuenta, que el valor obtenido no reflejará solamente los daños de equipos por interrupciones eléctricas, sino también por otros fenómenos que afectan a la calidad de la energía (especialmente variaciones de voltaje).

**Costo de Generación Propia.**- Es el costo correspondiente a la compra ó alquiler de fuentes de energía, como generadores, baterías y UPS, como resultado de la prevención de la falta de energía eléctrica.

En nuestro país existe una gran cantidad de industrias que poseen sistemas de generación alternativos, los que ayudan a disminuir en un porcentaje bastante alto, las pérdidas en los procesos de

producción cuando estos se ven interrumpidos por los cortes de energía eléctrica. En la mayoría de los casos, la inversión realizada en estos sistemas de generación, es producto de contar con sistemas eléctricos que no aseguren la continuidad del servicio, por lo tanto, consideramos necesario reflejar estos costos en nuestro estudio. Para este efecto, se tomará en cuenta a la inversión en generadores de combustible, como la realizada en fuentes alternativas de energía.

Los costos fijos de generación propia, son los correspondientes al costo de capital del sistema adquirido (valor del grupo generador, valor de los tableros de transferencia, valor de la inversión de los montajes mecánicos y eléctricos, valor de la infraestructura civil del cuarto de generación), además de los costos que anualmente son invertidos en el mantenimiento preventivo.

Según la norma ecuatoriana de Contabilidad NEC 12, existen 3 métodos de depreciación que pueden utilizarse para asignar la cantidad depreciable de un activo (D), en una base sistemática durante su vida útil: método de la línea recta, método de saldo decreciente y método de suma de unidades. Una empresa está en libertad de escoger el método de depreciación, con base en el patrón

esperado de beneficios económicos, y una vez escogido se lo debe aplicar constantemente de período a período a menos que haya un cambio en el patrón esperado de beneficios económicos por el activo.

En aquellos casos en los cuales no se facilitó el valor de depreciación anual de los sistemas de generación, se aplicó para este estudio, el método del saldo decreciente.

Un ejemplo de la determinación del costo de autogeneración en una industria, se la muestra en el *Anexo B*.

#### **2.5.1.1.2 Costos Variables**

Está claro que los usuarios industriales realizan diferentes procesos acordes a sus actividades de producción industrial, y que las pérdidas monetarias (\$) como consecuencia de una interrupción eléctrica no programada varían de acuerdo a éstos, ya que los tiempos en reanudar estos procesos dependerán de la complejidad de los mismos, así como también de la infraestructura de respaldo con que cuenten cada una de las empresas.

Los tiempos de reiniciación de los procesos de producción, son un punto importantísimo para la correcta evaluación de los costos directos involucrados en una interrupción, pues además de la duración misma de la falla, el encuestado debe considerar este tiempo que sin duda afecta a su productividad.

Para una mejor visualización, en el *Anexo C*, se muestra el comportamiento del proceso de producción ante una interrupción no programada del suministro eléctrico.

Independientemente del tipo de proceso de producción, hemos establecido, que los siguientes son los “**costos variables** de interrupción” que afectan a las industrias:

**Costo de Reiniciación de Procesos.**- Son los costos que se ven involucrados al momento de reiniciar los procesos de producción, una vez que se ha superado la falta de energía eléctrica. Un ejemplo de este tipo se presenta en la industria alimenticia, con los insumos de limpieza que se deben aplicar en una línea de producción, para el retiro del material residual descompuesto, especialmente si la duración de la interrupción es considerable.

**Costo por Pérdida de Producción.-** Este es el costo relacionado a la producción que se ve interrumpida durante el tiempo en que el cliente no cuenta con suministro eléctrico y que no puede ser recuperada, luego de que el proceso de manufactura ha sido reiniciado.

El costo por pérdida de producción, afecta de sobremanera a aquellas industrias que no cuentan con sistemas de generación alternativa, pues por lo general, en este caso la producción de las industrias se ve completamente paralizada. De contar con generación propia, las industrias se verán afectadas en su producción, en cuanto la capacidad de su sistema de generación sea insuficiente para cubrir la demanda de producción.

La determinación de este costo, relaciona la cantidad de la producción afectada en el intervalo que dura la interrupción, con el costo de la unidad de producción. El entrevistador debe tener presente, se considere correctamente el costo de la unidad de producción, ya que en ciertas ocasiones se confunde este costo con uno de sus elementos.

Los factores que toda industria considera para determinar el costo de la unidad de producción, son los 3 elementos básicos del costo, y estos son:

Materia Prima.- Como su nombre lo indica, es la materia prima a utilizar en la elaboración de un producto determinado.

Mano de Obra.- Es el sueldo más los beneficios que se les paga a los obreros o a las personas que trabajan en el proceso de elaboración.

Costos Indirectos de Fabricación (CIF).- Son los rubros que se paga para poder elaborar los productos, ejemplos: suministros, gastos de mantenimiento, arriendo, etc.

**Costo de materiales dañados durante el proceso de manufactura**.- Este es el costo asociado con la pérdida de insumos durante el proceso de producción, en el momento en que ocurre la interrupción eléctrica. Es conocido también como Costo de Materia Prima.

Que se vea afectada ó no la materia prima de una industria, depende de dos factores: el tipo de la materia prima utilizada y la duración de la interrupción.

Para el caso de las industrias que cuentan con generación propia, este último factor se reduce a unos cuantos minutos, por lo cual el costo total es mínimo.

Sin embargo, para las industrias que no tienen generación propia, la determinación de las pérdidas, dependen en conjunto de la duración de la falla y del tipo de materia prima utilizada, por ejemplo, para el caso de las industrias alimenticias es indudable que mientras mayor tiempo dura la interrupción mayor serán las pérdidas en materia prima, mientras que, para una industria de la construcción, cuya materia prima principal es la roca (piedra) el tiempo que dure la interrupción no afecta mucho en la evaluación de las pérdidas.

**Costo de reproceso de materia prima.-** Este costo es el correspondiente a los procesos efectuados a fin de recuperar la materia prima que no se dañó completamente durante la interrupción y que puede ser utilizada una vez que se reanuda el proceso de producción.

Cuando una industria textil sufre un corte intempestivo de energía, en su proceso de tinturado se corre el riesgo de manchar varios tejidos con colores que no eran los previstos. Sin embargo estos tejidos son recuperados mediante procesos químicos. Los costos incurridos en estos procesos son los conocidos como costos por reproceso de materia prima.

**Costo por Horas Extras de empleados.**- Son los costos generados por el pago de horas extras a empleados, con la finalidad de recuperar la producción perdida en el momento de la interrupción.

La decisión de realizar horas extras, no solo depende de la evaluación económica de las pérdidas que acarreó la falta del suministro eléctrico, sino de los horarios de producción que tienen las industrias, puesto que si este es “continuo”, es decir durante 20 a 24 horas al día y durante todos los días de la semana, no es factible realizar horas extras, ya que además en estos casos se cuenta con turnos rotativos del “personal de planta”.

Los costos por horas extras, se presentan generalmente en aquellas industrias que no tienen procesos continuos de producción y que además no cuentan con sistemas propios de generación.

**Costo por Horas perdidas.-** Son los costos correspondientes al pago de horas de trabajo a los empleados, aún cuando sus actividades se encuentren paralizadas, como consecuencia del corte del servicio eléctrico.

Este costo, depende mayormente si las industrias cuentan ó no con sistemas de generación alternativa, ya que de contar con uno, por lo general no existe ó es mínimo, a no ser que los sistemas de generación estén destinados a cubrir total ó parcialmente los procesos de producción, dejando sin servicio eléctrico las áreas administrativas de la industria.

Para el caso de industrias que no cuentan con sistemas de generación, es notorio que existirá este costo, pues tanto el personal de planta así como el administrativo y afines, paralizarán sus actividades.

**Costo de Oportunidad.-** Es el costo producido por las supuestas “ventas” perdidas del producto final de la industria, como resultado de fallas ó interrupciones en los sistemas de comunicaciones al momento de ocurrir un corte del fluido eléctrico.

En nuestro medio actual, en que gran parte de los negocios se los realiza vía Internet, al momento de ocurrir una falla inesperada del servicio de energía eléctrica, si no contamos con sistema eléctricos de respaldo, estas transacciones corren riesgo de quedar truncadas. Con mayor razón, en aquellas empresas que no cuentan con sistemas de generación alternativa, mientras mayor sea la duración de la interrupción sin duda mayores serán las pérdidas económicas por negocios fallidos. Estas pérdidas, reciben el nombre de “costo de oportunidad”.

En nuestro estudio, no consideramos este costo, debido a que las industrias encuestadas no lo suministraron, por considerarlo de alta confidencialidad.

#### **Costo de Generación Propia.-**

El costo de generación propia, además de su componente fija, se complementa con su costo variable, el cual está relacionado principalmente con el combustible consumido por la máquina al operar. Dicho costo se determina con la fórmula:

$$CV = C.K.D \quad (2.1)$$

donde:

CV: Costo Variable de Generación (\$)

C: Costo del Combustible (\$/gl)

K: Consumo de Combustible (gl/h)

D: Duración de la Interrupción (h)

**Costo de Mercadería Almacenada.-** Son los costos correspondientes a los daños causados en los productos finales almacenados, como resultado de no contar con energía eléctrica, por ejemplo: alimentos guardados en congeladores.

### **2.5.2 Formulación de la encuesta.-**

La encuesta piloto formulada para nuestro estudio consistió de: 3 Preguntas Introdutorias, 1 Pregunta de evaluación de costos directos y 1 Pregunta de evaluación de efectos sobre otras variables. Además, se formularon varias preguntas que las consideramos importantes ya que con la información obtenida, se validaron ó desecharon encuestas.

Para la formulación de la encuesta, se contó con los cuestionarios pertenecientes a la comisión de energía de California, realizados en 1997 al sector industrial de California y del trabajo realizado por el Ing. Jaime Venegas en Chile, en 1994. Luego de una primera adaptación de las encuestas a la realidad local, éstas fueron evaluadas en una pequeña muestra de prueba con el fin de corroborar que la encuesta aplicaba sin problema para los distintos procesos de producción. Esto permitió realizar una última adaptación, resultando la encuesta descrita en el *Anexo D*.

### **2.5.3 Tabulación y procesamiento de los datos.**

La Tabulación de los datos, es un paso muy importante previo al procesamiento de los datos, para luego mostrar los resultados en forma de información eficaz y confiable.

El proceso de tabulación comienza con el ordenamiento de las encuestas, no necesariamente siguiendo un orden específico, sea éste alfabético, por tipo de industria o de menor a mayor, solamente hablamos de un ordenamiento desde el punto de vista de recopilación de las encuestas y apilamiento de las mismas. Luego,

contarlas y ubicar las que falten hasta completar la cantidad de encuestas.

El siguiente paso, es seleccionar una a una las encuestas y revisar la información, para descartar aquellas que no tengan los datos suficientes ó cuyos datos sean incorrectos para clasificarlas como una encuesta válida.

Luego de la selección, se pasa a analizar las diferentes respuestas que dieron los encuestados para determinar el tipo de dato de la respuesta, esto es: numérico, alfabético, alfanumérico o lógico. Los datos lógicos son los más fáciles de tabular, porque no hay que interpretar nada, es verdadero o es falso.

Para los casos de datos numéricos, se debe considerar que todas las respuestas se refieran a la misma unidad de medida. Es decir, si preguntamos acerca del tiempo de interrupción, unos nos darán en minutos, otros en segundos, otros en horas. Entonces, se debe hacer una conversión para igualar las respuestas.

En los casos de respuestas alfabéticas o alfanuméricas, los datos se pueden encajar dentro de un rango de respuestas, armando una tabla de posibilidades asociándolas a un número. Así que, lo que se

tabula son números, y por lo tanto se pueden interpretar los datos más fácilmente.

Este proceso, de determinar el tipo de dato se lo recomienda hacer previo al procesamiento de los datos, y es llamado tabulación.

Después que hemos tabulado los datos, es preciso determinar que el tipo de conteo sea automático, para lo cual vamos a utilizar la computadora mediante el uso de un software existente. Para nuestro caso, no logramos encontrar uno que nos interprete la complejidad de los datos, así que hicimos uso del utilitario de Microsoft, la hoja electrónica Excel 2000 profesional, la misma que nos ayudaría a ingresar los datos tabulables, contarlos, promediarlos, hacer cálculos estadísticos y hasta graficarlos.

El procesamiento de datos, consiste en ingresar los datos, procesarlos y mostrar los resultados. Todos éstos pasos se los puede hacer usando Excel, así que ordenar, clasificar y estratificar los datos se convierte en una tarea ardua, tanto en el tiempo como por la complejidad para mostrar los resultados.

#### **2.5.4 Normalización de los Costos de Interrupción.**

Los costos de interrupción descritos por cada usuario encuestado, vienen expresados en unidades monetarias (\$), los cuales varían de acuerdo a la duración de la falla. Estos costos, son conocidos como CIC (Costos de Interrupción del Cliente).

Los simples valores de los CIC, no son muy útiles, debido a la gran diversidad de los consumidores que pueden existir en el sector de estudio, por lo que al momento de obtener los costos de todo el grupo (estrato) de clientes en estudio, existirá gran variabilidad en los resultados. Es justamente con el objetivo de reducir esta variabilidad, que se procede a normalizar los costos.

Normalizar los costos, consiste en relacionar los CIC con medidas que sirvan para reducir la variabilidad de los resultados, en otras palabras, que el impacto de los valores extremos de los consumidores encuestados se reduzca significativamente. Las medidas utilizadas comúnmente para normalizar los costos, son:

- a) El consumo total anual.
- b) La demanda pico anual.
- c) La energía no suministrada.

Los datos de consumo anual y demanda pico son fácilmente utilizados en el diseño, planeación y operación de los sistemas eléctricos, y por consiguiente sus usos en las normalizaciones de costos de interrupción son aceptadas.

De la bibliografía revisada, se encuentran dos maneras de normalizar los costos, una adoptada por el profesor Billinton (Ec.2.2) en varios estudios realizados en Canadá, Australia, EEUU y Centroamérica y la segunda (Ec.2.3) utilizada en países como Inglaterra, Noruega, Italia y Chile.

La diferencia entre estas dos fórmulas, radica en el hecho de que la Ecuación 2.2, toma en consideración el “peso” del consumo eléctrico del encuestado con relación al consumo de energía total de la muestra, mientras que la ecuación 2.3 considera que todos los usuarios encuestados “aportan” de la misma manera al costo de interrupción. Esta última consideración es válida en aquellos casos en que se tenga la seguridad de que la muestra de estudio tenga características muy similares u homogéneas.

A continuación, las fórmulas de normalización de costos de interrupción:

$$K_{Kwh} = \sum_{i=1}^m \left[ \frac{K_i}{Kwh_i} * \frac{Kwh_i}{\sum_{i=1}^m Kwh_i} \right] \quad (2.2)$$

$K_{Kwh}$  = Función de Costos del Sector en estudio, normalizado por kwh, también conocida como **SCDF** por sus siglas en inglés “Sector Customer Damage Function”.

$K_i$  = Costo (\$) reportado por el encuestado  $i$ .

$KWh_i$  = Consumo de energía (kwh) del encuestado  $i$ .

$m$  = Número Total de encuestados.

$$K_{Kwh} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \frac{K_i}{Kwh_i} \quad (2.3)$$

$K_{Kwh}$  = Función de Costos del Sector en estudio, normalizado por kwh, también conocida como **SCDF**, por sus siglas en inglés “Sector Customer Damage Function”.

