



ESPE
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
CAMINO A LA EXCELENCIA

*“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO
PARA MONITOREO Y CONTROL REMOTO MEDIANTE
GPRS, DE TABLEROS DE MEDIDORES COMERCIALES
DE LA EMPRESA ELÉCTRICA RIOBAMBA S.A.”*

Carlos Andres Pazmiño Cisneros
Dennys Marcelo Romero Venegas

Abril 2013



Objetivo General

- Diseñar e implementar un prototipo para monitoreo y control remoto mediante un sistema GSM/GPRS, de tableros de medidores comerciales de la Empresa Eléctrica Riobamba S.A.



Introducción

- En el ámbito nacional e internacional, el hurto de energía genera pérdidas millonarias a las empresas eléctricas distribuidoras, representando una reducción de sus ingresos por los consumos no facturados, incrementos de gastos por la compra de energía y transporte, reducción de la disponibilidad de la capacidad instalada y reducción del periodo de vida útil de sus equipos.



La implementación de éste proyecto resolverá un problema social, que no ocurre sólo en la Empresa Eléctrica Riobamba S.A. sino que se repite en todas las empresas a nivel nacional por lo tanto servirá de modelo para en un futuro no muy lejano poder efectuar la instalación de dicho sistema donde se lo requiera.



GENERALIDADES

- **PÉRDIDAS TÉCNICAS**

Estas pérdidas se deben a la energía consumida por los equipos relacionados a los procesos de generación, transmisión y distribución, la misma que no es facturada.

- **PÉRDIDAS NO TÉCNICAS**

Relacionadas principalmente con la ineficiencia de los sistemas de medición, de control, facturación y recaudación, así como los errores administrativos.

- Accidentales, las cuales tienen su origen en el mal uso u operación de los elementos y equipos de los circuitos eléctricos, tal es el caso de un conexionado erróneo.
- Administrativas, energía que por algún motivo no se contabiliza: usuarios sin medidores (tomas directas), ferias, etc.
- Fraudulentas, referidas a la energía que toman algunos consumidores evitando algún mecanismo pasar por los medidores de la compañía de electricidad.



TIPOS DE DESVIACIÓN DE ENERGÍA

- **PRIMER TIPO: Perforación de los conductores de servicio, evidentes y ocultas.**



- **SEGUNDO TIPO: Alteración del medidor o equipos de medición**



Cambio de polaridad en las entradas del medidor



Frenado forzado del disco

- **TERCER TIPO: Intervenciones varias**



Intervenciones de las señales de corriente.

SISTEMA DE COMUNICACIONES

Sistema global para las comunicaciones móviles (GSM)

Del inglés: Global System for Mobile communications y originariamente del francés: groupe spécial mobile es un sistema estándar de telefonía móvil digital.

Un cliente GSM puede conectarse a través de su teléfono con su computador y enviar y recibir mensajes por correo electrónico, faxes, navegar por Internet, acceder con seguridad a la red informática de una compañía así como utilizar otras funciones digitales de transmisión de datos, incluyendo el servicio de mensajes cortos (SMS) o mensajes de texto.



- **Mensajes de texto SMS**

El servicio de mensajes SMS (Short Message Service) es una red digital que permite a los usuarios de teléfonos celulares enviar y recibir mensajes de texto.

Para utilizar el servicio de mensajes cortos los usuarios necesitan la suscripción y el hardware específico, determinados por los siguientes puntos:

- Una suscripción a una red de telefonía móvil que soporte SMS.
- Un equipo móvil que soporte SMS.
- Un destino para enviar o recibir el mensaje, un PC, un terminal móvil o un buzón de e-mail.



- **Comandos AT**

Los comandos AT son instrucciones codificadas que conforman un lenguaje de comunicación entre el hombre y un Terminal MODEM.

Los comandos AT son cadenas de caracteres ASCII que comienzan con AT y terminan con un retorno (ASCII 13). Cada vez que el MODEM recibe un comando este lo procesa y emite su respuesta dependiendo como se lo haya configurado al MODEM.



Ejecución de los comandos AT

- Para establecer conexión del teléfono con el sistema microprocesado, es necesario utilizar un cable de datos. El objetivo de utilizar los comandos AT es el extraer la información del teléfono y a la vez cargar información para responder a un determinado evento.
 - **Comandos generales**
 - AT+CGMI: Identificación del fabricante
 - AT+CGSN: Obtener número de serie
 - AT+CPAS: Leer estado del modem



Modem GSM

- El módem GSM puede verse como un teléfono celular al cual se le ha adaptado una interfaz serial RS232, con el objeto de ser controlado a través de una computadora. A través del módem GSM puede realizarse enlaces para transmisión de voz, fax, datos, comunicación por internet y mensajes SMS (Short Message Service).



DISEÑO DE LOS SISTEMAS



ESPE
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
CAMINO A LA EXCELENCIA

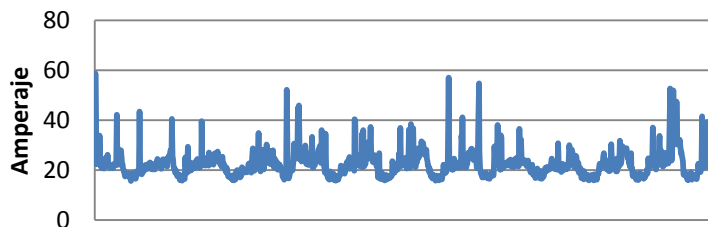
- **OBTENCIÓN DEL PORCENTAJE DE PÉRDIDAS NO TÉCNICAS**

Para obtener el porcentaje de pérdidas se debe realizar una comparación entre la energía entregada por el transformador al edificio Acrópolis utilizando un equipo registrador perfilador de carga conectado en las bajantes del transformador versus la energía registrada por los medidores de cada departamento.

Datos resumidos de registrador

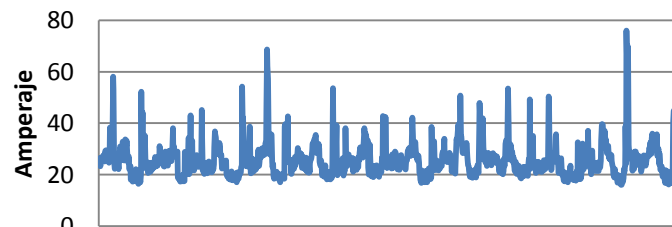
V1 (prom) Volts	I1 (max) Amp	V2 (prom) Volts	I2 (max) Amp	Pot. (max) KW	Energía. Tot KWh	f.p (prom)
115,71	58,65	115,68	76,02	12,13	3891	0,97

X1



Corriente registrada en la fase X1.

