

# REDISEÑO Y OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO DEL COMANDO LOGÍSTICO REINO DE QUITO (COLOG), CON UN HORIZONTE A MEDIANO PLAZO

Sr. Calero Tapia, Jaime Santiago

Sr. Vela Carrasco, Mario Geovanny

*Departamento de Eléctrica y Electrónica de la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE  
Extensión Latacunga*

## **Abstracto.**

El presente estudio tiene como objetivo principal el rediseño y optimización del sistema eléctrico del Comando Logístico “Reino de Quito”, siendo fundamental obtener la descripción real de la topología del sistema eléctrico de potencia de la Brigada; mediante la recopilación organizada de toda la información concerniente a dicho sistema. De esta manera se podrá determinar el posible estado del sistema eléctrico en condiciones normales de operación, encontrar las falencias eléctricas y determinar la solución para que el sistema tenga su normal funcionamiento.

Mediante un analizador de energía eléctrica trifásico y de acuerdo con los procedimientos estipulados en las regulaciones del CONELEC, se realizará el estudio de calidad de energía de sistema eléctrico, donde se planteará decisiones técnicamente adecuadas para así garantizar el perfecto funcionamiento del mismo.

## **I. INTRODUCCIÓN**

El estudio de rediseño y optimización del sistema eléctrico del Comando Logístico “Reino de Quito” (COLOG), es primordial para identificar las diferentes fallas en el suministro de la energía eléctrica; con este proceso nos ayudará a: obtener la descripción real de la topología del sistema eléctrico de toda la Brigada, determinar el posible estado de sistema eléctrico en condiciones normales de operación, encontrar las falencias eléctricas con el fin de dar soluciones para que el sistema tenga su normal funcionamiento.

A partir de este proceso nace la necesidad de realizar un documento que explique con detalle de cómo está distribuida la carga, con el fin de precisar si el tipo de protecciones eléctricas son las apropiadas para cada

alimentador además de plasmar los diagramas unifilares actualizados de todas las instalaciones del Comando Logístico y finalmente se comprobará si las puestas a tierra son las más apropiadas para cada Batallón con su respectivo Centro de Mantenimiento

Con el estudio de calidad de energía de sistema eléctrico, se planteará decisiones técnicamente adecuadas para así garantizar el perfecto funcionamiento de los sistemas que tienen un alto grado de sensibilidad como son los equipos electrónicos, dimensionando los sistemas de protección contra sobrecargas y cortocircuitos que se produzcan en el Comando Logístico

## **II. DEFINICIÓN DE REDISEÑO**

Rediseño es la modificación de un antiguo diseño que en el presente resulta ser defectuoso por no cumplir con reglas y normas actuales.

El rediseño para el presente proyecto se lo realizará en el sistema eléctrico del Comando Logístico Reino de Quito (COLOG), considerando todas las zonas de consumo como por ejemplo:

- Área administrativa.
- Centros de mantenimiento Vehicular.
- Centros de mantenimiento de material de guerra.
- Bodegas.
- Iluminación pública y ornamental.
- Dormitorios de oficiales, tropa etc.
- Comedor de oficiales, servidores públicos, oficiales etc.
- Otras dependencias.

## **A. METODOLOGÍA PARA EL REDISEÑO DE UN SISTEMA ELÉCTRICO DE POTENCIA.**

### **A.1 Recopilación de la Información Existente**

Es importante destacar que los métodos de recolección de datos, se puede definir como: al medio a través del cual el investigador se relaciona con el entorno mediante una gran diversidad de técnicas y herramientas que pueden ser utilizadas para desarrollar los sistemas de información, que le permita lograr los objetivos de la investigación.

De modo que para recolectar la información hay que tener presente:

- Seleccionar un instrumento de medición el cual debe ser válido y confiable para poder aceptar los resultados (entrevistas, planos eléctricos y arquitectónicos, la observación, el diagrama de flujo y el diccionario de datos para análisis y/o rediseño de un sistema eléctrico).
- Aplicar dicho instrumento de medición.
- Organizar las mediciones obtenidas, para poder analizarlos

### **A.2 Levantamiento de Planos y Diagramas Unifilares.**

Para el levantamiento de planos y diagramas unifilares se debe mostrar los detalles actualizados del SEP a estudiar, de lo contrario se deberá realizar el levantamiento de datos de las subestaciones, transformadores, tableros, centros de carga, cables y canalizaciones, panel de medición, etc.