$K_i$  = Costo reportado por el encuestado  $i$ .

$KWh_i$  = Consumo de energía del encuestado  $i$ .

m= Número Total de encuestados.

De manera análoga, las ecuaciones de normalización con respecto a la Demanda Pico, son las siguientes:

$$K_{Kw} = \sum_{i=1}^m \left[ \frac{K_i}{Kw_i} * \frac{Kw_i}{\sum_{i=1}^m Kw_i} \right] \quad (2.4)$$

$K_{Kw}$  = Función de Costos del Sector en estudio, normalizado por KW, también conocida como **SCDF**, por sus siglas en inglés “Sector Customer Damage Function”.

$K_i$  = Costo (\$) reportado por el encuestado i.

$Kw_i$  = Demanda Pico (kw) del encuestado i.

m = Número Total de encuestados.

$$K_{Kw} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \frac{K_i}{Kw_i} \quad (2.5)$$

$K_{Kw}$  = Función de Costos del Sector en estudio, normalizado por

KW, también conocida como **SCDF**, por sus siglas en inglés

“ Sector Customer Damage Function”.

$K_i$  = Costo (\$) reportado por el encuestado  $i$ .

$KW_i$  = Demanda Pico (kw) del encuestado  $i$ .

$m$  = Número Total de encuestados.

Con la aplicación de estas fórmulas, obtendremos los costos por interrupción de cada uno de los estratos, y así observar similitudes y/o diferencias entre la forma en que afectan los cortes de energía en los distintos procesos de producción. Los resultados, se presentan en el capítulo IV.

### III. CÁLCULO ANALÍTICO INDIRECTO: MODELO ECONOMÉTRICO

#### 3.1 ANTECEDENTES.-

Schumpeter (1934) tiene en su conocida obra *Historia del Análisis Económico* un capítulo titulado “Los econométras y Turgot” en el que remonta el origen de la econometría a algunos trabajos realizados principalmente por economistas del siglo XVII. Al principio del capítulo dice: “Los individuos ... en este capítulo ... tienen en común... el espíritu del análisis numérico. Todos ellos han sido econométras. Su obra ilustra realmente a la perfección qué es la econometría y qué intentan hacer los econométras”.<sup>2</sup>

A pesar de la afirmación de Schumpeter y aunque Engel y algunos autores neoclásicos pueden considerarse como precursores, la econometría, tal y como se concibe hoy en día, es una disciplina relativamente joven. Los primeros trabajos de naturaleza verdaderamente econométrica aparecieron en el primer tercio del siglo

---

<sup>2</sup> Schumpeter estudia en ese capítulo, entre otros, la obra de Petty, Cantillon y Quesnay.

XX, destacando entre otros los de Moore (1914), Working (1927), Cobb y Douglas (1928), Schultz (1928) y Waugh (1928).<sup>3</sup>

Más adelante, Frisch<sup>4</sup> pasa a explicar en qué consiste la econometría: “...la econometría no es lo mismo que la estadística económica. Tampoco es idéntica a lo que llamamos teoría económica general, aunque una parte considerable de esta teoría tiene un carácter cuantitativo. Tampoco debería la econometría ser tomada como sinónimo de la aplicación de las matemáticas a la economía. La experiencia ha demostrado que cada uno de esos tres puntos de vista, el de la estadística, el de la teoría económica y el de las matemáticas, es una condición necesaria pero no suficiente por sí misma para el entendimiento real de las relaciones cuantitativas en la vida económica moderna. Es la unificación de las tres, la que es poderosa. Es esta unificación la que constituye la econometría”.<sup>5</sup>

---

<sup>3</sup> Los primeros trabajos econométricos no contaban con el cuerpo teórico del que se dispone hoy en día. De hecho, muchos de los aspectos más sencillos de los modelos econométricos fueron forjándose poco a poco. Una exposición del desarrollo histórico de los modelos formales en econometría puede verse en el libro de Morgan (1990).

<sup>4</sup> Frisch recibió en 1969 el primer Premio Nobel de Economía (junto con Jan Tinbergen) por su importante contribución al desarrollo de la econometría.

<sup>5</sup> El primer editorial de *Econometrica* y un buen número de los primeros trabajos econométricos han sido recopilados por A. Darnell (1994) en su obra *The History of Econometrics*.

## **3.2 MARCO TEÓRICO**

### **3.2.1 LOS MODELOS ECONOMETRÍCOS.-**

En econometría, al igual que en economía, el objetivo es explicar el comportamiento de una variable en función de otras. Por eso, el punto de partida de la econometría es el modelo económico. La diferencia está en que la econometría pretende cuantificar la relación entre las variables económicas.

Desde un punto de vista empírico, el concepto que subyace a todo modelo econométrico es el de variación. Es decir, el objetivo de un modelo econométrico es explicar la variación que presenta una variable, llamada dependiente, por medio de la variación de otras variables que se llaman independientes. Esto implica que el poder explicativo de una variable depende de lo mucho o poco que varíe y de la relación que tenga su patrón de variación con el de la variable dependiente. De aquí se puede deducir, por ejemplo, que una constante no tiene poder explicativo para explicar la variación de la variable dependiente.<sup>6</sup>

---

<sup>6</sup> Una posible confusión puede surgir porque el término independiente de una regresión, que es muchas veces significativo, es en realidad el coeficiente de una variable que sólo toma el valor 1, es decir, de una constante. Sin embargo, hay que tener en cuenta que lo que en realidad explica el término independiente es un nivel (una media) pero no sirve para explicar variabilidad.

El modelo económico,  $y = f(x)$ , establece que variaciones en  $x$  son la única causa que produce variaciones en  $y$ . Esa relación es determinística ya que para cada valor de  $x$  existe un único valor de  $y$ . Por tanto, los valores de  $y$  quedan unívocamente determinados una vez que se conocen  $x$  y  $f(\cdot)$ .

Las relaciones determinísticas son comunes en las ciencias físicas. Un ejemplo sencillo es la ley de la gravedad.

En el análisis empírico de las relaciones económicas resulta imposible controlar multitud de factores que afectan al fenómeno analizado pero que no son esenciales para explicar dicho fenómeno. En términos prácticos, esto significa que es posible observar varios valores de la variable dependiente para un mismo valor de la variable independiente. Por este motivo, las variables económicas se modelizan como variables aleatorias, cuyo valor no se conoce con certeza sino con una determinada probabilidad. Una relación estocástica entre dos variables se puede representar del siguiente modo:

$$y = f(x) + \mu \quad (3.1)$$

donde  $u$  es una variable aleatoria, a la que se denomina perturbación aleatoria.<sup>7</sup>

En principio,  $u$  puede seguir cualquier tipo de distribución de probabilidad y su presencia implica que para cada valor de  $x$  existe una distribución de valores de  $y$ . El modelo (3.1) es la suma de una parte determinística,  $f(x)$ , y de una parte aleatoria,  $u$ .<sup>8</sup> Por tanto,  $y$  también es una variable aleatoria. De hecho, las propiedades aleatorias de  $y$  vienen dadas exclusivamente por  $u$ , por lo que  $y$  seguirá la misma distribución que  $u$ . En general, se supone que los factores no controlables son, en cierto modo, independientes del fenómeno estudiado. La idea es que la variación en  $y$  se debe a un componente que es fijo (determinístico) y a otro componente que no es predecible (aleatorio). La econometría tiene por objeto buscar (estimar) la parte determinística de los modelos económicos.

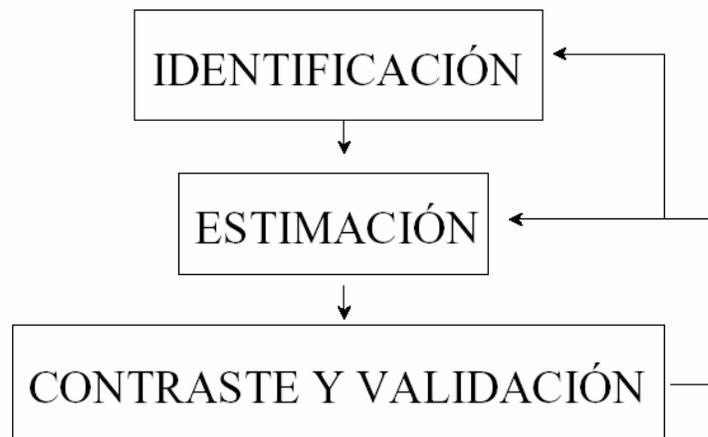
---

<sup>7</sup> Los adjetivos estocástico y aleatorio se usarán indistintamente.

<sup>8</sup> Sin embargo, esto no es siempre así. Hay modelos donde la variación aleatoria constituye la totalidad de la variación de la variable dependiente. Un ejemplo es el conocido paseo aleatorio (*random walk*) en el que el presente es igual al pasado más un componente de error. Es decir, el modelo se puede escribir como  $y_t = y_{t-1} + u_t$ .

### 3.2.2 ETAPAS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN MODELO ECONOMÉTRICO

Las etapas necesarias para la construcción de un modelo econométrico las podemos señalar de la siguiente manera:



**Identificación:** Esta es la etapa más comprometida porque se supone el paso del modelo económico al econométrico.

**Estimación:** La construcción de un modelo no termina con la identificación y estimación de los parámetros. El resultado de la estimación inicial es sólo el punto de partida hacia el modelo final que deberá ser contrastado y validado.

**Contraste y Validación:** Debe hacerse de forma ordenada pero generalmente no consistirá en un proceso lineal sin vuelta atrás; se planteará la revisión de especificación y estimación.

### 3.2.3 MODELO BÁSICO DE REGRESIÓN LINEAL

**Objetivo:**

Cuantificar la relación existente entre una variable endógena y un conjunto de variables exógenas, todas ellas cuantitativas en sentido estricto (escala de razón), mediante una aproximación no determinista del problema.

**Carácter Básico del Modelo:**

El modelo se llama modelo básico por incorporar a la expresión de un modelo lineal lo que SCHMIDT (1976) llamó las “*hipótesis ideales*”. Estas hipótesis permiten generalizar procedimientos, cálculos, procedimientos de inferencia independientemente de parámetros desconocidos.

### 3.2.4 ESTIMACIÓN DEL MODELO BÁSICO DE REGRESIÓN LINEAL-

#### Planteamiento Básico:

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 X_{1i} + \beta_2 X_{2i} + \dots + \beta_K X_{Ki} + \mu_i \quad (3.2)$$

*Modelo Real*



*Modelo estimado*

$$\hat{y}_i = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 X_{1i} + \hat{\beta}_2 X_{2i} + \dots + \hat{\beta}_K X_{Ki} \quad (3.3)$$

Donde:  $\beta$  son los parámetros fundamentales, y

$u$  son las Propiedades de perturbación aleatoria.

Existen dos métodos principales para la estimación de los MBRL:

- Mínimos Cuadrados Ordinarios (M.C.O.)
- Máxima Verosimilitud (M.V)

### 3.2.5 ESTIMADOR M.C.O.-

El estimador M.C.O. parte de un principio básico, que es utilizar como estimador aquellos parámetros que minimicen los residuos obtenidos en la regresión.

El Procedimiento matemático nos dice que:

- Se especifica la expresión de los residuos
- Se deriva esa expresión con respecto al estimador

Las Propiedades del Estimador M.C.O. son 4, las cuáles son representadas por las siglas ELIO (Estimador Lineal Insesgado Optimo), y son:

1. **Linealidad**: La forma funcional que liga al verdadero valor del parámetro y al estimador, es lineal.
2. **Insesgadez**: El valor más probable del estimador coincide con el verdadero valor del parámetro.
3. **Eficiencia**: La desviación entre el verdadero valor del parámetro estimado y el valor del estimador será la menor posible.
4. **Consistencia**: La diferencia entre el valor estimado del parámetro y el real se anula para una muestra infinita.

### **3.2.6 LA ECONOMETRÍA Y LA COMPUTADORA.-**

El trabajo econométrico de estimación requiere el uso de algún tipo de software especializado. Hoy en día son muchos los programas econométricos que hay en el mercado. Probablemente, el estudiante que quiera empezar a dar sus primeros pasos por el mundo de la econometría aplicada deba empezar a utilizar alguno de los más fáciles de usar como Limdep o Econometric Views (e-views). Sin embargo, aunque estos programas permiten estimar la gran mayoría de los modelos, en muchos casos es necesario recurrir a programas más flexibles, que permiten programar rutinas de estimación novedosas o poco comunes. El más popular hoy en día es Gauss.

### **3.3 MODELO ECONOMÉTRICO DEL COSTO DE INTERRUPCIÓN.-**

Nuestro estudio se fundamenta en aplicar una estimación que permita evaluar los Costos de Interrupción en los usuarios finales, de tal manera que se pueda encontrar un rango de valores donde se pueda mover dicha estimación. Para esto se ha considerado un primer valor sobreestimado, que se halla aplicando el denominado Análisis Económico Global.

### **3.3.1 ANÁLISIS ECONÓMICO GLOBAL.-**

#### **3.3.1.1 SUPUESTOS.-**

Tal como lo mencionamos anteriormente, con éste análisis pretendemos encontrar un valor sobreestimado del Costo de Interrupción, para lo cuál nos basamos de las siguientes “Hipótesis Ideales” como lo menciona SCHMIDT (1976):

- Existe una relación tecnológica entre el consumo eléctrico y la principal variable macroeconómica de la producción de un país, el PIB.
- La función de producción presenta rendimientos constantes a escala. Esto quiere decir varias cosas:
  - a) Si aumentamos los factores de la producción en una cantidad  $x$ , la producción aumenta en una cantidad  $x$ ;
  - b) Esto se cumple cuando la función de producción es del tipo Cobb-Douglas.
- Otro supuesto es que la economía sea competitiva. Este supuesto requiere mucha explicación, pero por el momento diremos que lo que se necesita es que cuando una industria

compra una unidad de capital (energía eléctrica) tiene que ser igual a su productividad marginal.

- No se puede seleccionar a los usuarios Industriales para cortar el suministro eléctrico, por lo tanto el ámbito debe ser de una falla que afecte en gran magnitud y de duración considerable.

### 3.3.1.2 FORMULACIÓN.-

Partiendo del hecho de que una falta de suministro eléctrico produce una caída del PIB y definiendo “C” como al consumo eléctrico, es posible recurrir a la elasticidad “ε” consumo del producto, para obtener el costo de la interrupción “G”, tal como se detalla:

$$\varepsilon = \frac{\frac{\Delta C}{C}}{\frac{\Delta \text{PIB}}{\text{PIB}}} \quad (3.3)$$

$$G = \frac{\Delta \text{PIB}}{\Delta C} \quad (3.4)$$

De éstas dos ecuaciones obtenemos el siguiente modelo econométrico y su resultado G:

$$G = \frac{1}{\varepsilon} * \frac{\text{PIB}}{C} \quad (3.5)$$

Como se pretende estudiar el comportamiento de una variable dependiente con otras variables independientes, se formula una función de tipo Cobb-Douglas. la cual relaciona la variable dependiente ( $y_i$ ) con las variables independientes ( $P_i$ ,  $C_i$ ), es decir:

$$y_i = \gamma P_i^{\beta_2} C_i^{\beta_3} e^{\mu_i} \quad (3.6)$$

Como el modelo presentado no es lineal, una simple transformación matemática lo convierte en lineal. Así, tomando logaritmo neperiano en la expresión anterior se obtiene:

$$\ln y_i = \beta_1 + \beta_2 \ln P_i + \beta_3 \ln C_i + \mu_i \quad (3.7)$$

Siendo:  $\beta_1 = \ln \gamma$

Con ésta transformación vemos, que los parámetros desconocidos del modelo (3.6) se pueden estimar de forma sencilla, por el método de mínimos cuadrados ordinarios (MCO) en el modelo (3.7).