X2



Corriente registrada en la fase X2.

Datos recogidos el 14 de junio del 2012 y el 14 de julio del 2012.



ESPE
 ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
 CAMINO A LA EXCELENCIA

- **Comparación de datos**

	KWh
Energía Registrador	3891
Energía Medidores	3563
Energía no registrada mensualmente	328

$$\text{Energía no registrada \%} = \left(\frac{\text{Energía en medidores}}{\text{Energía en Registrador ECAMEC 313}} - 1 \right) * 100\%$$

$$\text{Energía no registrada \%} = \left(\frac{3563}{3891} - 1 \right) * 100\%$$

$$\text{Energía no registrada} = 8.42 \% \text{ mensual}$$



DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL DE LAS BARRAS QUE ALIMENTAN AL CONDOMINIO.

Datos de Transformador instalado en el edificio Acrópolis:

- Transformador monofásico a tres hilos de 25 KVA.
- Voltaje en el primario: 13200/7620 V.
- Voltaje en el secundario: 240/120 V.

$$S = V \times I \text{ [KVA]}$$

$$I_n = \frac{S}{V} \text{ [A]}$$

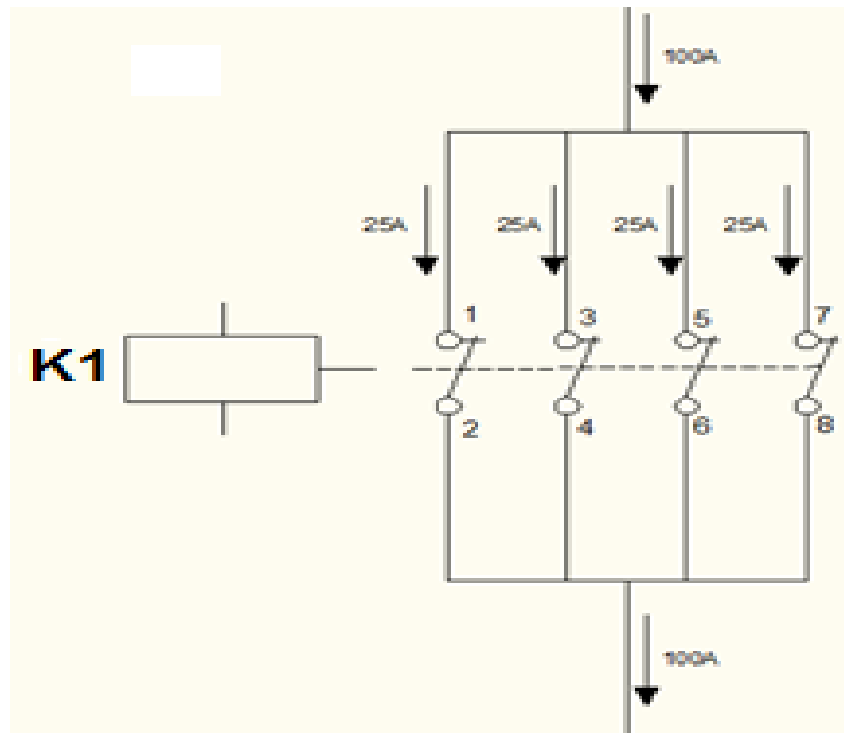
$$I_n = \frac{25 \text{ KVA}}{120 \text{ V}} = 208.33 \text{ [A]}$$

$$I_{\text{fase}} = \frac{I_n}{\# \text{ fases}} \text{ [A]}$$

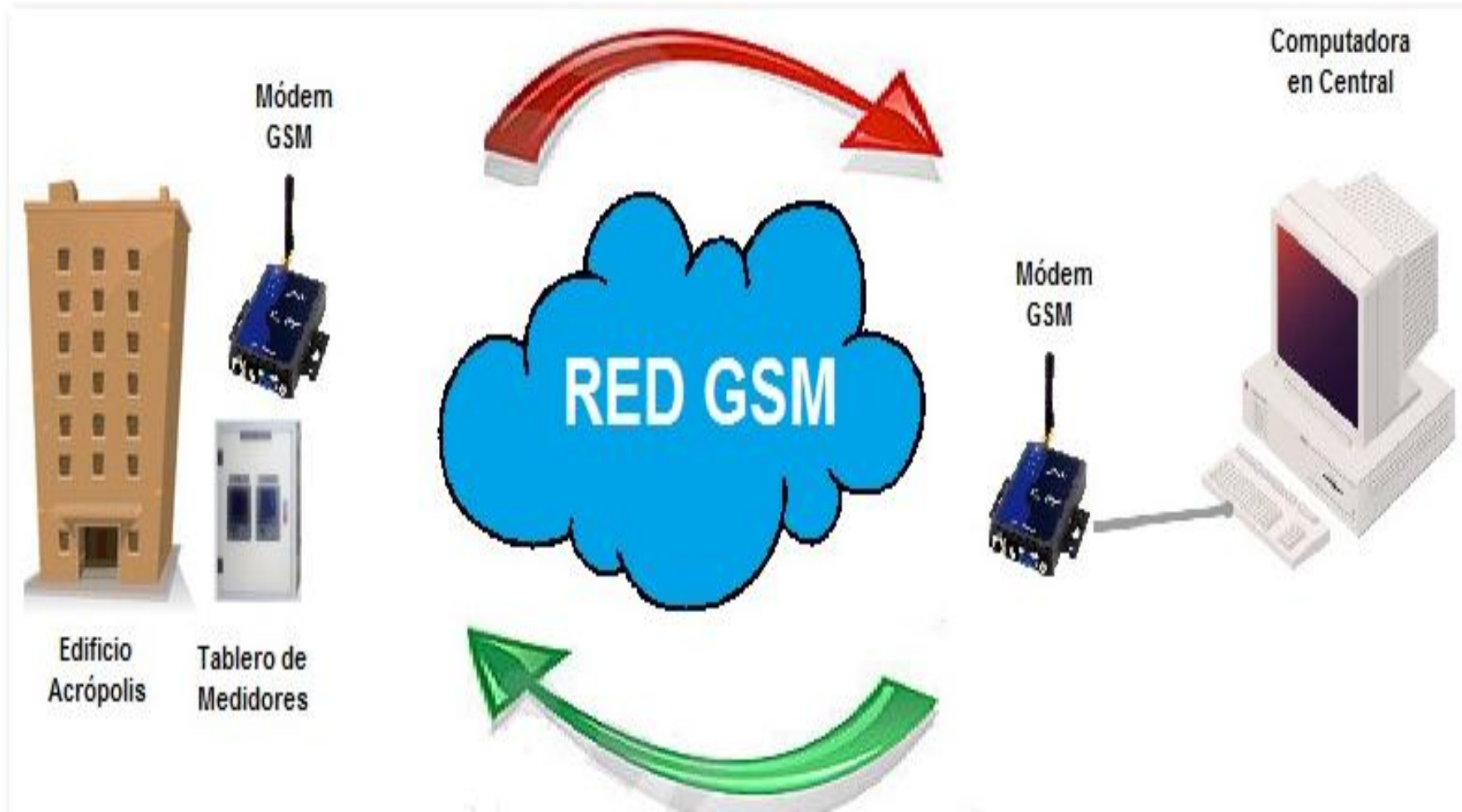
$$I_{\text{fase}} = \frac{208.3 \text{ A}}{2} = 104.1 \text{ [A]}$$



