

# MODELO PARA MEJORAR LA ATENCIÓN A LOS CLIENTES DEL SERVICIO ELÉCTRICO DE LA EEQSA EN REDES DE BAJO VOLTAJE

*Ing. Edwin Gordón Rosero*

*Ing. Carlos Riofrío Reyes*

*ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL*

## **RESUMEN**

El presente trabajo reporta el diseño de un modelo y el desarrollo de los algoritmos computacionales para enlazar dos sistemas informáticos aislados (SIDECOM y PIA) presentes en la Empresa Eléctrica Quito S.A., que permiten relacionar topológica y gráficamente a los clientes del servicio, la red eléctrica secundaria y los transformadores de distribución, con el objetivo de ayudar a mejorar la atención brindada al cliente en lo que se relaciona con la disminución de los tiempos para atender nuevos suministros, reclamos por falta de servicio y en el análisis eléctrico del comportamiento de las redes secundarias y que además, sirva de apoyo en la toma de decisiones en su expansión.

## **ABSTRACT**

The present work report the design of a model and the development of the computational algorithms that links two isolated information systems (SIDECOM and PIA) present in the Empresa Eléctrica Quito S.A., which relates topologic and graphics to the service users, the secondary electric network and the transformers of electrical distribution system, in order to improve the attention offered to the clients optimizing the attention time for new supplies and claims for service lacks. It presents also the electrical analysis of the secondary network behavior and the decision making support for its expansion.

## **Introducción**

El modelo desarrollado(1) pretende, en primera instancia, definir y procurar mejores mecanismos para mantener actualizada la información de las redes de distribución de la EEQSA, desde el transformador de distribución hasta los medidores de los clientes; para ello se definen procedimientos básicos que permiten obtener, de forma simultánea, la información necesaria de las áreas relacionadas con la atención al cliente.

Como segundo punto, brinda un soporte para atender nuevos suministros y reclamos de los clientes, mediante

un mecanismo visual y gráfico con el cual se simulan las principales condiciones de trabajo de la red, como son: caídas de voltaje, pérdidas y carga aproximada de los transformadores de distribución, a través de la información tomada del sistema de comercialización SIDECOM existente en la EEQSA y relacionándola con el sistema gráfico de la Unidad de Inventarios y Avalúos PIA. Además, se desarrolla un modelo simplificado para la atención de reclamos por posibles causas de fallas en las redes secundarias, el que permite la localización gráfica del circuito del cual se sirve al cliente reclamante y de esta manera tener suficientes elementos para una mejor atención a los clientes.

## **1.- Atención al Cliente**

La atención a los clientes, en lo que se relaciona con el presente trabajo, lo realiza la EEQSA en tres campos: Atención de nuevos suministros, atención a suministros existentes y atención de los reclamos por fallas en la red.

El modelo está diseñado de tal forma que los procesos de actualización, atención de reclamos, atención de suministros nuevos y existentes, así como cambios en las redes, se realicen de una manera sistemática, por medio de cuatro módulos principales, diseñados e implementados en forma independiente pero con características que permiten relacionarlos, los cuales son descritos brevemente a continuación:

### **1.1. Ingreso y actualización de acometidas (ACOM).**

Este módulo permite la incorporación, actualización y consulta de las acometidas de la red eléctrica, tanto en el sistema gráfico como en la base de datos.

ACOM permite incorporar información adicional de cada una de las acometidas y desplegarla para su identificación en la red eléctrica.

Para la incorporación de acometidas en la red eléctrica el programa permite una conexión topológica idónea para el posterior análisis eléctrico.

**1.2. Ingreso y actualización de tableros (TABLERO).**

Por medio del módulo TABLERO se realiza la incorporación y actualización de los tableros y de sus respectivos abonados asociados, tanto en el sistema gráfico como en la base de datos y también permite efectuar consultas de las características del tablero y abonados asociados a él.