### 3.3.1.3 DESARROLLO.-

Habiendo formulado las hipótesis, nos toca encontrar los parámetros fundamentales ( $\beta$ ) que en nuestro caso el de interés será la **elasticidad**, que relaciona el consumo de energía con el PIB. Existen otros parámetros importantes que ayudan a completar el modelo econométrico, pero no son considerados en la formulación.

La Elasticidad es un índice que nos permite encontrar la relación existente entre dos o más variables.

Para encontrar ésta elasticidad es necesario aplicar el MCO en el modelo (3.6), y para ello hemos utilizado un modelo computacional o software desarrollado con éste objetivo, como lo es el Econometric views (e-views).

#### IV. EVALUACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.-

##### 4.1 Presentación de los Resultados del Método Directo.

Una vez tabulados los resultados de las encuestas, el primer paso fue analizar la cantidad y calidad de la muestra, de lo cual obtuvimos los siguientes resultados:

COMPARATIVO DE LA MUESTRA						
Industriales	# Abonados	% Usuarios		Consumo Mwh	% Consumo	
		Muestra vs	Muestra vs		Muestra vs	Muestra vs
		Categ	País		Categ	País
Muestra Guayas	44	1.44	0.13	163,148	<b>25.92</b>	<b>8.45</b>
Muestra Guayaquil.	33	1.08	0.09	121,594	19.32	6.3

**Tabla 4.1** Cuadro Comparativo de la muestra.

Como podemos observar, desde el punto de vista del Consumo Eléctrico el peso de la muestra en estudio es muy significativa, ya que representa el **25.92%** sobre el consumo eléctrico industrial de la CATEG, y también el **8.45%** del consumo industrial nacional.

El siguiente, es un resumen de los resultados obtenidos y un análisis de ellos. Se exponen los resultados de acuerdo al tema involucrado, presentando la pregunta y el objetivo de cada una.

La exposición abarca 8 de las 13 preguntas que contiene la encuesta final, la cual se la muestra completamente en el Anexo D.

#### **4.1.1 Datos de la Industria.-**

##### **Formulación de la Pregunta 1:**

##### **Datos de la Industria.**

*Nombre de la Empresa:* \_\_\_\_\_

*Dirección Matriz:* \_\_\_\_\_

*Indique el sector productivo al cual pertenece su empresa:* \_\_\_\_\_

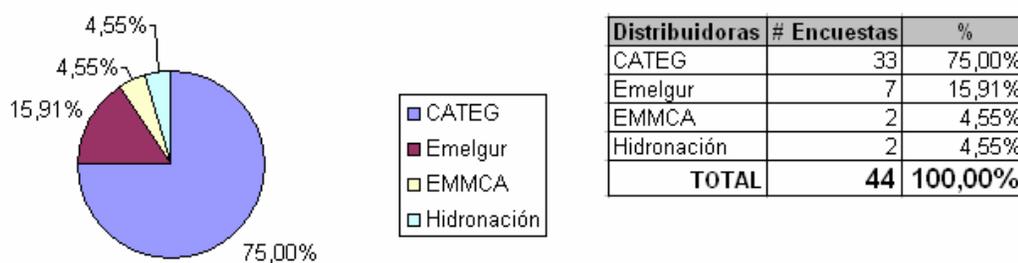
*Nombre de quién (es) responde(n) la encuesta:* \_\_\_\_\_

*Cargo que ocupa en la Empresa:* \_\_\_\_\_

### Objetivo:

El identificar a las empresas encuestadas, aparentemente tiene un objetivo sencillo y sin nada en particular. Sin embargo, tenemos que admitir que al procesar los datos, se obtuvieron resultados interesantes. Tabulando la dirección y asociándola a una tabla de posibilidades para la ubicación geográfica, pudimos obtener los siguientes resultados:

#### Distribuidoras Eléctricas



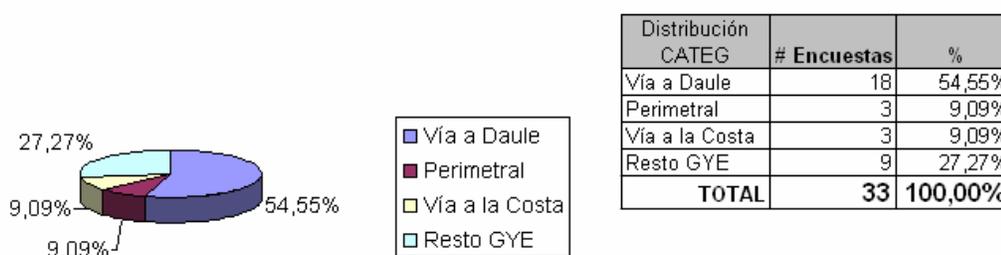
**Figura 4.1** Encuestados, según empresa distribuidora.

### Análisis de resultados:

Como se puede notar, las industrias encuestadas reciben energía eléctrica de parte de la CATEG, y de otras empresas distribuidoras (EMELGUR y EMMCA), esto debido a que algunas plantas industriales se encuentran ubicadas en cantones aledaños a Guayaquil y otras reciben el servicio directamente de Hidronación a

nivel de 69 KV. Además, como una sub-división dentro del área concesionada a la CATEG, podemos visualizar la ubicación geográfica de los usuarios encuestados:

### Distribución Geográfica en CATEG



**Figura 4.2** Distribución geográfica de encuestados de la CATEG.

#### 4.1.2 Duración y Frecuencia de la Interrupción.-

##### Formulación de la Pregunta 2:

a) ¿Cuántas veces ha sufrido interrupciones del suministro eléctrico en los últimos DOCE meses?. No incluya las fallas ocasionadas por sus equipos.

\_\_\_\_\_ vez (ces).

b) ¿Cuánto cree que en promedio han durado estas interrupciones? \_\_\_\_\_ hora(s).

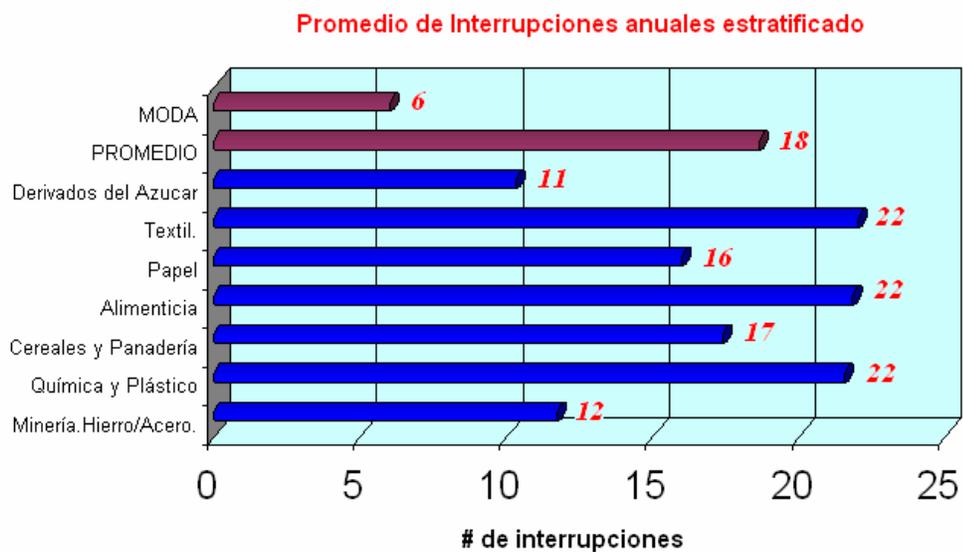
c) ¿Recuerda, cuándo ocurrió la última falla y cuánto duró?

Mes \_\_\_\_\_ Duración \_\_\_\_\_ Hora(s).

### Objetivo:

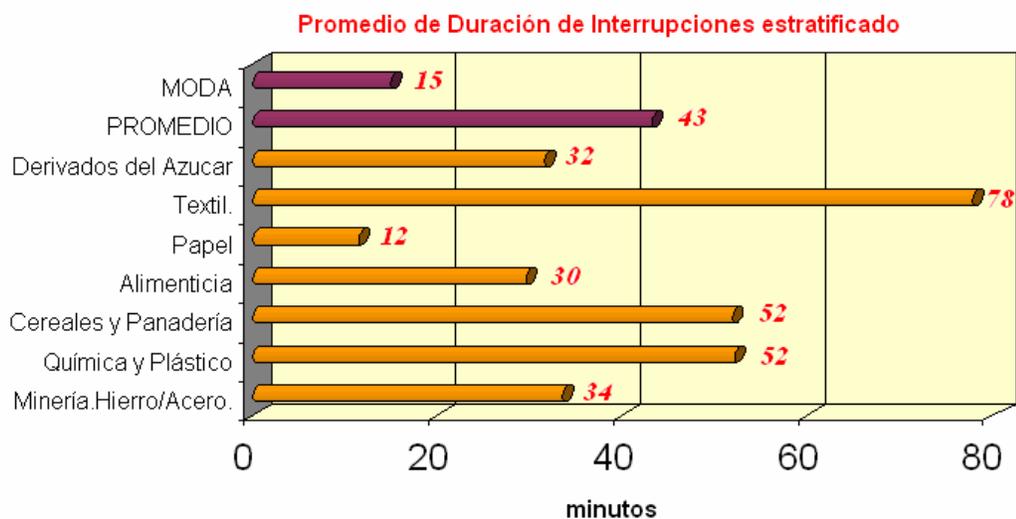
Conocer del encuestado la frecuencia de las interrupciones sufridas el último año, y en promedio la duración de la falla. Para lo cual procesando los datos pudimos estratificar las industrias así:

a)



**Figura 4.3** Cantidad promedio de interrupciones eléctricas.

b)



**Figura 4.4** Tiempo promedio de interrupciones eléctricas.

#### **Análisis de resultados:**

De los resultados de las encuestas, podemos observar que el sector industrial de Guayaquil, sufre un promedio de 18 interrupciones anuales, y que el tiempo promedio que duran estas interrupciones es de 43 minutos, que es un valor alto.

Además, la duración más común de las interrupciones sufridas es de 15 minutos, siendo el sector más afectado el textil.

### 4.1.3 Importancia de los Equipos Eléctricos.-

#### Formulación de la Pregunta 3:

A continuación se detalla un listado de distintos tipos de equipos eléctricos. Indique cuál es el grado de importancia que dichos equipos tienen en su empresa.

TIPO DE EQUIPO ELECTRICO	No está en la Cía o no es importante	Poca importancia	Mediana importancia	Alta importancia
<b>Equipos de Telecomunicaciones</b>				
<b>Computadoras y Sistemas electrónicos</b>				
<b>Procesos de producción</b>				
<b>Refrigeración</b>				
<b>Servicios Básicos: Iluminación. Acondicionadores de Aire, entre otros</b>				
<b>Otros: Describir</b>				

**Objetivo:**

Busca calificar los tipos de consumos y su importancia dentro de la industria encuestada.

**Análisis de resultados:**

El 100% de las industrias coincidieron en que los procesos de producción, son los tipos de consumo de mayor importancia en su empresa, mientras que los servicios básicos como la iluminación el de menor importancia. Los sistemas de comunicaciones y equipos de cómputo tienen una mediana importancia para el 60% de las industrias encuestadas y alta importancia para el 40%.

**4.1.4 Tipo de Generación Eléctrica.-****Formulación de la Pregunta 4:**

¿Con cuáles equipos de generación eléctrica, cuenta su industria para generar electricidad propia, en caso de ocurrir una interrupción del suministro eléctrico?

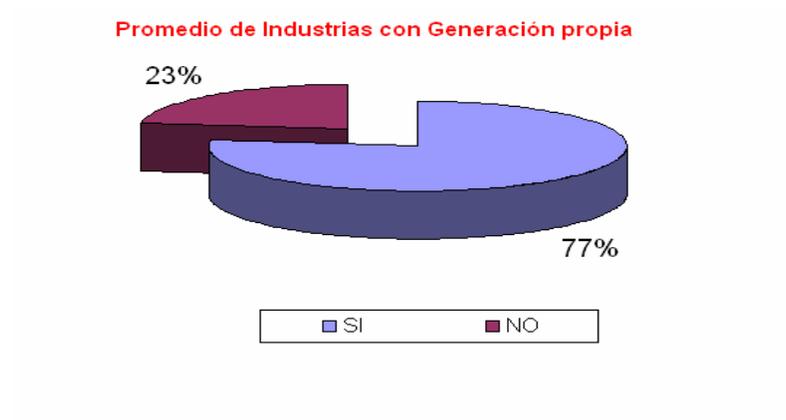
TIPO DE GENERACIÓN ELECTRICA	CAPACIDAD DEL EQUIPO (KW)	TIEMPO QUE PUEDE MANTENERSE A PLENA CARGA
<b>Ninguno</b>		
<b>Generadores a combustible</b>		
<b>UPS</b>		
<b>Sistema de baterías</b>		
<b>Otros: Describir</b>		

#### **Objetivos:**

Necesitamos conocer el tipo de equipos de respaldo disponibles en las industrias encuestadas, a fin de agrupar y comparar los costos entre las industrias que tengan ó no equipos de stand by, y especialmente unidades de generación propia.

Además, los resultados de esta pregunta, servirán para validar ó desechar las respuestas de los encuestados al evaluar los costos directos.