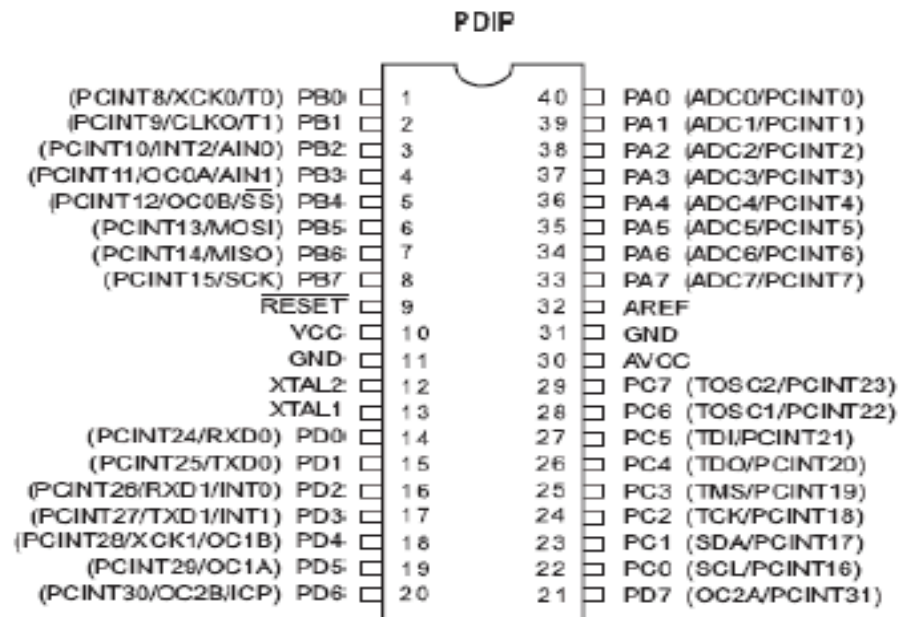
De acuerdo a los datos anteriores se decide utilizar un contactor que soporte 100 A nominales en caso de aumentar la carga; debe ser clase 1, debido a que tenemos una carga casi netamente resistiva.



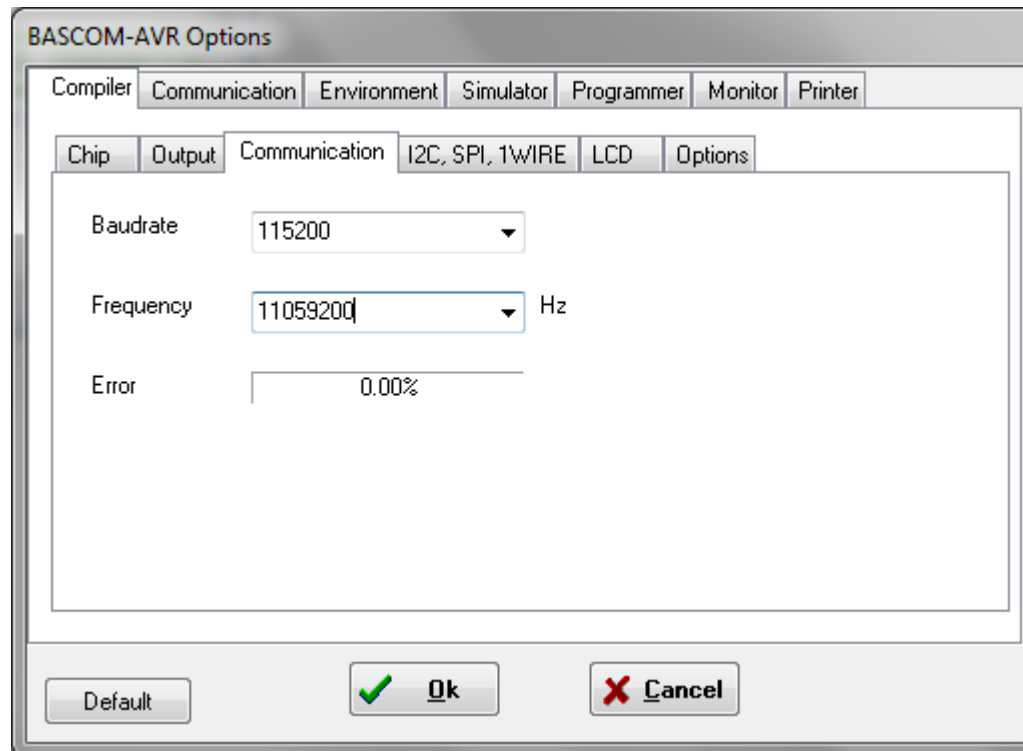
DISEÑO DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE SEÑALES DIGITALES



- Para generar las señales digitales es necesario el uso de un microcontrolador y de la gran familia existente de microcontroladores se selecciono el Atmega 16 debido a las siguientes características:
 - Tiene 32 registros de propósito general de 8 bits. Los registros de entrada/salida y la memoria de datos forman un solo espacio de localidades, que se acceden mediante operaciones de carga y de almacenamiento.
 - 32 pines de E/S para propósito general.
 - Un Puerto serial SPI (Serial Peripheral Interface).



- El microcontrolador necesita estar conectado a un cristal, para controlar la velocidad de procesamiento y la comunicación del microcontrolador con otros dispositivos como puede ser un computador o celular.
- para su correcto funcionamiento de acuerdo al programa BASCOM AVR necesita un cristal de frecuencia: 11.0592 MHz, debido a que con el mismo el error en la comunicación es cero por ciento.



Pasos para programar el microcontrolador ATMEGA 16

- Escribir las líneas del programa en el software BASCOM AVR
- Compilar el programa.
- Guardar el programa.
- Abrir el software PROGISP y elegir al dispositivo a programar y presionar el botón de AUTO.