Debido a que parte del objetivo es la realización de pruebas de la incidencia en la red por la incorporación de los futuros posibles clientes que deseen servicio (atención a nuevos suministros), este módulo permite la entrada de los datos estimados de la energía que consumirá el nuevo cliente y conservar este dato para el posterior análisis de la red.

**1.3. Análisis eléctrico de redes secundarias (AES)**

Para realizar el análisis de las redes radiales secundarias el programa utiliza la energía consumida mensualmente por los clientes (obtenida del sistema SIDECOM), para determinar la demanda acumulada por nodo (poste) y posteriormente realizar el cálculo de caídas de voltaje, pérdidas de potencia y carga total estimada del transformador del circuito analizado.

**1.3.1. Modelación de la carga**

Para la modelación de la carga(7) se utiliza la siguiente expresión:

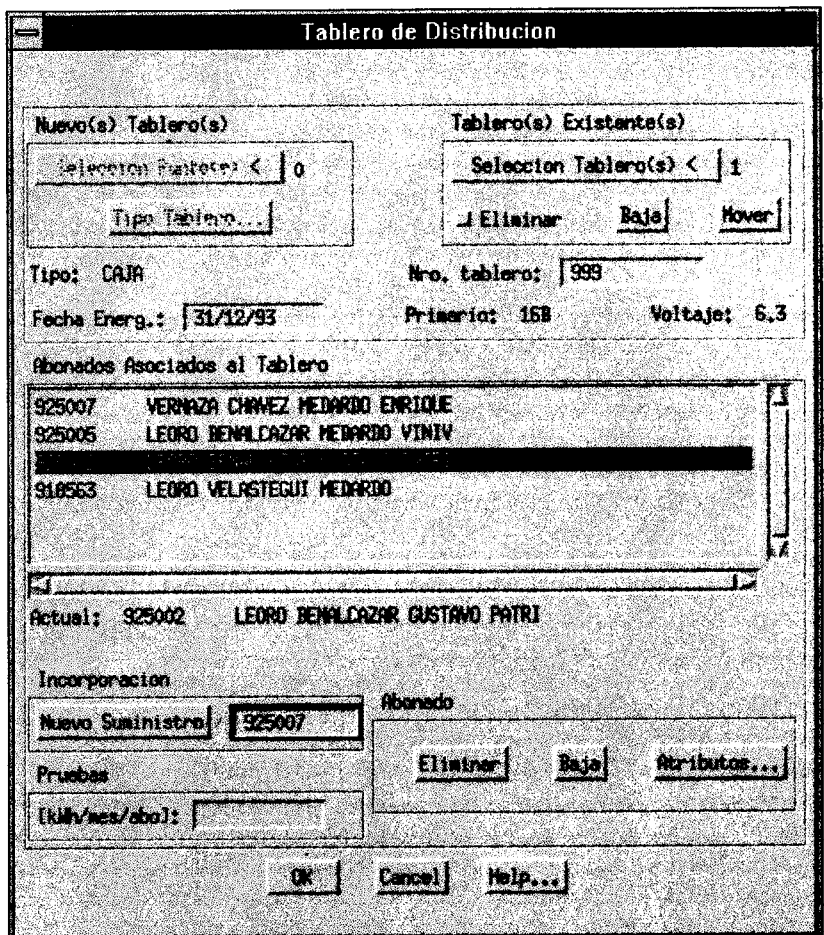
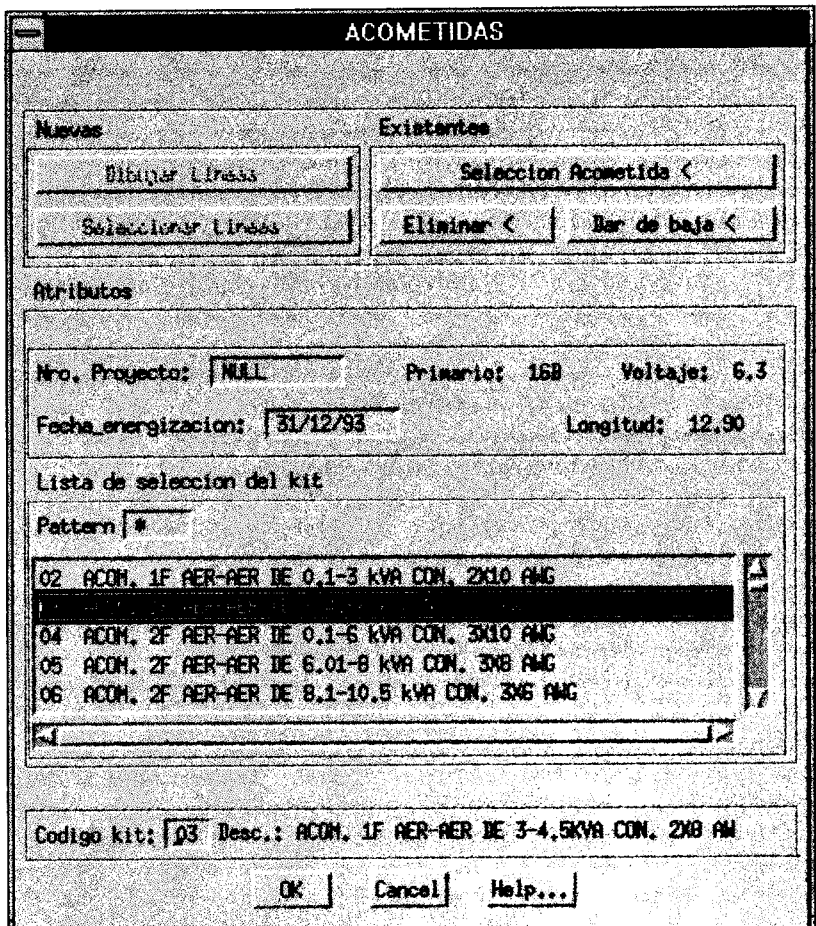
$$Pm\acute{a}x = \alpha * W + \beta * \sqrt{W} \quad 1$$