Luego, de procesar los datos obtuvimos la siguiente información:

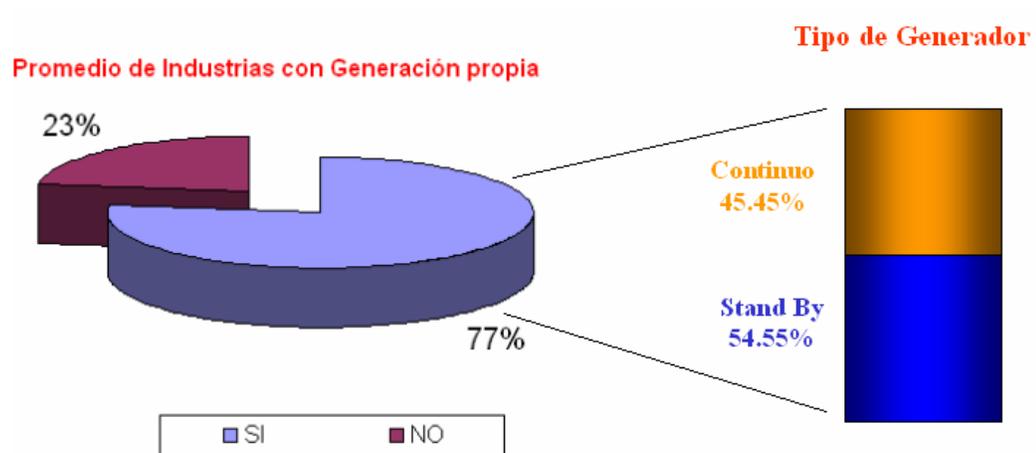


**Figura 4.5** Industrias con y sin generación propia.

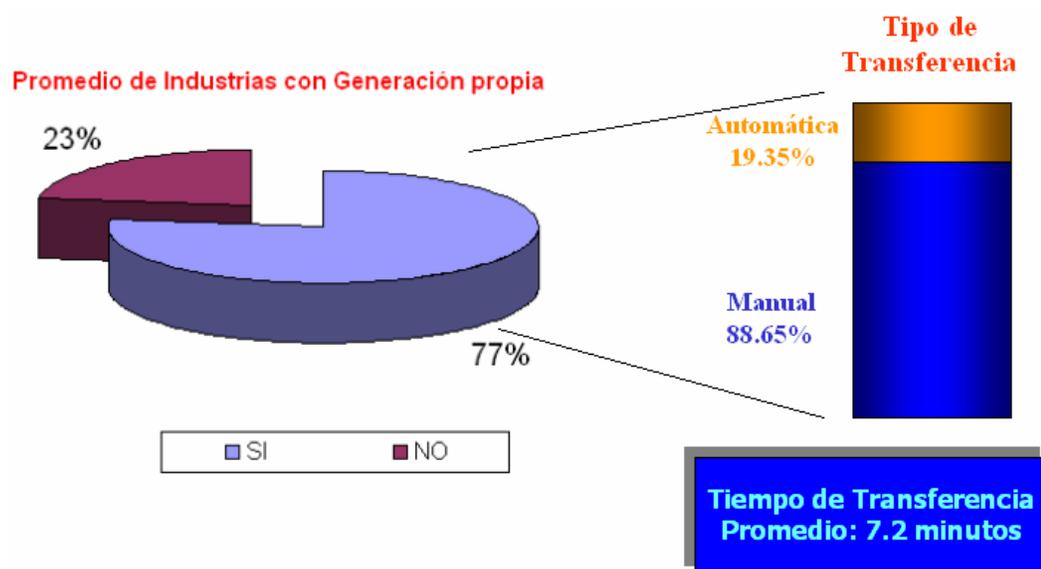
#### **Análisis de resultados:**

Analizando la información, podemos observar que el porcentaje de industrias que tienen sistemas alternativos de generación, es alto.

De esta pregunta, adicionalmente se obtuvo información acerca del tipo de generador (continuo, stand by) y del sistema de transferencia (manual, automática) utilizado en estos sistemas, resultados que se muestran a continuación:



**Figura 4.6** Clasificación de los generadores.

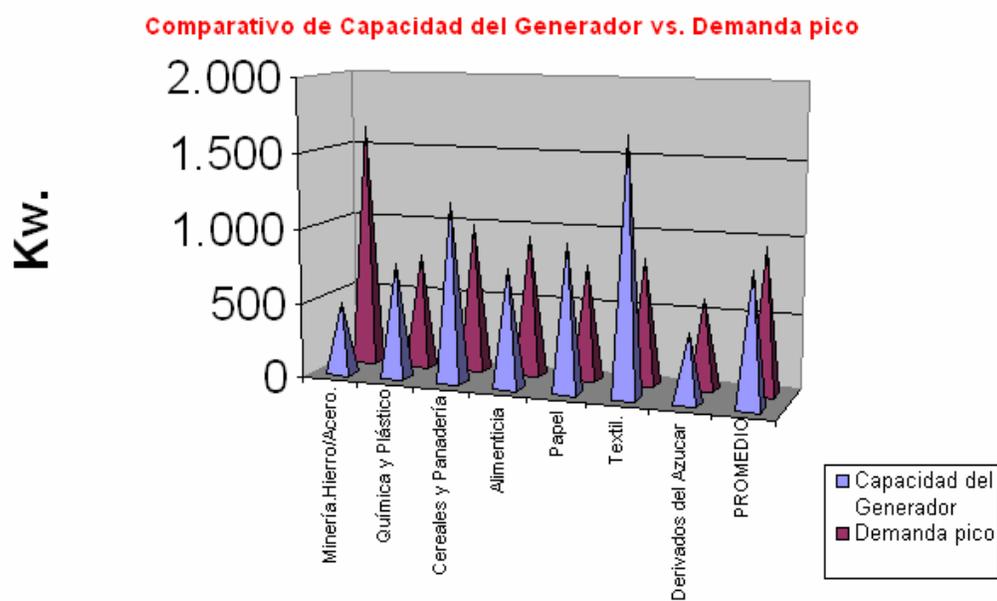


**Figura 4.7** Tipo de transferencia de los generadores.

Con la información de las capacidades de los sistemas de generación y la demanda pico de las industrias, también se ha

podido identificar los sectores industriales que poseen o no sistemas de autogeneración con capacidad suficiente para satisfacer sus requerimientos de potencia.

En la figura 4.8 apreciamos que el sector textil es el que mayor capacidad de generación propia posee, y que el de la industria del hierro y acero es el que tiene una menor capacidad.



**Figura 4.8** Capacidad de Sistemas de Generación vs. Demanda Pico.

#### 4.1.5 COSTOS DIRECTOS DE LA INTERRUPCIÓN.-

##### **Formulación de la Pregunta 5:**

a) Indique el mes del año, de la semana y hora del día, en que considera, sería el peor momento para sufrir una interrupción eléctrica, debido a la producción de su empresa.

Mes: \_\_\_\_\_ Día de la semana: \_\_\_\_\_ Hora: \_\_\_\_\_

b) Suponga que ocurra una falla, sin previo aviso, en el peor momento para su empresa (indique en el literal anterior).

A continuación, aparecen los principales efectos que se considera afectan la producción y ventas de los productos de la industria.

Señale en la primera fila el tiempo de reiniciación de los procesos de producción de acuerdo a la duración de la interrupción. Indique en las restantes filas el costo asociado, según el efecto involucrado y la duración de la interrupción eléctrica.

Incluya otros costos que considere relevantes en la fila de “otros costos”.

Descripción de Costos ocasionados por la interrupción	Duración de la interrupción				
	20 min.	1 hora	4 horas	8 horas	1 día
Tiempo (hrs) necesario para la reiniciación de la producción, una vez que retorna el suministro.					
Costos por restablecer el proceso de producción					
Costos por pérdida de producción durante la falla					
Costos de daños de materias primas durante el proceso de manufactura					
Costos de daños a equipos y maquinaria					
Costos de horas extras para recuperar la producción perdida					
Costos por generación propia					
Otros: Describir					
<b>Costo Total Estimado</b>	\$ _____	\$ _____	\$ _____	\$ _____	\$ _____

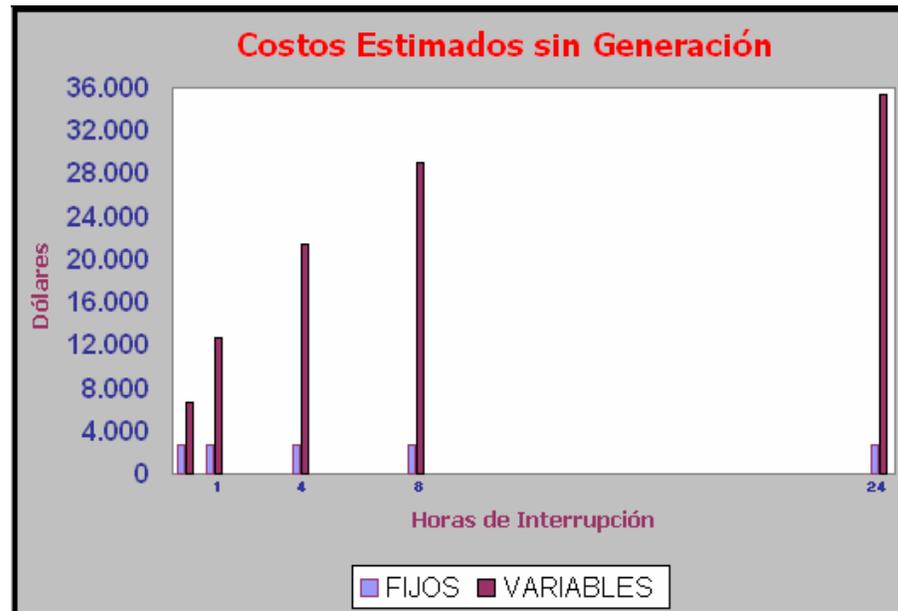
c) ¿Cuál fue el costo de producción, ocasionado por efecto de las interrupciones eléctricas, durante el año anterior? \_\_\_\_\_

**Objetivo:**

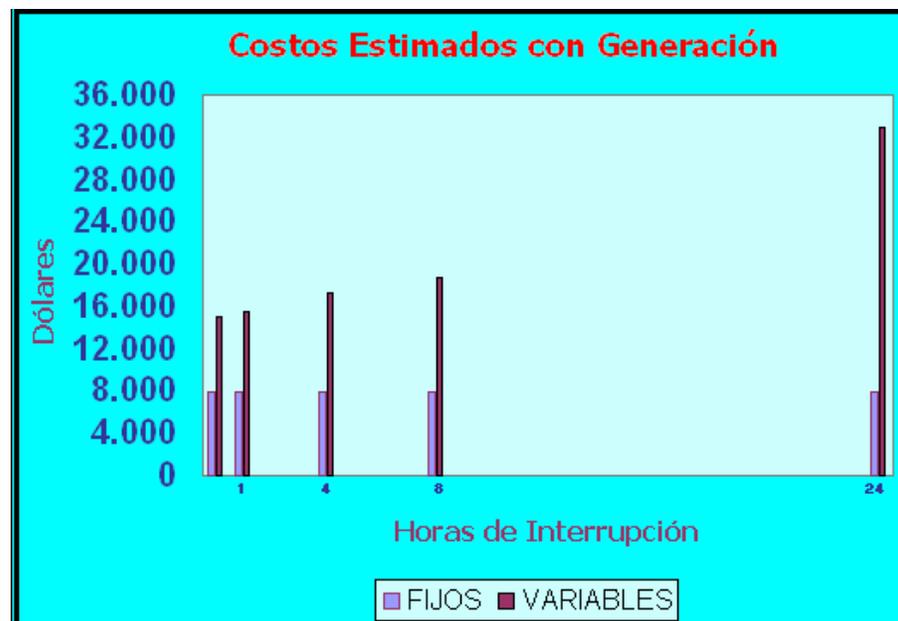
Estimar de manera directa el costo de interrupción. Pensamos que el encuestado deberá ser quien determine los valores de sus costos, evaluando las alternativas que se presentan, y alguna otra que no está considerada en la pregunta. Pero, inicialmente lo que deseamos conseguir, es que el encuestado se ubique en el peor momento (mes, día y hora) de una falla eléctrica en el que le afecte a la producción.

**Análisis de resultados:**

Sin duda que esta es la pregunta más importante del estudio. Por la información obtenida, presentaremos inicialmente los resultados de dos grupos: Industrias sin generación e Industrias con generación, mostrando los costos de Interrupción del Cliente (CIC), información que se muestra a continuación:



**Figura 4.9** Costos de interrupción de usuarios sin generación propia



**Figura 4.10** Costos de interrupción de usuarios con generación propia.

Apreciamos que los costos fijos en las industrias con sistemas de generación propia son mayores que en las industrias que no los tienen, esto debido a que el mayor peso de los costos fijos lo tiene el equipo generador y su infraestructura; mientras que, a medida que se incrementa la duración de la interrupción, los costos variables en las industrias sin generación son mayores que en las industrias con generación.

A continuación mostramos los valores promedios de los costos asociados a una interrupción eléctrica, clasificándolos en fijos y variables, de forma tal que permite apreciar la influencia de manera numérica y porcentual de cada uno de ellos.

Elementos del Costo	Duración de la Interrupción.									
	20 min.		1 hora		4 horas		8 horas		1 día.	
<b>COSTOS FIJOS</b>										
Generador (Depreciación Anual y Manenimiento)	\$ 5.903,20		\$ 5.903,20		\$ 5.903,20		\$ 5.903,20		\$ 5.903,20	
Mantenimiento Equipos y Maq.	\$ 2.158,14		\$ 2.158,14		\$ 2.158,14		\$ 2.158,14		\$ 2.158,14	
<b>Total Costos Fijos</b>	<b>\$ 8.061,34</b>		<b>\$ 8.061,34</b>		<b>\$ 8.061,34</b>		<b>\$ 8.061,34</b>		<b>\$ 8.061,34</b>	
<b>COSTOS VARIABLES</b>										
Costos por restablecer el proceso de producción.	\$ 94,82	0,74%	\$ 99,29	0,65%	\$ 106,29	0,55%	\$ 118,61	0,53%	\$ 159,87	0,46%
Costos por pérdida de producción	\$ 11.284,18	88,08%	\$ 12.939,29	84,22%	\$ 15.553,26	80,89%	\$ 17.738,91	79,15%	\$ 28.216,99	80,42%
Costos de daños de materias primas durante el proceso de manufactura.	\$ 947,56	7,40%	\$ 1.203,54	7,83%	\$ 1.475,17	7,67%	\$ 1.644,38	7,34%	\$ 2.016,38	5,75%
Costos de horas extras para recuperar la producción perdida.	\$ 5,58	0,04%	\$ 68,37	0,45%	\$ 340,16	1,77%	\$ 745,14	3,32%	\$ 1.154,67	3,28%
Costo de generación propia	\$ 63,28	0,48%	\$ 189,27	1,23%	\$ 427,25	2,22%	\$ 613,93	2,74%	\$ 1.600,01	4,56%
Costo por hora perdida.	\$ 111,09	0,87%	\$ 246,66	1,6%	\$ 503,65	2,62%	\$ 672,54	3,00%	\$ 783,70	2,23%
Costo por Reproceso de Materia Prima.	\$ 304,37	2,38%	\$ 617,77	4,02%	\$ 820,86	4,27%	\$ 877,86	3,92%	\$ 1.153,63	3,28%
<b>Total Costos Variables</b>	<b>\$ 12.810,89</b>	<b>100%</b>	<b>\$ 15.364,19</b>	<b>100%</b>	<b>\$ 19.226,63</b>	<b>100%</b>	<b>\$ 22.411,38</b>	<b>100%</b>	<b>\$ 35.085,25</b>	<b>100%</b>
<b>Total Costos Estimados</b>	<b>\$20.872,23</b>		<b>\$23.425,53</b>		<b>\$27.287,97</b>		<b>\$30.472,72</b>		<b>\$43.146,59</b>	

Tabla 4.2 Costos de Interrupción de una industria promedio.

Para visualizar de mejor manera cada uno de los costos asociados al costo total de interrupción, nos valemos del costo promedio de falla de una industria, del cuál obtuvimos gráficas en escala logarítmica a fin de interpretar el comportamiento de los distintos costos dentro de un mismo rango de valores a medida que la duración de la interrupción varía; lo que se dificulta con escala real.

### **Costos Fijos:**

#### **INDUSTRIAS CON GENERACIÓN**

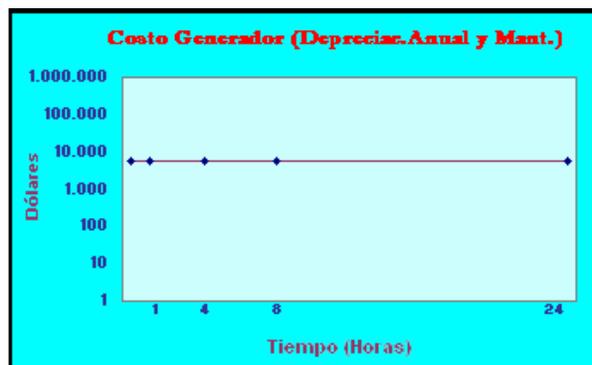


Figura 4.11 Costo Fijo del Generador.