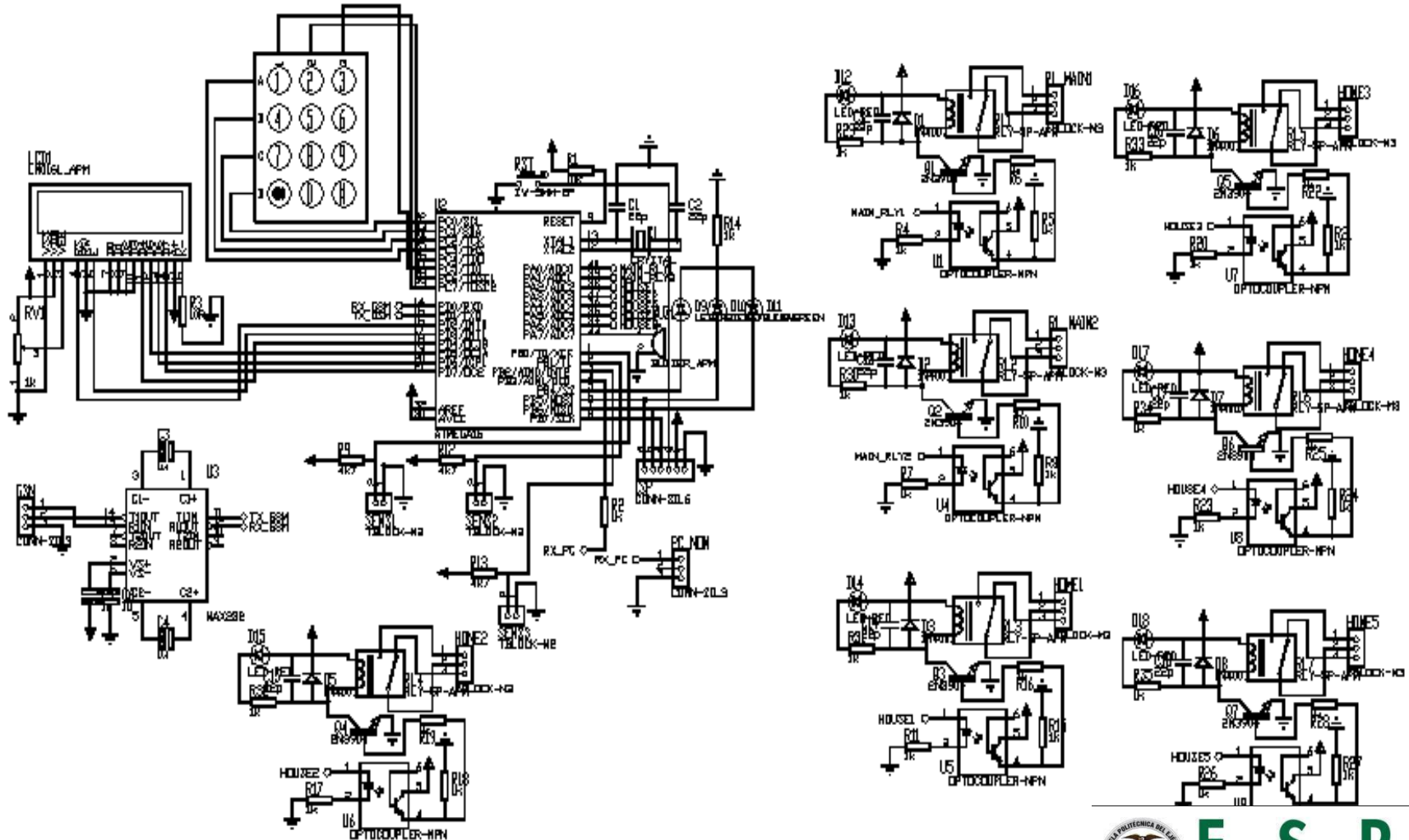


Pasos para programar el microcontrolador ATMEGA 16

- Escribir las líneas del programa en el software BASCOM AVR
- Compilar el programa.
- Guardar el programa.
- Abrir el software PROGISP y elegir al dispositivo a programar y presionar el botón de AUTO.



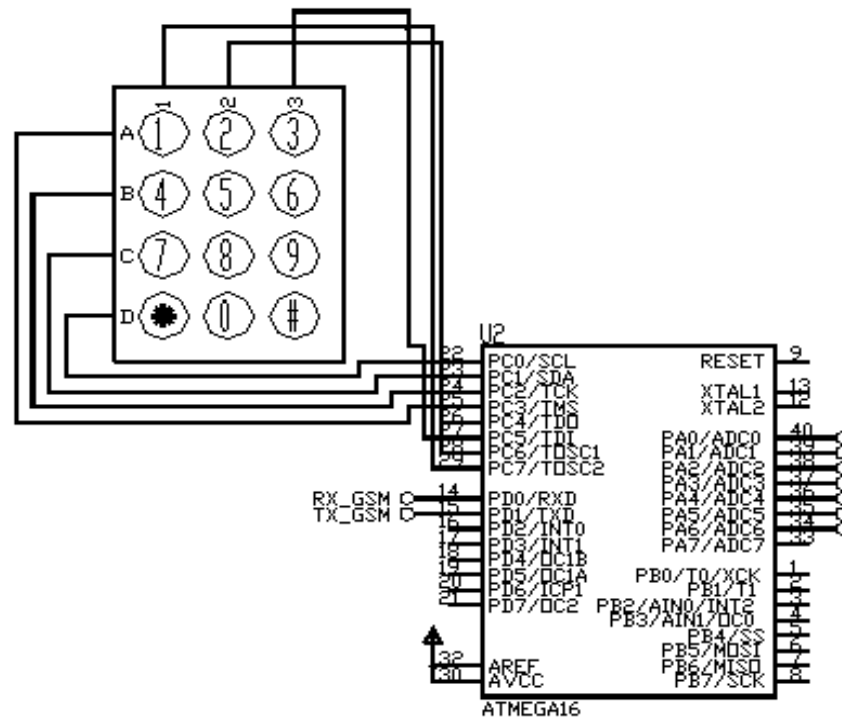
Esquema completo de conexiones del circuito de control



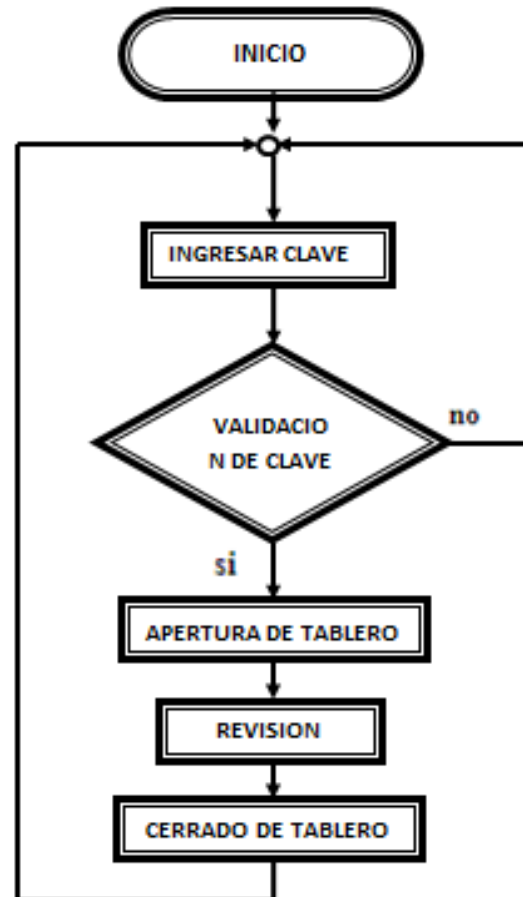
LLAVE DIGITAL PARA HABILITACIÓN DE INTERVENCIÓN DE TABLEROS.