en donde:

**Pmáx** = Carga máxima diversificada.

**W** = Consumo de energía de uno o de un conjunto de usuarios.

$\alpha, \beta$  = Constantes que dependen de las características de la carga en la red



considerada y que pueden ser obtenidas de medidas directas en redes de características similares (7).

### 1.3.2. Regulación de voltaje y pérdidas de potencia

Para la determinación de las caídas de voltaje y pérdidas en las redes radiales secundarias se utilizan expresiones simplificadas como las definidas para un tramo (ij) trifásico a 4 hilos:

$$\Delta V_{ij} = \frac{(R_{ij} \cdot \cos \theta + X_{ij} \cdot \sin \theta) \cdot L_{ij} \cdot S_j}{3 \cdot V_j} \quad 2$$

$$P_{ij} = \frac{R_{ij} \cdot L_{ij}}{3} \cdot \left( \frac{S_j}{V_j} \right)^2 \quad 3$$

- $\Delta V_{ij}$  = Caída de voltaje en tramo ij [voltios]  
 $R_{ij}$  = Resistencia ohmios/kilómetro del tramo ij  
 $X_{ij}$  = Reactancia ohmios/kilómetro del tramo ij  
 $\cos \theta$  = Factor de potencia  
 $L_{ij}$  = Longitud del tramo (Km)  
 $V_j$  = Voltaje fase-neutro del nodo j [kV]  
 $S_j$  = Potencia máxima que circula hacia j., estimada por medio de la expresión 1.  
 $P_{ij}$  = Pérdidas de potencia en el tramo.

Adicionalmente, el programa considera el consumo de energía de la red de alumbrado público y la existencia de estructuras terminales para diferenciar los circuitos colindantes en el momento del análisis.