#### **INDUSTRIAS SIN GENERACIÓN**



#### **INDUSTRIAS CON GENERACIÓN**

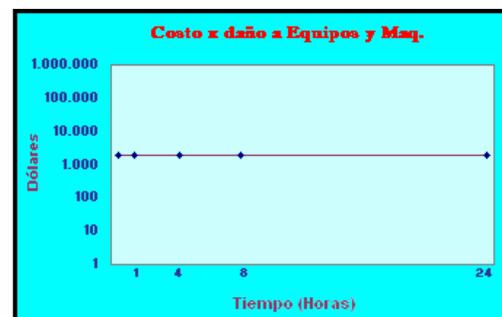


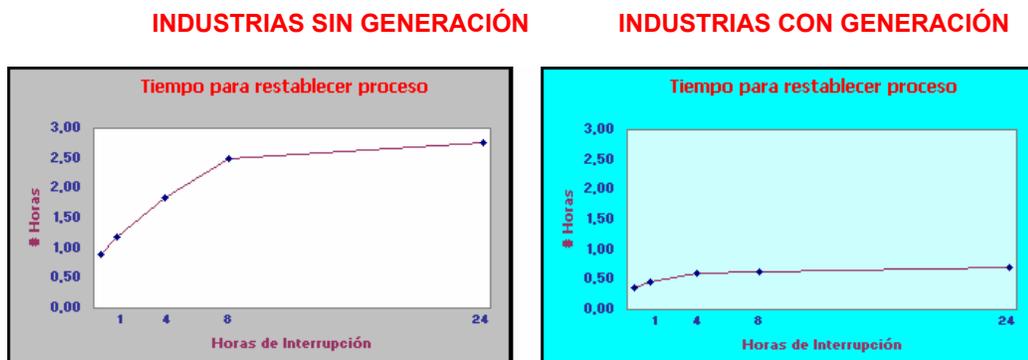
Figura 4.12 Costos Fijos de Daños a Equipos y Maquinaria.

Cabe anotar que estos costos fijos son valores anuales evaluados de manera directa. El que sean mayores o menores depende de la posesión ó no de un generador por parte de las industrias; en el caso de la muestra tomada, el 77% de aquellos lo poseen, con un costo promedio de \$ 6000 anuales, valores importantes que el industrial debe asumir para asegurar continuidad en su proceso de producción, en el caso de eventuales fallas eléctricas.

Por otro lado, el daño o reparación de equipos y maquinarias en general, resultó más alto en las industrias sin generación debido a que su infraestructura eléctrica se muestra menos protegida.

Si para las industrias sin generación resultaron en promedio más de \$ 2,600 (dos mil seiscientos dólares) anuales, para las que si cuentan con generación (debido al uso tecnológico en parte) les cuesta en promedio alrededor de los \$ 2,000 (dos mil dólares).

### Costos Variables:

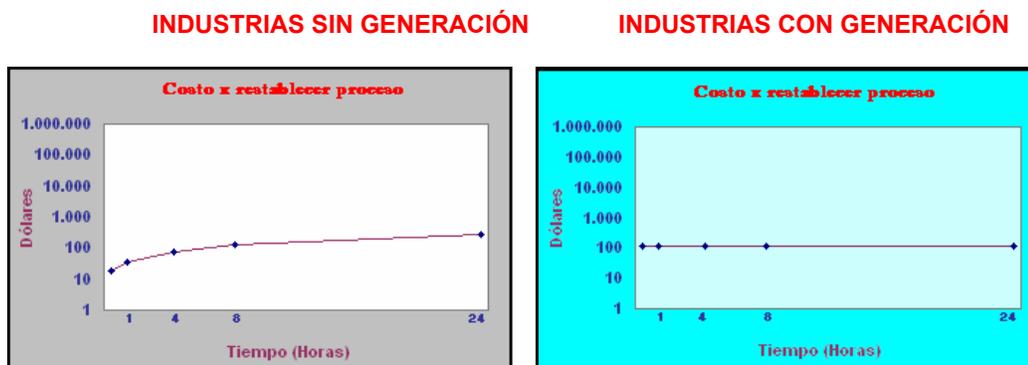


**Figura 4.13** *Tiempo para restablecer los procesos de producción.*

De los resultados se puede observar que:

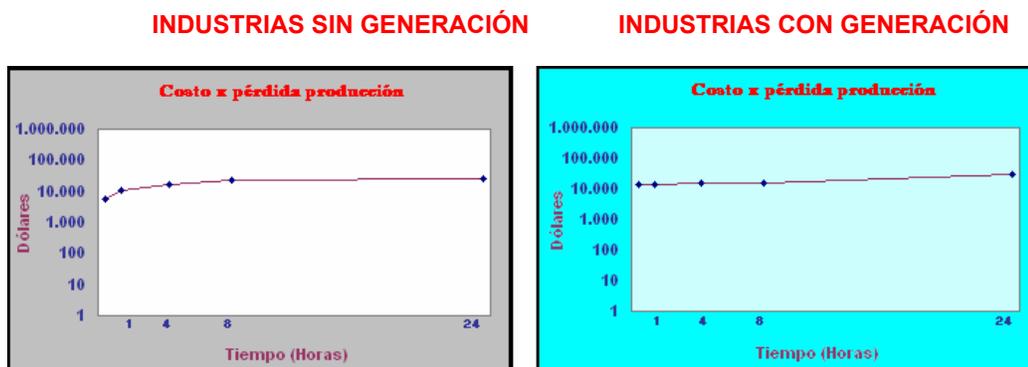
El tiempo que requieren las industrias sin generación para restablecer los procesos de producción, se incrementa, a medida que aumenta la duración de la interrupción hasta las 8 horas, mientras que para las industrias con generación lo es hasta las 4 horas. Para interrupciones de mayor duración a las anotadas, el tiempo para restablecer dichos procesos se mantienen casi constantes en uno y otro caso.

Las industrias que carecen de autogeneración tardan hasta 3 horas en reiniciar sus procesos, en cambio para las que la poseen, los tiempos son inferiores a 1 hora.



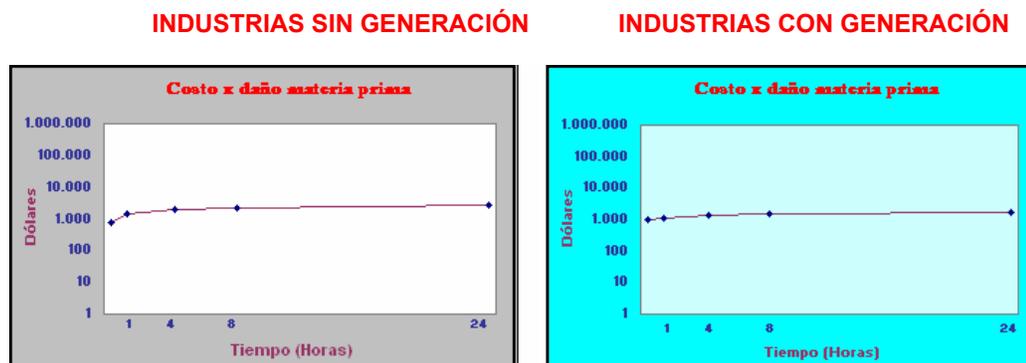
**Figura 4.14** *Costos por restablecer los procesos de producción.*

Para éste caso existe linealidad de los datos en las industrias con generación, mientras que en las industrias que no los tienen, crecen a medida que aumenta la duración de la interrupción, lo cual resulta lógico ya que el reinicio de los procesos dependerá del tiempo e insumos de limpieza que se invertirán para dejar a punto las líneas de producción.



**Figura 4.15** *Costos por pérdida de producción.*

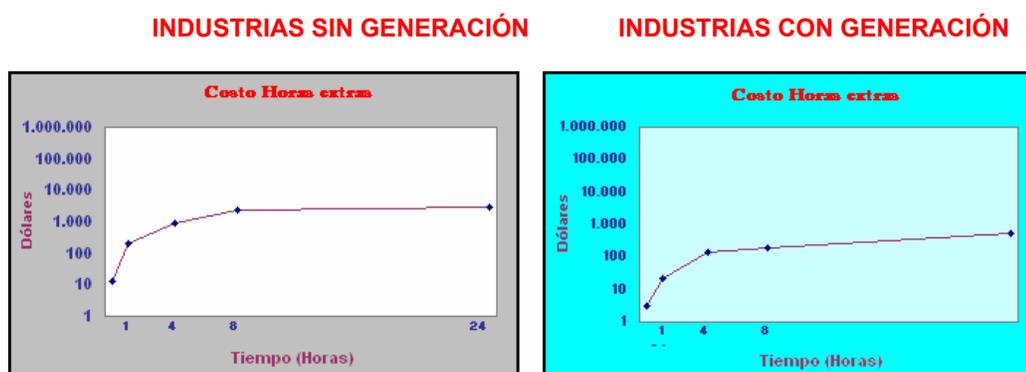
A medida que incrementa la duración de la interrupción, los costos de producción son cada vez mayores en las industrias que no cuentan con sistemas de generación. Para las industrias que cuentan con autogeneración, las pérdidas son casi constantes ya que una vez que entra en operación el generador, la empresa operará con la demanda máxima que este permita.



**Figura 4.16** Costos por daños de materia prima.

Los costos por daño de materia prima, se mantienen casi constantes en las industrias con generación. En este caso, los resultados son por demás entendibles ya que el contar con generación propia elimina riesgos de daños pues el proceso de producción no se ve afectado; mientras que en las industrias sin sistemas de generación, la situación dependerá del tipo de materia prima con que cuentan, pues la "sensibilidad" de la misma influye enormemente. Sin

embargo, en ambos casos debemos considerar que al interrumpirse el suministro de energía en la mayoría de las industrias, éstas sufren una cantidad fija de pérdida de materia prima ocasionada en el momento del corte, cantidad que posteriormente se ve incrementada acorde a la duración de la interrupción, especialmente en las industrias sin generación propia.



**Figura 4.17** Costos por horas extras.

Los Costos por horas extras, son las horas laborables necesarias para la recuperación de la producción perdida, y dependen de la continuidad de la producción. Estos costos guardan una relación directa con las pérdidas de producción y una de las causas por la que son mayores en las industrias sin generación es debido a que generalmente requieren mayor mano de obra en sus procesos de producción.

### INDUSTRIAS CON GENERACIÓN

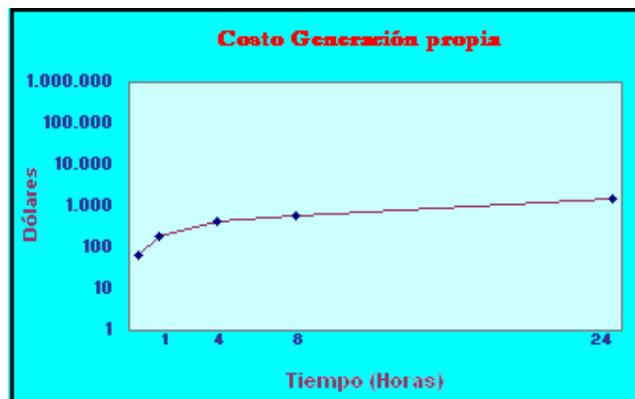


Figura 4.18 Costos Variables por Generación Propia.

La generación propia resulta onerosa en lo que tiene que ver con el combustible. En cuanto éste suba de precio, la autogeneración sube proporcionalmente a la duración de la falla.

### INDUSTRIAS SIN GENERACIÓN

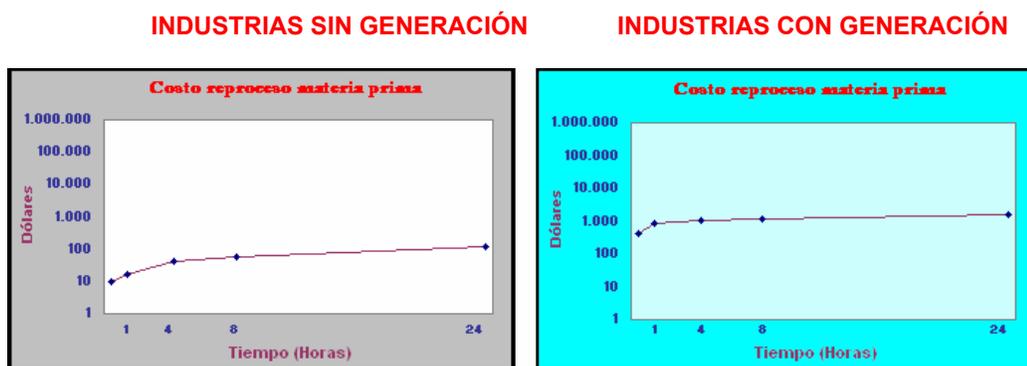


### INDUSTRIAS CON GENERACIÓN



Figura 4.19 Costos por Horas Perdidas.

Los costos por hora perdida son más representativos cuando no se tiene generación propia y en este caso se incrementan de manera proporcional a la duración de la interrupción, mientras que en las industrias con generación es casi constante.



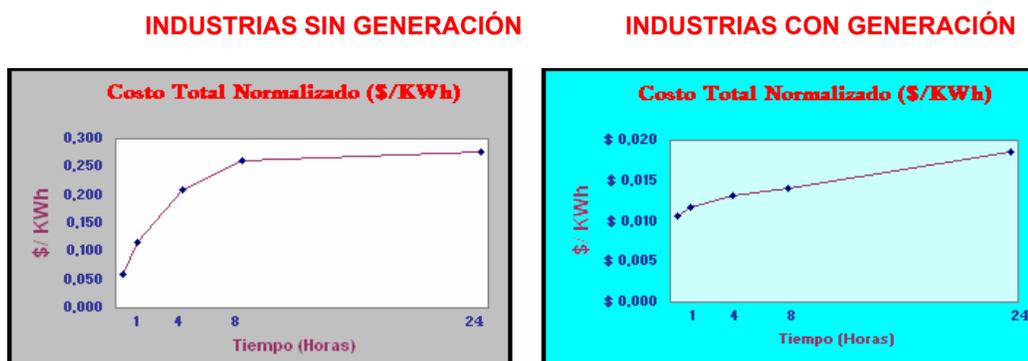
**Figura 4.20** *Costos por Reproceso de Materia Prima.*

El comportamiento de estos costos permanecen con tendencia al alza mientras la duración de la interrupción aumenta, al igual que los demás costos variables. En general, los costos por reproceso de materia prima son mayores en las industrias sin generación; en el caso de nuestro estudio éstos resultaron superiores para las industrias con generación por constituir el 77% de la muestra y por la exigencia de reprocesamiento, a la brevedad del caso, de la materia prima utilizada.

## NORMALIZACIÓN DE LOS COSTOS DE INTERRUPCIÓN

Los costos presentados hasta el momento son los conocidos como (Costos de Interrupción del Cliente, CIC). A continuación mostramos los resultados de los costos de interrupción (curvas SCDF), cuyos valores se normalizaron para las dos medidas utilizadas para este fin, sin embargo, hay que anotar que la normalización para demanda pico es más utilizada para el análisis de interrupciones eléctricas de corta duración, mientras que la normalización por consumo eléctrico es más apropiada en el análisis de interrupciones de larga duración.