Para realizar la llave digital de apertura de los tableros se utiliza un teclado numérico matricial 4x3 del tipo membrana por su fácil instalación así como conexión ya que esta se realiza directamente al microcontrolador sin necesidad de algún tipo de interfaz entre ellos.

Las conexiones se realizan enteramente en los puertos C del microcontrolador.



- Es necesario un display para visualizar la clave que se va a ingresar y se selecciona una pantalla LCD 16x4, debido a bajo consumo de energía.
- A continuación se muestra el diagrama de flujo del sistema de la llave digital.



- **SISTEMA DE ACTUACIÓN SOBRE EL CIRCUITO DE APERTURA DE BARRAS MEDIANTE CONTACTORES.**

Para el sistema de actuación desde el microcontrolador hasta el contactor, es necesario utilizar relés y optoacopladores por seguridad para una correcta aislación entre el circuito de potencia y el circuito de control.



RELÉS

- Debido a que son dispositivos muy pequeños y compactos con buenas características mecánicas y eléctricas, lo que les dota de una alta confiabilidad se decide utilizar el relé miniatura de alta potencia HK3FF-DC 5V.
- Posee una larga vida de operaciones mecánica, aproximadamente 10 millones de operaciones en condiciones normales de funcionamiento así mismo su vida eléctrica que permite 1 millón de operaciones, por lo que se lo conoce como de alto rendimiento.

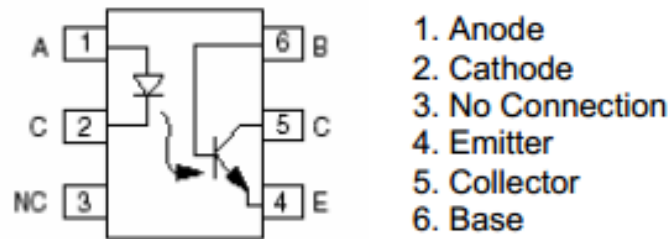


Optoacopladores

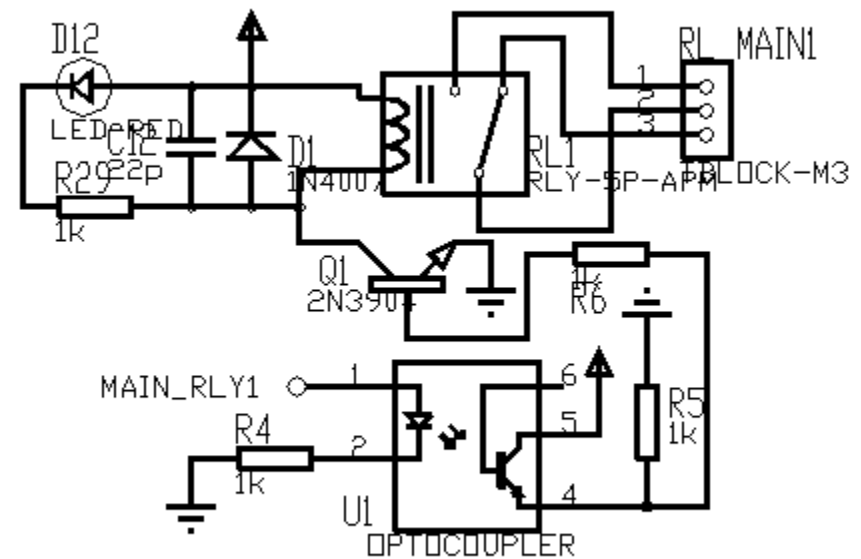
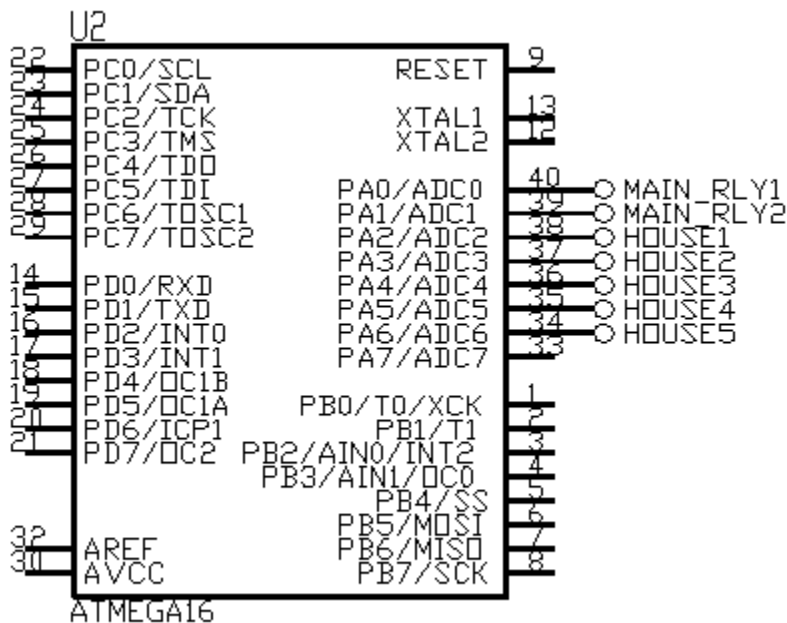
Se decide utilizar el optoacoplador 4N25.

Todos los dispositivos 4N25 consisten en arseniuro de galio, un diodo emisor de infrarrojos acoplado ópticamente a un fototransistor de silicio monolítico, es el más económico en su clase para media velocidad.