Con estos antecedentes, el programa AES recorre cada tramo del circuito y recupera de la base de datos la información necesaria de cada elemento constitutivo para realizar el análisis eléctrico respectivo, los diversos algoritmos que toman en cuenta los aspectos de la topología de la red, están basados en el algoritmo de manejo de gráficos denominado búsqueda de la primera profundidad (Depth-first search), cuyos detalles pueden ser revisados en las referencias (1) y (8).

### 1.4. Atención de reclamos de los clientes (REC)

Los reclamos son parte fundamental de la atención al cliente, especialmente en los casos de fallas en la red, para ello, se efectúa el reconocimiento "on-line" del cliente reclamante, en base a su número único de identificación (número de suministro), se consulta a la base de datos sobre la información del cliente y la despliega en pantalla, de tal forma que la persona que atiende la reclamación establezca, de acuerdo a las respuestas dadas por el cliente, si la falla es del cliente en particular o es una falla mas general y así filtrar la información referente a las posibles causas de fallas.

Finalmente, se almacena la información de los reclamos atendidos, para luego obtener datos estadísticos que permitan planificar las acciones operativas mas convenientes.

## 2.- Relación base de datos sistema gráfico

Para la formulación y diseño del modelo, se relaciona a cada entidad de la red eléctrica dispuesta en el sistema gráfico con su respectiva información dentro de la base de datos ORACLE (sistemas PIA y SIDECOM).

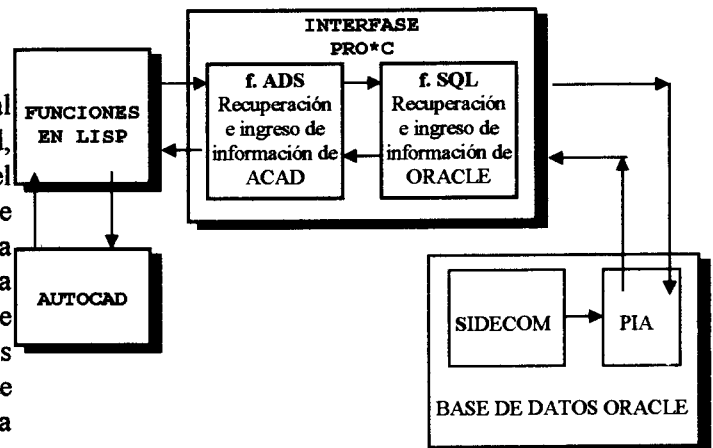
En tal sentido se desarrolla una interfase la cual tiene el objetivo de que cualquier ingreso o actualización realizado en el AUTOCAD se refleje automáticamente en la base de datos ORACLE.

### 2.1. Interfase ORACLE-AUTOCAD

La interfase entre ORACLE y AUTOCAD, está realizada con el fin de relacionar cada uno de los elementos de la base de datos no gráfica con su correspondiente entidad gráfica en el AUTOCAD. Para ello, se desarrollaron programas en los lenguajes "C" (5) y AUTOLISP (2).

En los programas de lenguaje "C" (PRO\*C), se maneja el acceso y actualización de la información de la base de datos ORACLE. Mientras que, en los programas de lenguaje AUTOLISP (ADS) se maneja el acceso y actualización de la información del sistema gráfico.

Todas las funciones creadas para el ingreso, actualización y recuperación de información entre los sistemas siguen una misma estructura y forma de flujo de la información, para la realización de las operaciones descritas, tal como se muestra en la siguiente figura.



### 3.- Ejemplos de aplicación

A continuación se presentan los resultados del análisis eléctrico realizado a un circuito secundario del sector escogido como proyecto piloto. Una presentación mas detallada de las ventanas con sus respectivas funciones están descritas en (1).