### **A.3 Metodología para el Levantamiento del Diagrama Unifilar**

Para la elaboración del diagrama unifilar, se realiza el levantamiento de datos actualizados de las subestaciones, transformadores, tableros, centros de carga, cables y canalizaciones, panel de medición, etc. En el cual deberá sobresalir lo siguiente:

- Diseño de acometida.
- Cantidad de conductores, longitud y sección transversal correspondiente a la acometida.
- Tipo de protección, para Media y/o Baja Tensión
- Relación de transformación de los transformadores de medida, para Media o Baja Tensión.
- Suministro de energía eléctrica: tensión, frecuencia, número de fases, y número de hilos.

- Circuitos eléctricos: capacidad (kW), capacidad del interruptor, longitud, cantidad y calibre de conductores, tipo de canalización.
- Interruptores: capacidad, número de polos, marco y disparo.
- Cargas: capacidad en kW, KVA, etc.

### **A.4 Determinación de la Carga Instalada.**

Para la determinación de la carga instalada se deberá conocer aproximadamente la carga de una instalación compleja. Mediante el cálculo detallado estableciendo un listado de los aparatos, equipos eléctricos y puntos de iluminaciones con sus respectivo valor de potencia.

La determinación de la carga es una labor que requiere de técnica, pero también de criterio para definir los preparativos que deben dejarse para el futuro, así como la influencia de los posibles ciclos de operación. Una reserva excesiva representará una inversión que tal vez nunca se utilice; por el contrario reservas escasas pueden provocar un problema a corto plazo.

### **A.5 Análisis de Conductores.**

Los cables y conductores eléctricos son el medio de transporte de la energía eléctrica y constituyen una parte trascendental en las instalaciones que inciden sobre la seguridad de los operadores y usuarios, por lo tanto estos deben cumplir con requisitos generales como: aislamiento, rótulos, etiquetas, resistencia mecánica, capacidad de corriente nominal y usos.

Los principales criterios que se deben considerar para la especificación del conductor son:

- Capacidad de conducción de corriente.
- Caída de voltaje  
Se debe limitar la diferencia de tensión (caída) entre el principio y el final de la línea para que los aparatos conectados funcionen bajo tensión nominal para la cual fueron diseñados.

$$\Delta V = V_A - V_T$$

La caída de voltaje máxima permitida por las Normas para Sistemas de Distribución de la EEQ es 3 % para los niveles de voltaje en las redes secundarias o de baja tensión.

### **A.6 Calidad de Energía.**

La calidad de la energía eléctrica abarca el análisis de todos los parámetros relativos a la evolución de la tensión y corriente entregada por parte de los distribuidores a los consumidores.

Estos parámetros (nivel de voltaje, flicker, armónicos, desequilibrio etc.), describen una onda de voltaje y corriente dando la información acerca de la calidad de energía eléctrica.

La mala calidad en el servicio de energía eléctrica puede causar grandes inconvenientes a las instalaciones eléctricas, pudiendo llegar significativos daños a la instalación y a los equipos eléctricos conectados.

Parámetros	Valores Medidos			Valores Nominales	Valores Permitidos
	Mínimo	Máximo	Promedio		
Frecuencia (Hz)	59.86	60.15	60	60	±1%
Voltaje Vrms	L1	120.32	126.54	121.53	±8%Vn
	L2	118.68	125.19	121.93	±8%Vn
	L3	120.53	126.58	122.50	±8%Vn
Distorsión Armónica VTHD %	L1	2.43	4.93	3.69	±8%
	L2	2.52	5.17	3.84	±8%
	L3	2.27	4.96	3.61	±8%
Distorsión Armónica ATHD %	L1	4.48	128.65	71.56	±5%
	L2	5.79	118.39	62.09	±5%
	L3	4.78	89.55	47.16	±5%
Desbalance de Fases Vumb %	Vumb %	0.51	1.37	0.93	<2%
	Aamb %	0.67	86.66	36.09	<40%
Flicker Vflck	L1	0.01	0.543	0.218	<1
	L2	0.01	0.32	0.18	<1
	L3	0.19	0.37	0.23	<1
Factor de Potencia PF	L1	0.99	0.93	0.79	> 0.95
	L2	0.96	0.99	0.93	> 0.95
	L3	0.95	0.96	0.82	> 0.95