Presentaremos los resultados, dividiendo las industrias en 2 grupos ó estratos: sin generación y con generación, con lo cual podremos visualizar la diferencia de los costos totales entre estos grupos.



**Figura 4.21** Funciones de Costos para industrias con y sin generación, normalizados por KWH anuales consumidos.

### INDUSTRIA PROMEDIO



Figura 4.22 Función de Costos del sector industrial, normalizados por KWH anuales consumidos.

### INDUSTRIAS SIN GENERACIÓN



### INDUSTRIAS CON GENERACIÓN

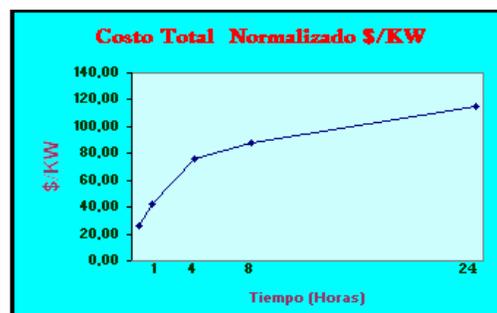


Figura 4.23 Funciones de Costos para industrias con y sin generación, normalizados por demanda pico (KW) anual.

### INDUSTRIA PROMEDIO



**Figura 4.24** Función de Costos del sector industrial, normalizados por demanda (KW) pico anual.

Considerando el costo de interrupción de 1 hora, que es el valor más cercano al tiempo promedio (43') de las interrupciones ocurridas en Guayaquil, tenemos los siguientes valores:

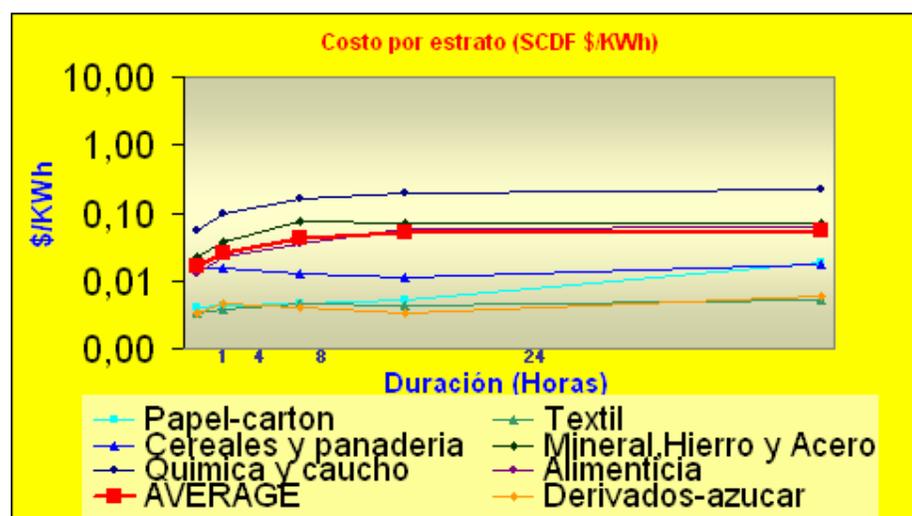
Unidad	Ind. Sin Gen.	Ind. Con Gen.	Ind. Promedio
<b>\$/KWH</b>	<b>0.1152</b>	<b>0.0117</b>	<b>0.02616</b>
<b>\$/KW</b>	<b>41.98</b>	<b>41.71</b>	<b>37.37</b>

**Tabla 4.3** Costos de Interrupción Industrial Normalizados, en 1 hora.

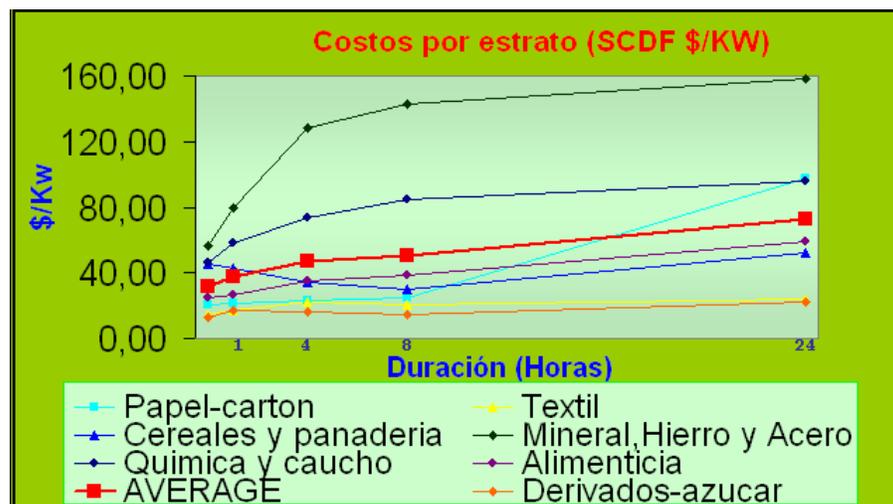
De los resultados obtenidos, es importante aclarar que, el valor obtenido en \$/kwh no es comparable con el precio medio de la

energía eléctrica, debido a que el primer valor sirve para reflejar cuánto afecta a la productividad por cada KWH no consumido. Anotamos que el resultado se vio afectado en gran medida por dos factores: la mayoría de nuestros encuestados tienen sistemas de generación lo que hace que las pérdidas monetarias sean pequeñas y además sus consumos mensuales de energía son elevados., por lo que al relacionar los costos ocasionados en una interrupción a esta unidad, los resultados son valores aparentemente pequeños.

Las curvas (SCDF) en las que se muestran los diferentes estratos que formaron parte de nuestro estudio son las siguientes:



**Figura 4.25** Función de Costos por estratos del sector industrial, normalizada por KWH.



**Figura 4.26** Función de Costos por estratos del sector industrial, normalizada por KW.

Claramente observamos, que las interrupciones eléctricas afectan de distinta forma a los sectores productivos, dependiendo del tipo de actividad industrial.

Es importante dejar claro, que estos índices son solamente costos directos que pueden ser resultado de una percepción, y que los métodos de reportar los resultados no son muy claros, ya que especialmente existe una confusión entre estos costos normalizados (\$/kwh y \$/kw) y los costos propios de energía no servida, cuyo índice es conocido como VOLL (Value of Lost Load), y que para su determinación se utilizan justamente los Costos de Interrupción. Es

conveniente desarrollar un programa computacional del cálculo del VOLL, para complementar el presente trabajo.

Las tablas 4.4 y 4.5, presentan los resultados de estudios de costos de interrupción realizados en otros países y ciudades, con lo cual podemos apreciar las similitudes y diferencias de los valores, por lo que **se establece que los costos de interrupción no pueden ser fácilmente transferidos de una región a otra.** Además de los procedimientos adoptados para su evaluación, los costos de interrupción dependen de factores geográficos, socioeconómicos y demográficos.

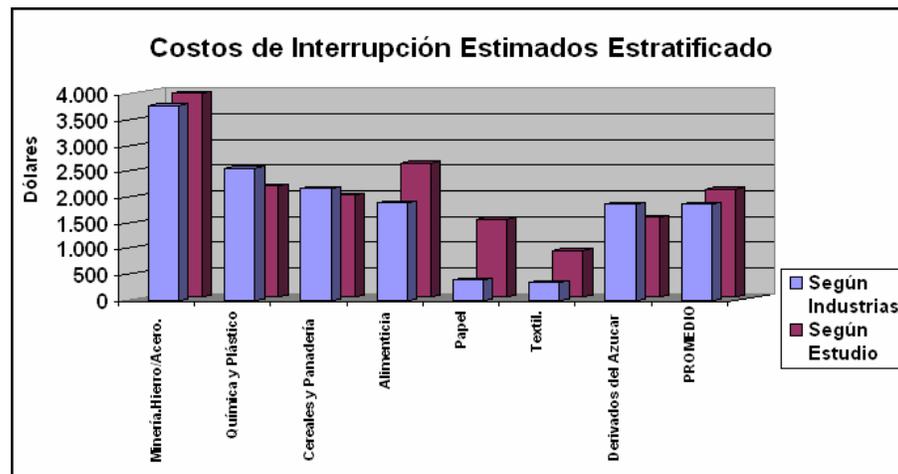
<b>Costos de Interrupción (\$ / KWH )</b>					
<b>Localidad</b>	<b>20 min</b>	<b>1 hora</b>	<b>4 horas</b>	<b>8 horas</b>	<b>24 horas</b>
Australia.	0.00230	0.00320	0.01150	0.02210	0.02380
Canadá.	0.00123	0.00262	0.00741	0.01427	No calculado
Santiago.	0.00506	0.01094	0.01655	0.04045	No calculado
<b>Guayaquil</b>	<b>0,01686</b>	<b>0,02616</b>	<b>0,04246</b>	<b>0,04974</b>	<b>0,05631</b>

**Tabla 4.4** *Comparación del costo de interrupción del sector industrial obtenido, con el de otros países o ciudades en (\$/kwh).*

<b>Costos de Interrupción (\$ / KW )</b>					
<b>Localidad</b>	<b>20 min</b>	<b>1 hora</b>	<b>4 horas</b>	<b>8 horas</b>	<b>24 horas</b>
Ontario	3.09	6.53	23.81	44.06	70.13
Reino Unido	14.27	25.26	72.22	120.11	150.38
EE.UU	6.29	13.39	29.94	No calculado	No calculado
Nepal	11.31	20.50	72.45	145.38	532.31
<b>Guayaquil</b>	<b>31.58</b>	<b>37.37</b>	<b>47.37</b>	<b>50.69</b>	<b>72.55</b>

**Tabla 4.5** *Comparación del costo de interrupción del sector industrial obtenido, con el de otros países o ciudades en (\$/kw).*

Adicionalmente la pregunta (5c), tiene como objetivo determinar si los encuestados tienen una correcta apreciación sobre la influencia de una interrupción en su proceso industrial. Esta pregunta la respondieron el 44% de los encuestados, y sus resultados se muestran en la figura 4.27. Observamos, que cuatro sectores tienen resultados similares al de nuestra evaluación, mientras que los sectores textil, alimenticio y del papel tienen marcadas diferencias con los resultados obtenidos en este estudio.



**Figura 4.27** Comparación de costos de interrupción según conocimiento de las industrias y resultados del estudio.

#### 4.1.6 Variación del costo según escenarios de ocurrencia.

La pregunta 6, desea conocer como varía en las industrias, el costo de interrupción según el mes, semana ó día de ocurrencia de la interrupción.

En la mayoría de las encuestas de nuestro estudio, esta pregunta no fue contestada ó se la respondía muy a la ligera, por lo que consideramos que los resultados de la misma no son confiables para mostrarlos y concluir.

#### **4.1.7 Variación del costo según información de empresas.**

Las pregunta 7 y 8, pretenden conocer la influencia que sobre el costo de interrupción tiene la información que pueden entregar las empresas suministradoras del servicio eléctrico.

##### **Formulación de la Pregunta 7:**

- a) ¿Considera que la industria reduciría sus costos si una vez que ocurre la interrupción, la empresa eléctrica le indica cuánto durará la misma?
- b) ¿En cuánto considera se reduce porcentualmente el costo de interrupción de la industria, en comparación con que no le avisen la duración de la falla?

##### **Objetivo:**

Trata de reflejar la variación que tendrían los costos de interrupción, si el tiempo de la interrupción es comunicada, una vez que esta ocurrió.

##### **Análisis de resultados:**

El 63.6 % de los encuestados, considera que una vez que ocurre la interrupción no se reducen los costos, pues lo que afecta en sí es el corte y aunque la mayoría de ellos tienen sistemas de generación propia el recuperar el nivel de producción que se tenía antes de la falla no se recupera.

Sin embargo, los usuarios que no cuentan con generación propia, manifiestan que se pueden reducir las pérdidas hasta en un 10% y en la industria alimenticia hasta un 15%, si la empresa eléctrica comunica la duración del corte, pero que el aviso no sea más allá de 30 minutos ocurrida la falla.

#### **Formulación de la Pregunta 8:**

- a) ¿Considera que la industria reduciría sus costos si la empresa eléctrica le indica que ocurrirá una interrupción del suministro eléctrico?
- b) ¿En cuánto considera se reduce porcentualmente el costo de interrupción de la industria, si el tiempo previo de aviso de la interrupción es de: 1min, 20 min, 1h, 4h, 8h, 1día?

#### **Objetivo:**

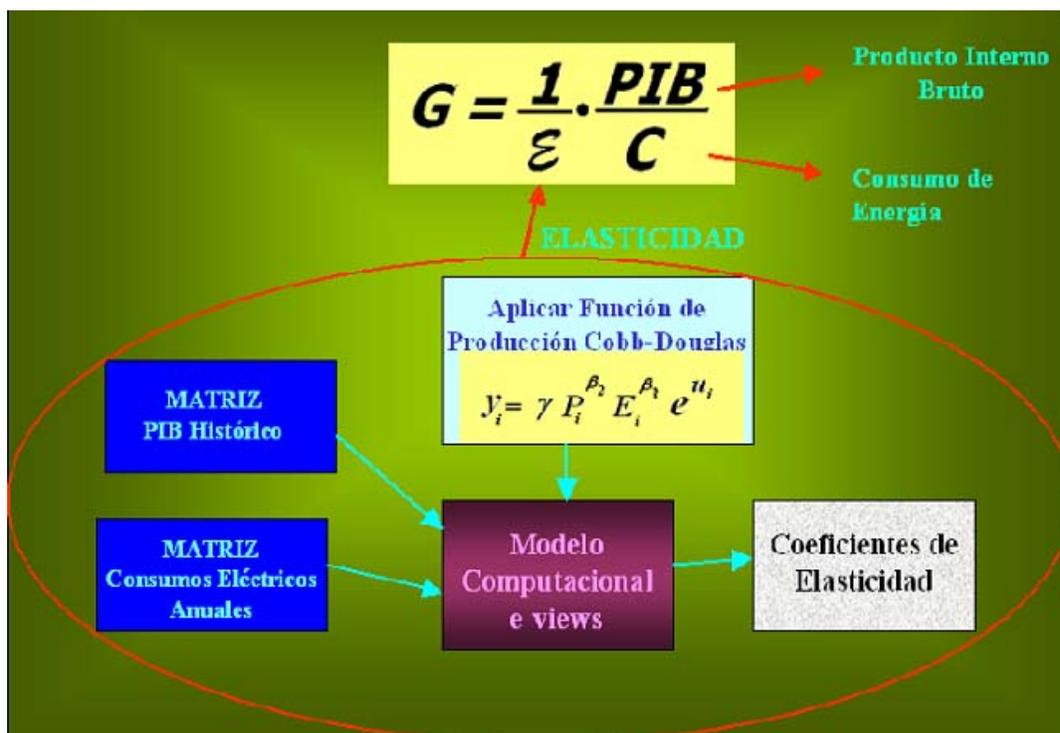
Trata de reflejar la variación que tendrían los costos de interrupción, si existe un previo aviso de la interrupción.

#### **Análisis de resultados:**

El 88% de las industrias coincidió en que se reducen notablemente las pérdidas si la empresa eléctrica notifica con anticipación que se realizará un corte de energía. En el caso de las industrias con generación propia manifiestan que las pérdidas se reducen hasta en un 100% si el comunicado es con más de 1 hora de anticipación, mientras que en industrias que no cuentan con generación las pérdidas se reducirían en un 18% si las mismas no duran más allá de 4 horas, mientras que para intervalos de duración más largos de 4 horas las pérdidas son totales.