- **Características principales:**
- Aislamiento Tensión de prueba 5300 V RMS
- Se comunica con las familias lógicas comunes (TTL).
- Dual-in-line Package 6-pin



Esquema de conexiones entre el microcontrolador y el relé

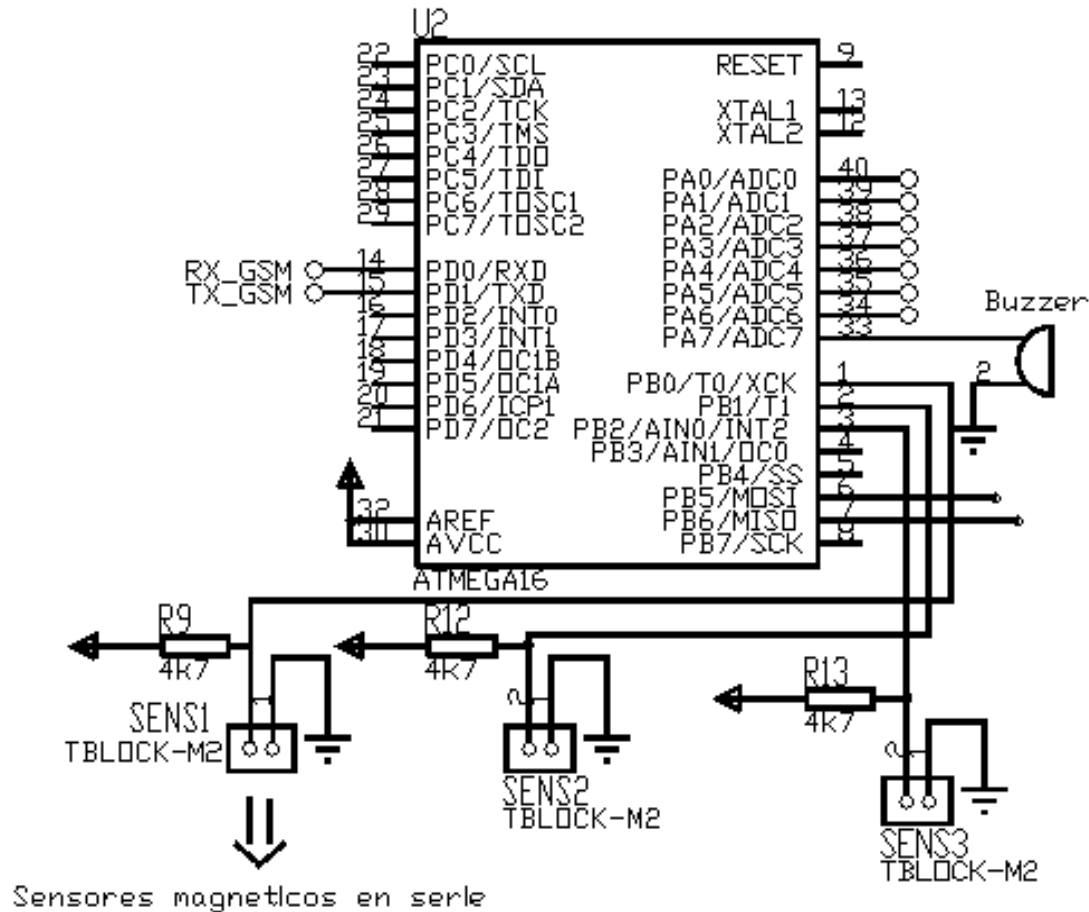


SISTEMA DE DISPARO DE ALARMA ANTE INTRUSIÓN ILÍCITA Y RESET DE LA MISMA.

- Para reconocer una apertura no autorizada del tablero se utilizan sensores magnéticos colocados en las puertas, los cuales al momento de separarse dan una señal al microcontrolador, el mismo que manda otra señal para que se activen los contactores principales y dejen sin energía al edificio.
- De la misma manera se coloca un buzzer en el circuito para alertar a las personas que viven en el condominio de una apertura no autorizada del tablero de medidores.



- Conexión de los sensores magnéticos



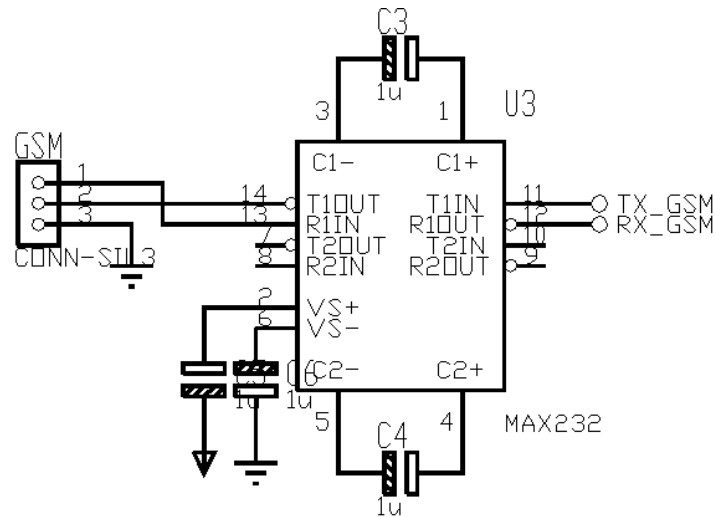
SISTEMA DE TRANSFERENCIA DEL CÓDIGO DEL TABLERO Y SEÑAL DE APERTURA ILÍCITA

- Es necesario conectar dos módems de comunicación bidireccional para red GSM/GPRS, uno de ellos ira instalado en el tablero de medidores y el otro en las oficinas de control de pérdidas de energía, al momento de abrir el tablero sin ingresar correctamente el código, el microcontrolador desactiva el servicio de energía eléctrica en todo el condominio y envía un mensaje al modem receptor notificando la apertura no autorizada del tablero para que un grupo de trabajo se dirija al sitio a comprobar las conexiones de los medidores.



INTERFAZ DE CONEXIÓN GPRS PARA TRANSMISIÓN DE DATOS.

- Como interfaz para la conexión entre el Modem GSM y el microcontrolador ATMEGA16 se utilizó el circuito integrado MAX 232 debido a que convierte las señales del puerto serial RS 232 a señales compatibles con los niveles TTL y sirve como interfaz de transmisión y recepción de las señales para RX y TX.



Conexiones del MAX 232

Capacitancias recomendadas para conexión.

CAPACITANCIA μF					
Elemento	C1	C2	C3	C4	C5
MAX 232	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0



PROGRAMA PARA CONTROL DESDE PC.

- El programa para control desde PC se lo realiza enteramente en Visual Basic 6.0 por ser un programa amigable además de que se contó con experiencia previa en el manejo de este software.