Realizado todo el proceso de selección de parámetros de cálculo se obtienen los resultados mostrados en el gráfico "Resultados del Análisis"

Los principales resultados obtenidos del análisis y el gráfico del circuito utilizado en este ejemplo son mostrados en el área de dibujo de AUTOCAD tal como se indica en la figura correspondiente.

Siguiendo el mismo procedimiento que en el ejemplo anterior, se puede realizar la atención de un cliente reclamante, de la forma resumida que en forma gráfica se presenta.

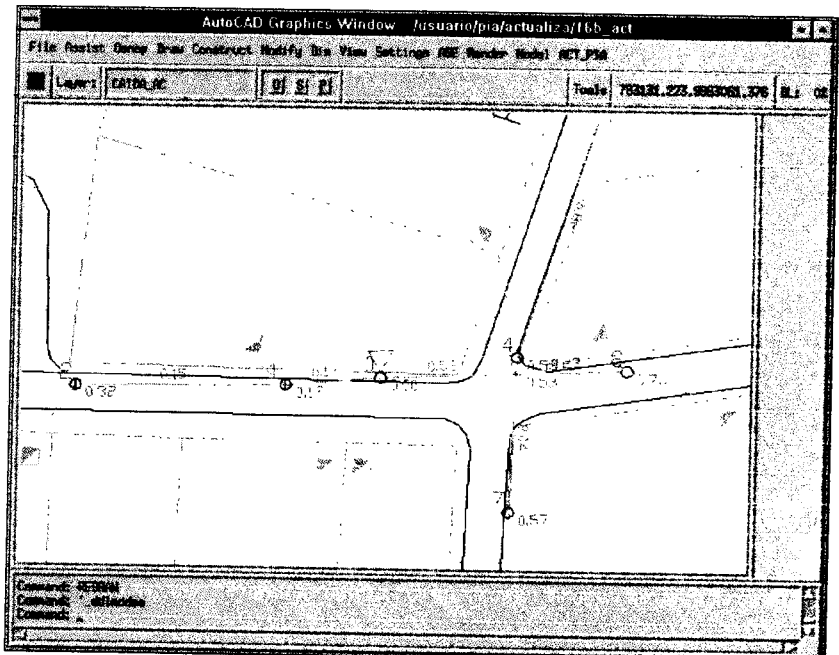
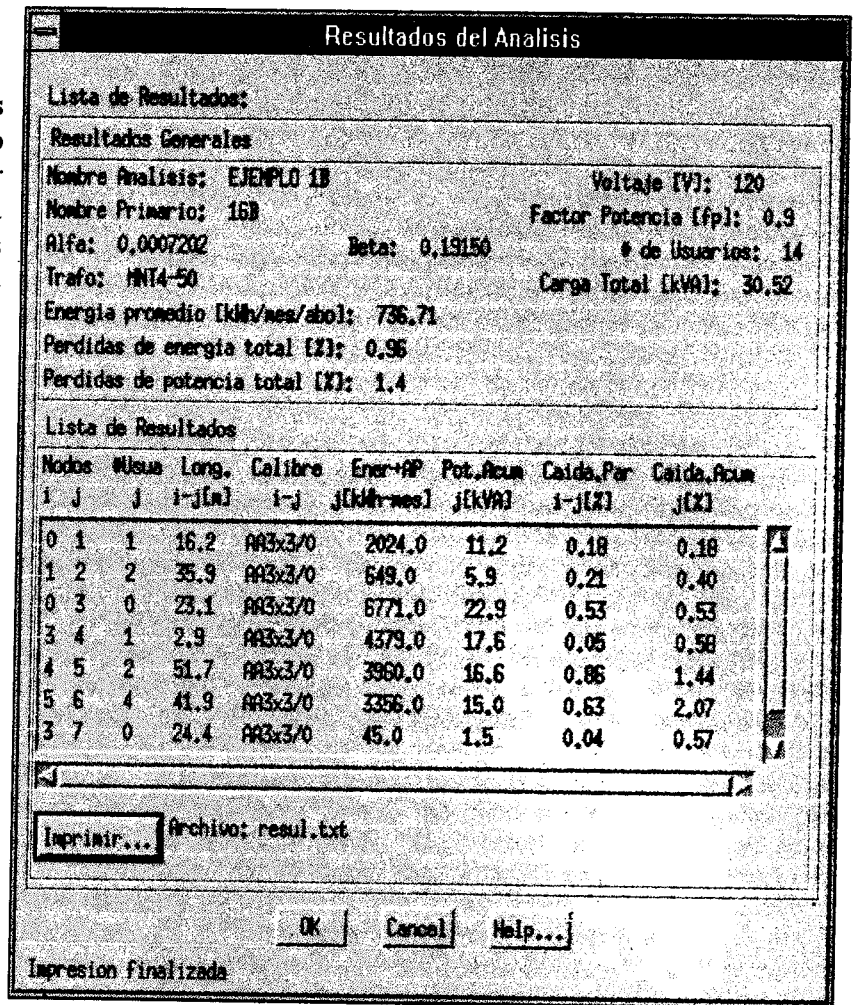
### 4.- Conclusiones