#### **4.2 Presentación de los Resultados del Análisis Indirecto.**

Para aclarar de mejor manera la forma en que obtenemos el costo de interrupción mediante la aplicación del análisis indirecto, a continuación mostramos en la Figura 4.28, el procedimiento realizado.



**Figura 4.28** Esquema de aplicación de la metodología analítica indirecta.

Como apreciamos, es necesario contar con el registro de los datos macroeconómicos de las variables involucradas en el estudio, en este caso las más recomendables son el Producto Geográfico Bruto (PGB) del sector Industrial y el consumo eléctrico industrial de la ciudad de Guayaquil. Una limitante para la ejecución de este método es el no contar con las variables económicas adecuadas, pues no pudimos obtener el PGB industrial, ya que el Banco Central del Ecuador registra únicamente los datos correspondientes al Producto Interno Bruto (PIB) nacional.

Como puede observarse en la tabla 4.6, las variables finalmente utilizadas son el **PIB Real (Miles \$ del 2000)** y **Energía Eléctrica Facturada**.

El término (Miles de dólares del 2000), significa que se ha tomado como referencia este año base, y a pesar que conocemos que nuestra economía es dolarizada desde este año, el BCE ha realizado las conversiones correspondientes para poder expresar el PIB de nuestro país de años anteriores en esta moneda.

<b>AÑO</b>	<b>PIB real (Miles \$ del 2000)</b>	<b>Energía Eléctrica Facturada (MWh)</b>
<b>1950</b>	<b>2,175,000</b>	<b>152,200</b>
<b>1951</b>	<b>2,219,000</b>	<b>173,400</b>
<b>1952</b>	<b>2,476,000</b>	<b>186,900</b>
....	....	....
....	....	....
<b>2002</b>	<b>17,320,610</b>	<b>8,595,571</b>

**Tabla 4.6** Registro de datos de PIB y MWH anuales.

Los datos de PIB y Energía Facturada utilizados para el estudio datan del año 1950, cuya base de datos final la mostramos en el *Anexo E*.

Posteriormente, definimos el modelo econométrico a emplear, basado en la función de Cobb Douglas, que luego de las respectivas aplicaciones quedó expresado como:

$$\ln E = C + \alpha(q_t) + \delta(t^2) + \beta \ln(y_t) + \mu_t \quad (4.1)$$

donde:

**E** = Variable dependiente (Energía).

**C** = Parámetro fundamental constante del modelo.

**$\alpha$**  = Parámetro fundamental de  $q_t$

**$\delta$**  = Parámetro fundamental de  $t$ .

**$\beta$**  = Parámetro fundamental de  $y_t$  (Elasticidad entre Consumo Eléctrico y PIB).

**$q_t$**  = Variable independiente, que considera la conversión de sucres a dólares, siendo su valor igual a CERO para años menores a 1999, e igual a UNO para años mayores ó iguales al 2000.

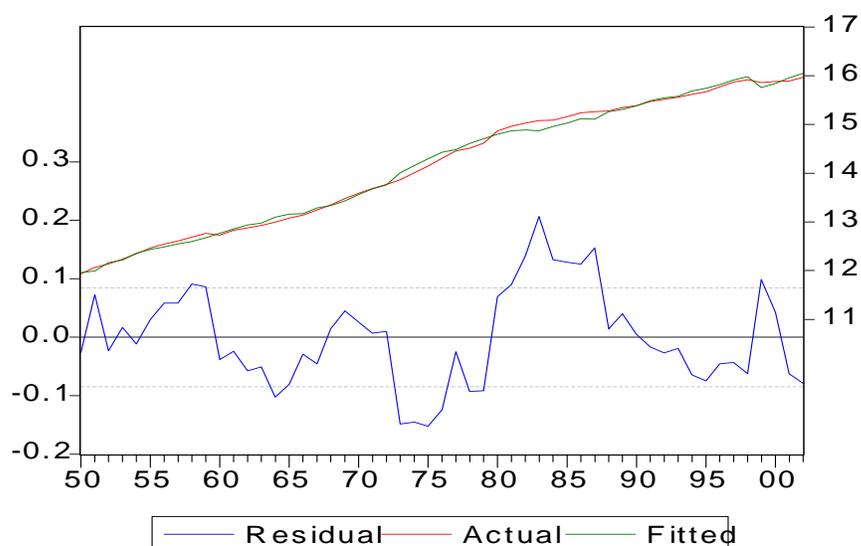
**t** = Tiempo. Toma valores de 0 a 53.

**$y_t$**  = Valores del Producto Interno Bruto (PIB).

Una vez definido el modelo y con los datos de la Tabla 4.6, nos valemos del programa computacional E-VIEWS, del cual obtenemos la elasticidad.

Dependent Variable: LE				
Method: Least Squares				
Date: 07/02/04 Time: 11:43				
Sample: 1950 2002				
Included observations: 53				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-10.66568	0.769815	-13.85487	0.0000
LY	1.550427	0.051006	30.39697	0.0000
Q2	-0.159393	0.061987	-2.571394	0.0132
(@TREND)^2	0.000381	4.60E-05	8.272929	0.0000
R-squared	0.996015	Mean dependent var	14.17077	
Adjusted R-squared	0.995771	S.D. dependent var	1.300672	
S.E. of regression	0.084582	Akaike info criterion	-2.029720	
Sum squared resid	0.350551	Schwarz criterion	-1.881019	
Log likelihood	57.78758	F-statistic	4082.519	
Durbin-Watson stat	0.565970	Prob(F-statistic)	0.000000	

**Figura 4.29** Resultados del programa computacional E-VIEWS.



**Figura 4.30** Comparación entre energía y Productividad ajustada.

Con el valor de elasticidad obtenido (**1.55**), y considerando los valores del PIB y C, del año 2002, que fueron los datos obtenidos más cercanos a la fecha presente, obtenemos el Costo de Interrupción del año 2002, empleando la ecuación (3.4), con lo cual se obtiene:

$$\mathbf{G = 1,299 \text{ Miles } \$ / MWh = 1,299 \$/ KWh}$$

Cabe mencionar, que el valor obtenido es sobreestimado, debido a que el método asume que existe una relación estricta entre el PIB y el consumo de energía eléctrica, lo cual no es cierto, dado que el PIB se ve influenciado por varios factores, tales como: el precio y la producción del petróleo, fenómenos naturales, inversiones que afectan al sector petrolero e incluso perturbaciones sociales (huelgas).

## **COMENTARIOS FINALES Y CONCLUSIONES.**

Tanto las industrias que cuentan o no con sistemas de generación propia, presentan pérdidas económicas como consecuencia de las interrupciones eléctricas, aunque son mayores las pérdidas en las industrias que no tienen sistemas alternativos de generación.

A pesar que el 77% de las industrias encuestadas de Guayaquil poseen generadores propios, notamos que esta generación de emergencia solo satisface los requerimientos críticos de la industria, razón por la cual las pérdidas de producción por interrupciones eléctricas son importantes.

De acuerdo a las encuestas realizadas existen 3 interrupciones cada 2 meses, lo cual debe llevar a reflexionar cuidadosamente sobre el Costo de Interrupción y de cómo las interrupciones afectan a las Industrias y a la Producción en General.

Llamamos interrupciones importantes, al hecho de que la duración promedio de falla es de 43 minutos (obtenido de la muestra), casi una hora en que la producción se detiene, lo que representa 37.37 \$/Kw ó 0.026 \$/Kwh en una industria promedio de la ciudad de Guayaquil, que

comparados con otras ciudades de América se muestra en desventaja.

Los costos de interrupción, no son una función lineal de la duración de la interrupción, y el costo directo que más afecta a las industrias es el Costo de Producción.

Para minimizar las posibilidades de distorsión y obtener mejores resultados, es necesario realizar estudios sobre muestras que tengan características similares de consumo y de equipos de respaldo.

Para reflejar un coeficiente de elasticidad real o comparable de manera local, se sugiere comparar el PGB (Producto Geográfico Bruto) del Guayas con los consumos de Energía del Sector Industrial del Guayas, en lugar de trabajar con el PIB nacional versus los consumos de energía nacionales. En todo caso, la disponibilidad de información mejorará la determinación de resultados.

A diferencia de la metodología directa, el método analítico indirecto no permite determinar los costos de interrupción en función de la duración de la misma, el valor obtenido de 1.29 \$/Kwh podemos considerarlo como un valor global máximo debido a que los consumos eléctricos y

PIB utilizados contemplan datos nacionales y no solamente los del sector industrial.

Además que la aplicación de éste método es **recomendada** en la evaluación de costos que resultan por restricciones en fuentes primarias de energía, las cuales provocan una gran disminución en las actividades económicas de una región.

## **RECOMENDACIONES**

Entre las recomendaciones para el perfeccionamiento de trabajos futuros, anotamos:

Para la aplicación de la metodología directa, es conveniente una mayor estratificación de los sectores productivos. El considerar los consumos eléctricos de los usuarios, además de la estratificación por tipo de actividad industrial, permitirá un mejor análisis de resultados y la obtención de conclusiones más particulares. Con este propósito podrían formularse cuestionarios independientes que se ajusten al estrato encuestado.

Se considera importante el contar con la colaboración de las empresas involucradas en la generación y distribución de energía.

Se recomienda que los usuarios industriales lleven un registro que permita identificar las interrupciones con las cuales han sido afectados, para de esta manera poder cuantificar las pérdidas más cercanas a la realidad.

Los resultados del presente estudio son aplicables a fallas eléctricas sostenidas. Se recomienda como complemento del trabajo que se tomen en cuenta los efectos de las fallas eléctricas momentáneas.

Para la aplicación de análisis econométricos se debe contar con mayor información, como índices económicos provinciales y/o locales, matrices Insumo Producto que faciliten el entendimiento entre los factores de producción y variables eléctricas como el consumo de energía.

Finalmente, por su amplitud, el tema del costo de interrupción amerita nuevas investigaciones, especialmente en Guayaquil que es económicamente una de las ciudades más importantes del Ecuador.

Se espera que los resultados incluidos en el presente trabajo constituyan un aporte relevante, despierten interés y motiven la realización de nuevas investigaciones, orientadas a mejorar la continuidad del servicio eléctrico.

## **BIBLIOGRAFIA.**

1. ROY BILLINTON – UNIVERSITY OF SATKATCHEWAN. Reliability worth evaluation, Canadá.
2. KHAN, M Dr , COLON, F Dr. Value of Lost Load Study for Victorian Power Exchange, Australia 1997.
3. BALDUCCI P., ROOP J., SCHIENBEIN L. Electrical Power Interruption Cost Estimates for Individual Industries, Sectors, and U.S Economy, USA 2002.
4. CALIFORNIA ENERGY COMMISSION. A survey of the implications to California of the August 10, 1996 Wester States Power Outage, USA 1997.
5. CHULALONGKORN UNIVERSITY. Electricity Outage Cost Study, Thailand, 2001.
6. AGENCIA CANADIENSE PARA EL DESARROLLO INTERNACIONAL. Cálculo del Costo de la Energía No Servida, Guatemala, 2001.
7. VENEGAS JAIME. Metodologías de evaluación del costo de falla en sistemas eléctricos, Chile, 1994.
8. P. GOMEZ, M.TH.SCHILLING. Analise e tecnicas de sistemas de potencia. Custo de interrupcao: Conceituacao, metodologia de avaliacao, valores existentes e aplicacao, Brasil, 1997.

9. GOUVEA – TAHAN - MAGALLANES, Cost Evaluation of the Interruption of Electrical Energy Supply, Sao Paulo, 2000.
10. RAMON MAHIA, Introducción a la Econometría e Informática.
11. BANCO CENTRAL DEL ECUADOR, 75 años de información estadística.
12. BANCO CENTRAL DEL ECUADOR, Estadísticas económicas históricas 1948 – 1993.
13. Activos Fijos según norma ecuatoriana de Contabilidad NEC 12, propiedades, Planta y Equipo.
14. CONELEC, Estadísticas del sector eléctrico, [http:// www.conelec.gov.ec](http://www.conelec.gov.ec)

## **ANEXO A:**

**CARTA ENVIADA A CLIENTES INDUSTRIALES**

Guayaquil, 08 de Octubre del 2003.

**Atención:**

**Ing. ....**

**GERENTE DE PRODUCCION.**

**COMPAÑÍA N.N.**

**Estimado .....,**

Los señores Richard Gamboa, Edison Pérez y Javier Cáceres, estudiantes de la Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación (FIEC) de la ESPOL, están realizando su Tesis de Graduación para la obtención del título de Ingenieros en Electricidad – Especialización Potencia. Este trabajo de graduación está relacionado con los costos de Interrupción que se producen en el sector Industrial, como resultado de las fallas que ocurren en los sistemas eléctricos.

Para tal efecto, solicitamos a usted se digne brindar atención a los mencionados señores, a fin de que puedan llevar a cabalidad su estudio, el mismo que se ejecutará mediante la modalidad de aplicación de encuestas. La Escuela Superior Politécnica del Litoral, garantiza a Ud, el correcto uso de los datos brindados por vuestra compañía.

COMPAÑÍA N.N, está considerada como una de las principales industrias del sector ..... del país, motivo por el cual estamos seguros, que los datos proporcionados por su empresa, serán de gran utilidad para el éxito de este proyecto.

Esperamos contar con vuestra colaboración en el menor tiempo posible.