- Aplicación desarrollada en VisualBasic 6.0



INSTALACIÓN DE LOS EQUIPOS



ESPE
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
CAMINO A LA EXCELENCIA

ANTES



DESPUÉS



E S P E
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
CAMINO A LA EXCELENCIA

ANTES

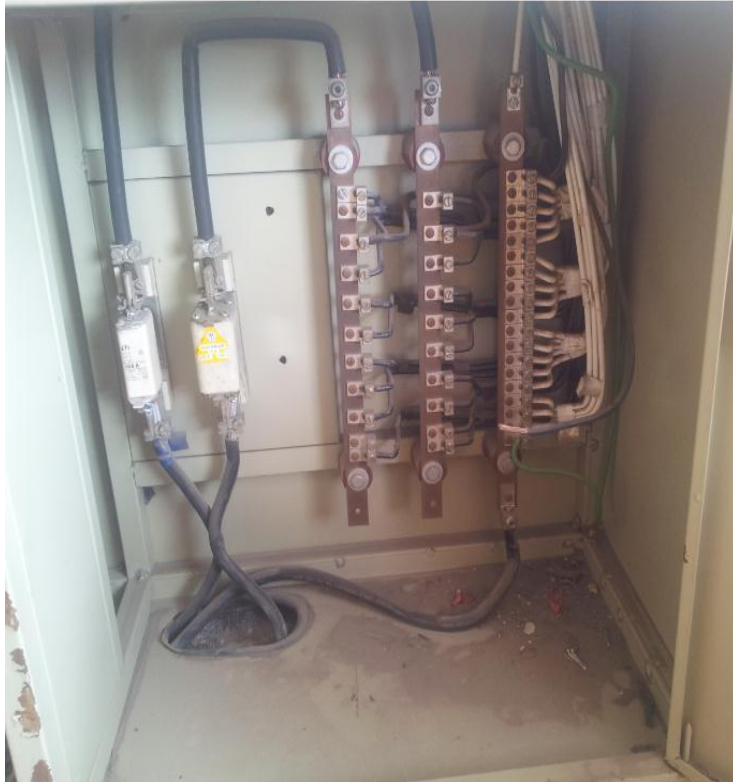


DESPUÉS



ESPE
ESCUOLA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
CAMINO A LA EXCELENCIA

ANTES



DESPUÉS



ESPE
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
CAMINO A LA EXCELENCIA

EVALUACIÓN DE COSTOS Y RESULTADOS DEL SISTEMA CON RESPECTO PNT.



ESPE
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
CAMINO A LA EXCELENCIA

• COSTO DEL PROYECTO

MATERIALES			
Material	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total (dólares)
Módem de comunicación	2	100	200
Chip de movistar	2	5	10
Sensores magnéticos	2	10	20
Microcontrolador ATMEGA 16	1	12	12
Optoacoplador 4N25	7	0,8	5,6
Relé miniatura	7	2	14
Contactores	7	80	560
Cable RS 232	1	13	13
Visualizador LCD 4x20	1	20	20
MAX 232	7	2,5	17,5
Teclado numérico membrana 4x3	1	9	9
Crystal	1	1,2	1,2
Buzzer	1	1,4	1,4
Transistor 2N3904	7	0,2	1,4
Capacitor 1uF	5	0,15	0,75
Diodos Led	5	0,1	0,5
Resistencia 10K	1	0,05	0,05
Resistencia 4.7K	3	0,05	0,15
Resistencia 1K	10	0,05	0,5
Baquelita 15x20 cm	1	4,2	4,2
Cables varios	1	20	20
		TOTAL	911,25



Costos

Costo de los diferentes insumos

INSUMOS			
Material	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total (dólares)
Cinta aislante 3M	1	3	3
Borneras	15	0,25	3,75
Tornillos	20	0,05	1
Amarras plásticas	1	1	1
		TOTAL	8,75

Costo del paquete de mensajería

PAQUETE DE MENSAJES				
Paquete	Cantidad	Costo cada chip	Costo total mensual	Costo total anual
150 mensajes	2	3,92	7,84	94,08

Costo de la mano de obra.

MANO DE OBRA EN LA IMPLEMENTACIÓN	
Técnico eléctrico	50

Total : 1064,08 dólares



MONITOREO DE TABLERO.

- Se instala el equipo de control de tableros el 01 de Febrero del 2013 realizando todas las correcciones en los medidores como cables mal ajustados, retiro conexiones desconocidas, etc. Y se recoge datos de todos los medidores.
- Además se coloca el registrador de energía ECAMEC para poder contrastar los resultados.
- Después de un mes aproximadamente, el 01 de marzo del 2013 se retira el registrador de energía y se procede a recoger los datos de todos los medidores para comparar.



- Energía en los medidores.

CUENTA	MEDIDOR	LECT. INICIAL	LECT. FINAL	CONSUMO Kwh
165359-1	JM-183129	2802	2884	82
141115-6	JM-143967	7379	7408	29
144162-5	JM-148310	3879	3957	78
144161-7	JM-148262	275	313	37
151359-7	JM-157505	345	377	31
151185-6	JM-156861	2087	2128	41
160737-3	JM-176325	3950	4056	107
132939-0	JM-133626	780	819	38
133216-2	JM-133865	6270	6374	105
171327-0	JM-195419	203	232	29
143883-7	JM-144950	10044	10209	165
162515-1	JM-178509	4805	4946	141
161081-5	JM-176987	3232	3322	90
137031-1	LT-107560	21891	24993	3103
163754-5	JM-180452	1419	1429	10
			TOTAL	4086

- Datos obtenidos del registrador de energía ECAMEC 313

V1 (prom) Volts	I1 (max) Amp	V2 (prom) Volts	I2 (max) Amp	Pot. (max) KW	Energía. Tot KWh	f.p (prom)
117,75	63.25	116,28	81.01	12,13	4107	0,97



ANÁLISIS DE RESULTADOS

- De todos los datos obtenidos se resume la siguiente tabla:

	KWh
Energía Registrador	4107
Energía Medidores	4086
Energía no registrada mensualmente	21

$$\text{Energía no registrada \%} = \left(\frac{\text{Energía en medidores}}{\text{Energía en Registrador ECAMEC 313}} - 1 \right) * 100\%$$

$$\text{Energía no registrada \%} = \left(\frac{4086}{4107} - 1 \right) * 100\%$$

$$\text{Energía no registrada} = 0.51 \% \text{ mensuales}$$

Se compara con el porcentaje inicial de 8.42% de pérdidas en este circuito, resultando una reducción en pérdidas de 7.91%



- PROYECCIÓN DE COSTOS Y ANÁLISIS DE VIALIDAD DEL PROYECTO GLOBAL PARA LA EERSA.**

ANTES DEL PROYECTO		DESPUÉS DEL PROYECTO	
	KWh		KWh
Energía Registrador	3891	Energía Registrador	3795
Energía Medidores	3563	Energía Medidores	3774
Energía no registrada mensualmente	328	Energía no registrada mensualmente	21
Energía Recuperada:		307 KWh	

Energía por mes (Kwh)	Energía por año (Kwh)	Costo del Kwh (dólares)	Total (dólares/año)
307	3684	0.08	294.72



- Se realiza una proyección a 10 años tanto de los gastos como de la recuperación y se detalla dichos resultados.