Actualmente las actividades de las Empresas Eléctricas, se toman cada vez más dependientes de la precisión, rapidez y confiabilidad del procesamiento y acceso a la información, necesitando por tanto de recursos más avanzados, como es el caso de la computación gráfica, que se ha constituido en una herramienta de gran utilidad en el manejo técnico de la información relacionada con las redes eléctricas.

El modelo planteado introduce mecanismos para integrar diferentes áreas de la empresa, por medio de un modelo computacional que enlaza dos sistemas informáticos aislados (SIDECOM Y PIA) para obtener un flujo de información idóneo y no repetitivo entre estos dos sistemas.

El modelo implementado recupera la información requerida de las bases de datos existentes en la EEQSA

por medio de una INTERFASE mediante la cual se logra acceder y actualizar información en la base de datos de cada uno de los elementos dibujados en el sistema gráfico y establece las relaciones necesarias entre los clientes, la red eléctrica y el transformador del cual se sirven.



Para poder relacionar a cada abonado con el tablero de distribución, la red y el transformador del cual se sirve, se necesita la creación de entidades y sus relaciones. De tal forma, el modelo crea entidades (tableros, acometidas, etc.) que son implementadas en la base de datos con el fin de poder relacionar la información de cada cliente (SIDEKOM) con el respectivo dibujo en AUTOCAD y así obtener una fluidez de información entre ellos y lograr una ejecución más rápida.

Para poder dar la característica operativa a un gráfico dibujado en AUTOCAD, es necesario la utilización de algoritmos para manejo de gráficos, mediante los cuales se posibilita la actualización de la información en una base de datos, y se permite la realización de estudios eléctricos tendientes a simular las principales condiciones de las redes.

Este modelo es el primer paso en la realización de un sistema computacional que ayude a la evaluación de las posibles causas de fallas en la red en base a información proporcionada por los clientes, relacionando dicha información con el sistema gráfico, pueden definirse las posibles causas y sitios de falla, para de esta forma reducir el tiempo en las posteriores tareas tendientes a la reparación de la red, mediante el análisis del registro de las llamadas efectuadas por los clientes.

El modelo está diseñado, de tal forma que su constitución es de arquitectura abierta, de este modo se pueden efectuar modificaciones en sus funciones para posibilitar el manejo de información adicional, en lo que se relaciona con la base de datos como con el sistema gráfico.

##### 5.- Reconocimiento

Nuestro reconocimiento y agradecimiento especial a los Ingenieros Mario Albuja y Santiago Córdova de la Unidad de Inventarios y Avalúos de la Empresa Eléctrica Quito por su ayuda y dedicación al desarrollo del presente proyecto.