Agradeciéndole de antemano, por la atención brindada, me suscribo de Ud,

Atentamente,

*Ing. Carlos Monsalve.*

*DECANO.*

*Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación.*

*ESPOL.*

## **ANEXO B:**

**EJEMPLO DEL CÁLCULO DEL COSTO DE GENERACIÓN  
PROPIA**

## CALCULO DEL COSTO DE GENERACIÓN PROPIA

### Datos del Generador:

Capacidad (KW)	450,00	
Consumo (gl/hora)	<b>15,00</b>	
Lectura Actual Horómetro	3.480,00	
Año de Compra	1.992	
Valor de Compra Grupo Generador	\$ 45.431,22	
Costo de Inversión-Montaje	\$ 1.400,00	
Costo Total (Compra+Montaje)	<b>\$ 46.831,22</b>	
Costo de Mantenimiento Anual	<b>\$ 1.800,00</b>	→ MA (\$/Anual)
Costo galón - Diesel	<b>\$ 1,13</b>	

### MÉTODO DE DEPRECIACIÓN DE SALDOS DECRECIENTES

Año	Porcentaje	Depreciación Anual	Depreciación Acumulada	Valor en Libros
0 (1,992)	0,00%	\$ 0,00	\$ 0,00	<b>\$ 46.831,22</b>
1 (1,993)	10,00%	\$ 4.683,12	\$ 4.683,12	\$ 42.148,10
2 (1,994)	10,00%	\$ 4.214,81	\$ 8.897,93	\$ 37.933,29
3 (1,995)	10,00%	\$ 3.793,33	\$ 12.691,26	\$ 34.139,96
4 (1,996)	10,00%	\$ 3.414,00	\$ 16.105,26	\$ 30.725,96
5 (1,997)	10,00%	\$ 3.072,60	\$ 19.177,85	\$ 27.653,37
6 (1,998)	10,00%	\$ 2.765,34	\$ 21.943,19	\$ 24.888,03
7 (1,999)	10,00%	\$ 2.488,80	\$ 24.431,99	\$ 22.399,23
8 (2,000)	10,00%	\$ 2.239,92	\$ 26.671,92	\$ 20.159,30
9 (2,001)	10,00%	\$ 2.015,93	\$ 28.687,85	\$ 18.143,37
10 (2,002)	10,00%	\$ 1.814,34	\$ 30.502,18	\$ 16.329,04
11 (2,003)	10,00%	<b>\$ 1.632,90</b>	\$ 32.135,09	\$ 14.696,13

→ DA (\$ Anual)

### Costo por Generación Propia:

#### COSTOS FIJOS:

Depreciación Anual	<b>\$ 1.632,90</b>	(Registro Contable)
Mantenimiento Anual	<b>\$ 1.800,00</b>	(Registro Contable)
<b>Total Costos Fijos:</b>	<b>\$ 3.432,90</b>	

#### COSTOS VARIABLES:

Combustible x hora:	<b>\$ 16,95</b>
<b>Total Costos Variables:</b>	<b>\$ 16,95</b>

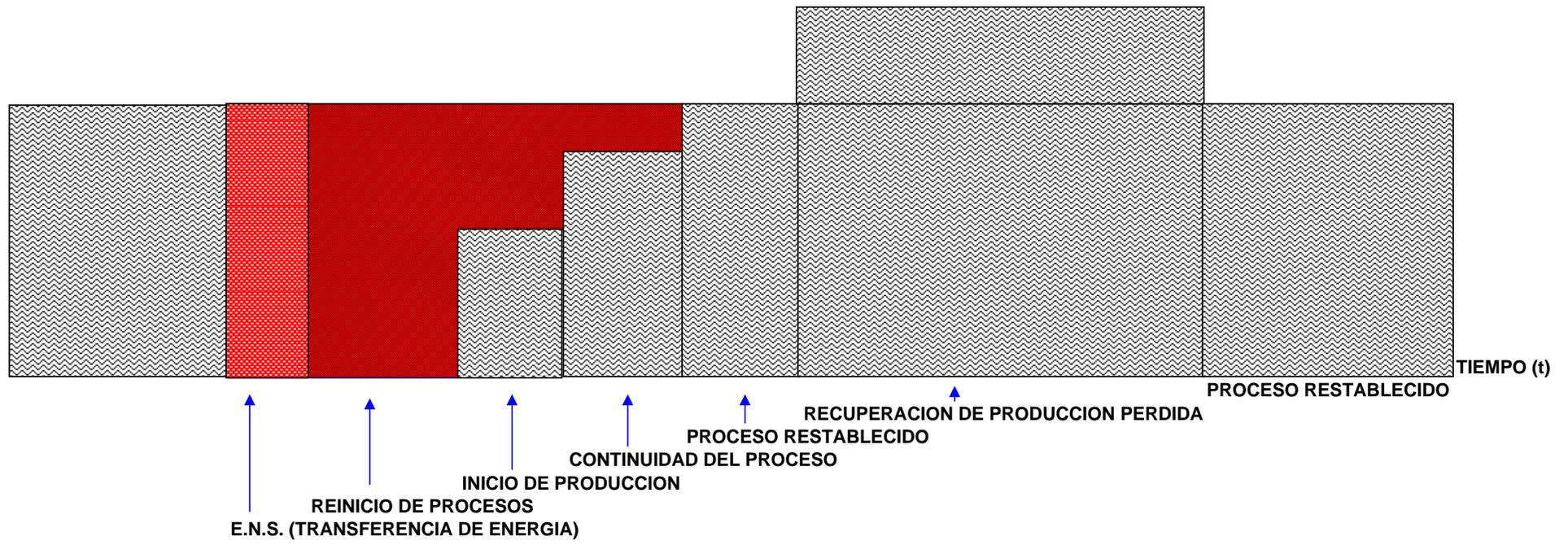
### TOTAL COSTO POR

**GENERACIÓN PROPIA:**

**\$ 3.449,85**

## **ANEXO C:**

**CUADRO DEMOSTRATIVO DEL PROCESO DE  
PRODUCCIÓN Y SUS EFECTOS.**



**CUADRO DEMOSTRATIVO DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN Y SUS EFECTOS**







## **ANEXO D:**

ENCUESTA PARA EL SECTOR INDUSTRIAL

**ENCUESTA PARA LA EVALUACIÓN DE LOS COSTOS DE  
INTERRUPCION, OCASIONADOS EN EL SECTOR INDUSTRIAL .**

**Pregunta 1:**

**Datos de la Industria.**

*Nombre de la Empresa:* -----

*Dirección Matriz:* -----

*Indique el sector productivo al cual pertenece su empresa:* -----

*Nombre de quién(es) responde(n) la encuesta:* -----

*Cargo que ocupa en la empresa :* -----

**Pregunta 2:**

a) ¿ Cuántas veces ha sufrido interrupciones del suministro eléctrico en los últimos DOCE meses?. No incluya las fallas ocasionadas por sus equipos.

.....vez (ces) .

(b) ¿ Cuánto cree que en promedio han durado estas interrupciones?

.....hora( s) .

(c) Recuerda, cuándo ocurrió la última falla y cuánto duró?

Mes..... Duración..... Hora ( s).

**Pregunta 3:**

A continuación se detalla un listado de distintos tipos de equipos eléctricos . Indique cuál es el grado de importancia que dichos equipos tienen en su empresa.

TIPO DE EQUIPO ELECTRICO	No está en la Cía o no es importante	Poca importancia	Mediana importancia	Alta importancia
Equipos de Telecomunicaciones.				
Computadores y Sistemas Electrónicos				
Procesos de Producción				
Refrigeración.				
Servicios Básicos: Iluminación, Acondicionadores de Aire, entre otros.				
Otros: Describir .				

#### Pregunta 4:

¿ Con cuáles equipos de generación eléctrica, cuenta su industria para generar electricidad propia, en caso de ocurrir una interrupción del suministro eléctrico?.

TIPO DE GENERACION ELECTRICA	CAPACIDAD DEL EQUIPO (KW)	TIEMPO QUE PUEDE MANTENERSE A PLENA CARGA
Ninguno		
Generadores a Combustible.		
UPS.		
Sistema de Baterías.		
Otro: Describir.		

#### Pregunta 5:

- a) Indique el mes del año, día de la semana y hora del día, en que considera, sería el peor momento para sufrir una interrupción eléctrica, **debido a la producción de su empresa.**

Mes: ----- Día de la Semana ----- Hora -----

- b) Suponga que ocurre una falla , sin previo aviso , en el peor momento para su empresa (indicado en el literal anterior).

A continuación, aparecen los principales efectos que se considera afectan la producción y ventas de los productos de la industria. Señale en la primera fila el tiempo de reiniciación de los procesos de producción de acuerdo a la duración de la interrupción. Indique en las restantes filas el costo asociado, según el efecto involucrado y la duración de la interrupción eléctrica.

Incluya otros costos que considere relevantes en la fila de “otros costos”.

Descripción de Costos Ocasionados por la Interrupción.	Duración de la Interrupción				
	20 minutos	1 hora	4 horas	8 horas	1 día
Tiempo (hrs) necesario para la reiniciación de la producción, una vez que retorna el suministro.	----- hrs	----- hrs	----- hrs	----- hrs	----- hrs
Costos por restablecer el proceso de producción	\$ -----	\$ -----	\$ -----	\$ -----	\$ -----
Costos por pérdida de producción durante la falla	\$ -----	\$ -----	\$ -----	\$ -----	\$ -----
Costos de daños de materias primas durante el proceso de manufactura	\$ -----	\$ -----	\$ -----	\$ -----	\$ -----
Costos de daños a equipos y maquinaria	\$ -----	\$ -----	\$ -----	\$ -----	\$ -----
Costos de horas extras para recuperar la producción perdida.	\$ -----	\$ -----	\$ -----	\$ -----	\$ -----
Costos por generación propia.	\$ -----	\$ -----	\$ -----	\$ -----	\$ -----
Otros: Describir.	\$ -----	\$ -----	\$ -----	\$ -----	\$ -----
<b>Costo Total Estimado.</b>	\$ -----	\$ -----	\$ -----	\$ -----	\$ -----

c) ¿Cuál fue el costo de producción, ocasionado por efecto de las interrupciones eléctricas, **durante el año anterior?**

.....

**Pregunta 6:**

Indique los cambios porcentuales que su costo de interrupción experimentará respecto al día, mes y hora establecidos como el peor momento para sufrir una interrupción eléctrica (Pregunta 5a ), si la interrupción ocurre en las siguientes condiciones:

a) *Varía el mes de ocurrencia de la interrupción.*

	75% menor	50% menor	25% menor	Igual que el indicado.	25% mayor	50% mayor	75% mayor	Otro %
Enero								
Febrero								
Marzo								
Abril								
Mayo								
Junio								
Julio								
Agosto								
Septiembre								
Octubre								
Noviembre								
Diciembre								

b) *Varía el día de la semana de ocurrencia de la interrupción.*

	75% menor	50% menor	25% menor	Igual que el indicado.	25% mayor	50% mayor	75% mayor	Otro %
Lunes								
Martes								
Miércoles								
Jueves								
Viernes								
Sábado								
Domingo								

c) *Varía la hora de ocurrencia de la interrupción.*

	75% menor	50% menor	25% menor	Igual que la indicada	25% mayor	50% mayor	75% mayor	Otro %
06:00 – 10:00								
10:01 – 13:00								
13:01 – 16:00								
16:01 – 19:00								
19:01 – 24:00								
00:01 – 05:59								

d) Considera que existe otro factor que influye en la variación del costo de interrupción?

.....

**Pregunta 7:**

- a) Considera que la industria reduciría sus costos, si una vez que ocurre la interrupción, la empresa eléctrica le indica cuánto durará la misma?.

---- (SI) (Pasar a b)

----- (NO) (Pasar a pregunta 8).

- b) ¿ En cuánto considera se reduce porcentualmente el costo de interrupción de la industria, en comparación con que no le avisen la duración de la falla?.

<b>Duración de la Falla</b>	<b>Reducción del costo (%)</b>
1 Minuto.	
20 Minutos	
1 hora	
4 horas	
8 horas	
1 día	

- c) Explique, el porqué, se reducen los costos:

.....

**Pregunta 8:**

- a) Considera que la industria reduciría sus costos, si la empresa eléctrica le indica que ocurrirá una interrupción del suministro eléctrico?.

---- (SI) (Pasar a b)

----- (NO) (Pasar a pregunta 9).

- b) En cuánto considera se reduce porcentualmente el costo de interrupción de la industria si el tiempo previo de aviso de la interrupción son los siguientes:

<b>Tiempo de Aviso Previo de ocurrir la Interrupción.</b>	<b>Reducción del costo (%)</b>
1 Minuto.	
20 Minutos	
1 hora	
4 horas	
8 horas	
1 día	

- c) Explique el por qué, de la reducción del costo de interrupción.

.....

**Pregunta 9:**

¿Puede su industria, restituir la producción perdida durante la interrupción, en días siguientes a la falla, sin tener que recurrir a contratar más empleados o usar horas extras?. Señale la alternativa correcta.

Duración de Interrupción	Descripción de Recuperación.			
	Nada	Poco	La mayoría	No hubo pérdidas
1 Minuto				
20 minutos				
1 hora				
4 horas				
8 horas				
1 día				

**Pregunta 10:** ¿Cuál fue la producción (peso) obtenida por su empresa el año anterior? .....

**Pregunta 11:** ¿Cuántos empleados trabajan en su empresa?

Jornada Normal (8 horas) : ----- personas.

Turno Nocturno / Guardia : ----- personas.

**Pregunta 12:** Indique cuál es el **consumo de energía (KWH)** y la **demanda pico (KVA)** de su industria.

Mes	Consumo (Kwh)	Demanda Pico (KW)
Enero		
Febrero		
Marzo		
Abril		
Mayo		
Junio		
Julio		
Agosto		
Septiembre		
Octubre		
Noviembre		
Diciembre		

**Pregunta 13:** ¿Cuál es su **factor de potencia** promedio? .....

**¡POR SU COLABORACIÓN, MUCHAS GRACIAS!**

## **ANEXO E:**

**REGISTROS DE CONSUMOS DEL PIB Y CONSUMO  
ELÉCTRICO.**

## REGISTRO DE CONSUMOS DEL PIB Y CONSUMO ELECTRICO

Año	PIB total (miles de dolares del 2000)	Energía total eléctrica facturada (Mwh)
1950	\$ 2.175.000	152.200,00
1951	\$ 2.219.000	173.400,00
1952	\$ 2.476.000	186.900,00
1953	\$ 2.562.000	205.500,00
1954	\$ 2.805.000	230.500,00
1955	\$ 2.934.000	258.600,00
1956	\$ 3.032.000	281.000,00
1957	\$ 3.146.000	299.000,00
1958	\$ 3.232.000	324.000,00
1959	\$ 3.387.000	348.900,00
1960	\$ 3.574.000	337.400,00
1961	\$ 3.758.000	372.800,00
1962	\$ 3.942.000	391.700,00
1963	\$ 4.025.000	411.300,00
1964	\$ 4.324.000	440.900,00
1965	\$ 4.465.000	478.867,00
1966	\$ 4.461.000	509.444,00
1967	\$ 4.773.000	563.515,00
1968	\$ 4.884.000	628.562,00
1969	\$ 5.150.000	713.501,00
1970	\$ 5.542.000	796.045,00
1971	\$ 5.900.000	874.253,00
1972	\$ 6.171.000	955.456,00
1973	\$ 7.168.000	1.046.617,00
1974	\$ 7.767.000	1.210.632,00
1975	\$ 8.414.000	1.386.752,00
1976	\$ 9.057.000	1.629.569,00

Año	PIB total (miles de dolares del 2000)	Energía total eléctrica facturada (Mwh)
1977	\$ 9.267.000,00	1.902.553,00
1978	\$ 9.898.000,00	2.010.431,00
1979	\$ 10.414.000,00	2.225.958,00
1980	\$ 10.877.000,00	2.859.750,00
1981	\$ 11.243.000,00	3.146.292,00
1982	\$ 11.179.000,00	3.353.278,00
1983	\$ 10.896.000,00	3.534.693,00
1984	\$ 11.314.000,00	3.570.945,00
1985	\$ 11.644.000,00	3.815.871,00
1986	\$ 12.118.000,00	4.157.101,00
1987	\$ 11.858.000,00	4.249.343,00
1988	\$ 12.850.000,00	4.311.869,00
1989	\$ 12.976.000,00	4.624.896,00
1990	\$ 13.324.000,00	4.796.199,00
1991	\$ 14.016.000,00	5.233.709,00
1992	\$ 14.228.000,00	5.472.440,00
1993	\$ 14.270.000,00	5.722.000,00
1994	\$ 14.941.494,00	6.071.220,00
1995	\$ 15.202.731,00	6.388.287,00
1996	\$ 15.567.905,00	7.061.831,00
1997	\$ 16.198.551,00	7.801.158,00
1998	\$ 16.541.248,00	8.194.967,00
1999	\$ 15.499.239,00	7.700.694,00
2000	\$ 15.933.666,00	7.888.926,00
2001	\$ 16.749.124,00	7.975.180,00
2002	\$ 17.320.610,00	8.595.571,00

**Fuente:** Banco Central del Ecuador