GASTO TOTAL PROYECTADO A 10 AÑOS			
	Gastos implementación	Paquete SMS	Subtotal
1 año	970	94,08	1064,08
2 año	0	94,08	1158,16
3 año	0	94,08	1252,24
4 año	0	94,08	1346,32
5 año	0	94,08	1440,4
6 año	0	94,08	1534,48
7 año	0	94,08	1628,56
8 año	0	94,08	1722,64
9 año	0	94,08	1816,72
10 años	0	94,08	1910,8

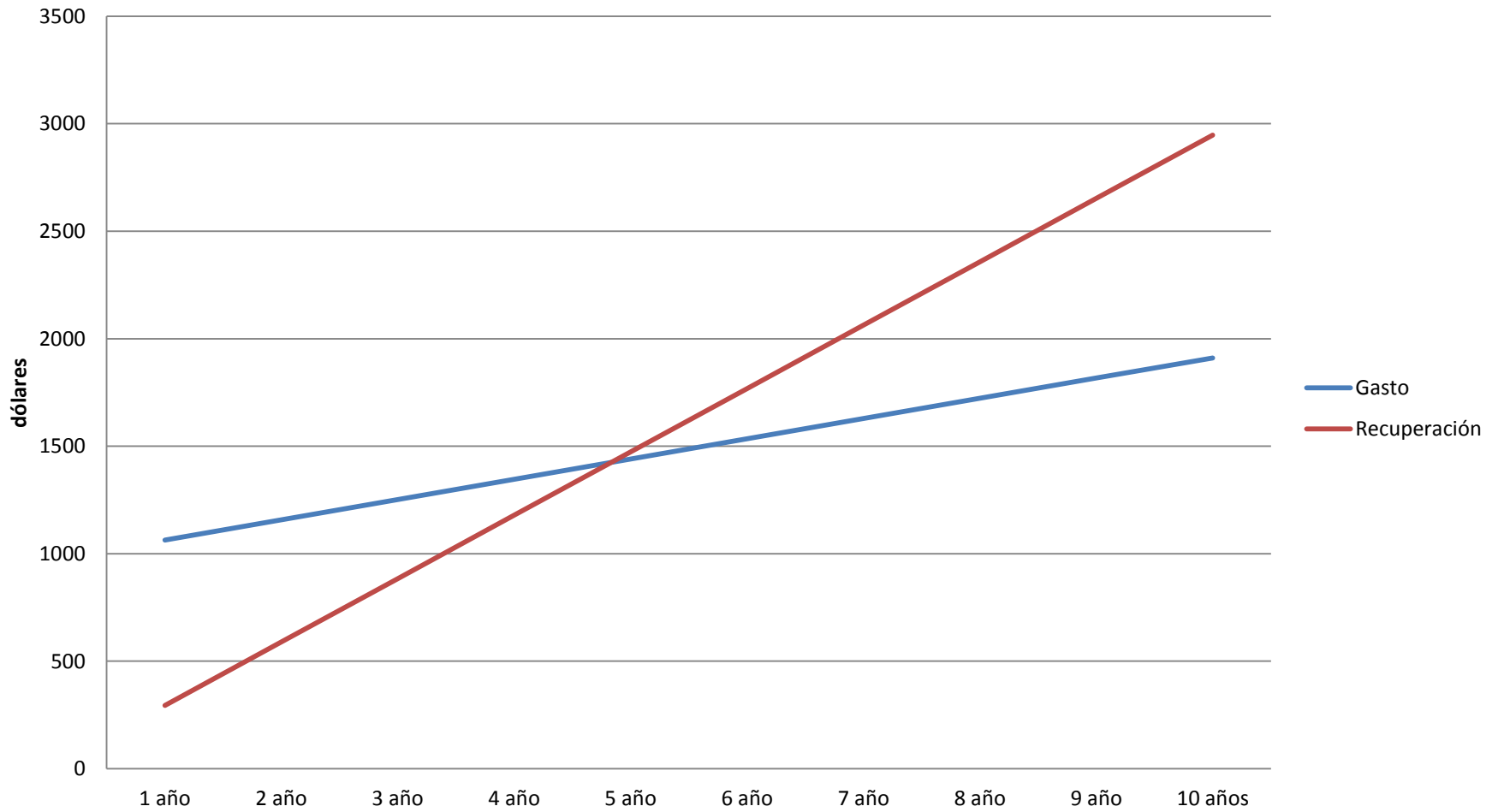


- Proyección de recuperación.

	Recuperación anual		
	KWh	Dólares	Subtotal
1 año	3684	294,72	294,72
2 año	3684	294,72	589,44
3 año	3684	294,72	884,16
4 año	3684	294,72	1178,88
5 año	3684	294,72	1473,6
6 año	3684	294,72	1768,32
7 año	3684	294,72	2063,04
8 año	3684	294,72	2357,76
9 año	3684	294,72	2652,48
10 años	3684	294,72	2947,2



Gasto vs Recuperación



CONCLUSIONES

- Se recopiló información de pérdidas no técnicas de estudios realizados en junio del 2012, los cuales sirvieron como base para un nuevo estudio realizado en febrero 2013, año en que se realizó la implementación del prototipo en el edificio Acrópolis ubicado en la ciudad de Riobamba.
- Por medio de este prototipo se logró reducir las pérdidas no técnicas en este circuito de una forma considerable de un 8.42% antes de la instalación en el año 2012, cuando cualquier persona sea parte del edificio o una persona particular tenía acceso al tablero de medidores para hacer trabajos ilegales, a un 0.51% después de la instalación debido al control que al momento se posee.



RECOMENDACIONES

- De acuerdo a pruebas realizadas se recomienda que en un futuro si el prototipo se instala en forma masiva en los tableros de medidores de la provincia de Chimborazo es necesario crear una base de datos para registra la fecha, hora y evento efectuado para un mejor control.
- Al momento de diseñar, en los equipos de conexión/desconexión de potencia, es necesario tener en cuenta que estos no pueden dejar sin servicio eléctrico por alguna falla en el sistema de control y que se vayan a activar/desactivar por error; la suspensión del servicio eléctrico solamente puede ser de forma intencional y justificada (deuda, conexiones directas, etc.) o por fallas propias de la red de distribución.