**Atención de Reclamos del Cliente**

**Datos del Cliente**

Suministro: 755067      Primario No.: 169

Nombre: ROBRIGUE R NELLY      Estado del Cliente: ACTIVO

Calle      No      Interseccion

Direccion: DEL PLATERO LT. 88 y DE LAS GOLONDRINAS

Telefono: 0

Fecha de la llamada: 17/01/97

Hora de la llamada: 6:24pm      Trafo asoc.: HNT4-50 No:13502

Numero de reclamos previos: 0      Ubicación cliente <

**Preguntas al Cliente**

Toda la energía desconectada? <S(act)/N(des)>     

Energía parcial o titileo de las luces? <S(act)/N(des)>     

Están sus vecinos con las luces apagadas? <S(act)/N(des)>     

Esta su breaker principal (fueble) conectado? <S(act)/N(des)>     

Analisis Fallas...      IMPRIMIR...

OK      Cancel      Help...

**Posibles causas de fallas**

Lista de posibles causas de falla:

**POSIBLES CAUSAS DE FALLA**

- 1 -Conectores flojos, en los breakers o medidores, lo que produce variaciones de voltaje.
- 5 -Carga inusual (subida o taller), lo que produce variaciones de voltaje.
- 7 -Bajadas del trafa flojos, lo que causa variaciones de voltaje.
- 8 -Neutro de bajada del trafa suelto, que da como consecuencia la subida de voltaje.
- 9 -Fases de bajada del trafa sueltas, que da como consecuencia la subida de voltaje.

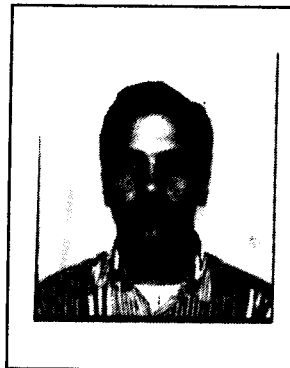
OK

##### 6.- Bibliografía

- 1) GORDÓN, EDWIN. "Modelo para mejoramiento de la atención a los clientes del servicio eléctrico de la EEQSA en redes de bajo voltaje", Tesis de Grado, Febrero de 1997.

- 2) AUTODESK, INC. **Advanced Tools, AutoLISP Reference, Command Reference**, U.S.A.. Junio de 1993.
- 3) EMPRESA ELÉCTRICA QUITO S.A.. **Normas de tableros de distribución**, Quito, septiembre de 1979.
- 4) EMPRESA ELÉCTRICA QUITO S.A.. **Normas para sistemas de distribución, partes A y B**. Quito, 1979.
- 5) KERNIGHAN, B. W. Y D. M. RETCHIE. **El lenguaje de programación C**. 2da edición. U.S.A.. California. Addison-Wesley Publishing Company. Octubre, 1975.
- 6) ORACLE CORPORATION. **PRO\*C suplement to the Oracle precompilers guide**. U.S.A., 1990.
- 7) BARBA, M., RIOFRÍO, C., **Estudio de la demanda simultánea en redes de distribución**. II Symposium de Electrificación Rural. Quito - Ecuador. 1976.
- 8) ULLMAN, J. y otros. **The design and Analysis of computer algorithms**. 2da edición. U.S.A.. California. Addison-Wesley Publishing Company. Octubre de 1975.

## 7. Biografías



### GORDÓN EDWIN

Nacido en Quito el 27 de marzo de 1970. Realizó sus estudios superiores en la Escuela Politécnica Nacional, obtuvo su título de Ingeniero Eléctrico en mayo de 1997. Actualmente trabaja en la empresa Prepac Ecuatoriana C.A..

**RIOFRÍO REYES CARLOS**, Ingeniero Eléctrico, Escuela Politécnica Nacional, 1977. Especialista en Distribución, Universidad de Sao Paulo Brasil - ELETROBRAS, 1986. Actualmente es Profesor de Distribución de Energía Eléctrica en la Escuela Politécnica Nacional.