Fig.1 Estudio de la Calidad de Energía – Valores Permitidos

### III. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO ACTUAL DEL COMANDO LOGÍSTICO REINO DE QUITO (COLOG).

La línea de distribución de media tensión que alimenta los transformadores del COMANDO LOGÍSTICO REINO DE QUITO (COLOG), es la descrita a continuación.

Tabla 1: Descripción del alimentador de M.V.

S/E N°	NOMBRE	CAPAC. (MVA)	VOLT. (KV)	ALIMENTADOR PRIMARIO
03	Barrio Nuevo	15-20	6.3	B y C

Tabla 2: Descripción de la protección en el punto de alimentación.

Tipo de instalación	Tensión nominal	Tipo de protección y seccionamiento	Valor
Aérea	6.3 KV	3 Seccionadores – Fusible	20KV
		3 Paramayos Tipo Distribución 3 Ø	10 KV

#### A. Determinación de la Carga Instalada.

Mediante los resultados obtenidos en el levantamiento de diagramas unifilares del sistema de cada una de los centros de transformación, procedemos a la determinación de la Carga Instalada, la sumatoria de la carga está en función de la Potencia Aparente y corresponde al resultado de la suma de todos los

tableros de distribución secundarios. Para la obtención de la carga máxima utilizada en función de la Potencia Aparente utilizamos los resultados obtenidos en las mediciones realizadas en cada centro de transformación con el Analizador de Calidad de Energía Eléctrica Trifásica PQ – BOX 100 / V 1.547. Se efectúa una analogía comparativa entre los (Kva) utilizados y los disponibles con el fin de dar a conocer la capacidad de reserva de cada transformador como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 3: capacidad de reserva de los transformadores.

Centro de Transform.	KVA carga Instalada	KVA max. Utilizados	% Potencia Utilizado	% CT Disponible
CT1a – 120KVA (CENTRA)	215.32	53.67	43.88%	36.11%
CT2a – 120KVA (CENTRO)	188.87	88.81	47.22%	16.78%
CT3 – 120KVA (CMVT)	128.8	17.67	13.71%	78.81%
CT4 – 112.5KVA (CEMNT)	410.87	70.42	62.53%	18.81%
CT5 – 180KVA (LOGÍSTICA)	36.52	16.63	45.51%	82.25%
CT6 – 30KVA (COMANDANTE)	31.3	16.54	52.84%	23.62%
CT7 – 80KVA (LAVADORA)	19.82	5.15	26.26%	67.74%
TOTAL	1021.4	249.77	24.45%	38.38%

\* Capacidad nominal de los transformadores al 70%.

### B. ANÁLISIS DE CALIDAD DE ENERGÍA.

Para la adquisición de datos de calidad de energía se ha hecho referencia a la Regulación 004/001 del CONELEC, en donde se estipula el procedimiento a seguir para la obtención de las mediciones; en efecto, el equipo empleado fue el Analizador de Calidad de Energía Eléctrica Trifásica PQ – BOX 100 / V 1.547.

A continuación se muestra el análisis de calidad de energía de la cámara de transformación número 6.

Tabla 4: Calidad de Energía del CT6.

Parámetros	Unidad	Valores Medidos			Valores Nominales	Valores Permitidos	Observación
		Mínimo	Máximo	Promedio			
Frecuencia (Hz)		59.79	60.1	59.94	60	±1%	Fuera de rango
Voltaje Vrms	L1	122.4	127.4	124.8	121	±8%Vn	CUMPLE
	L2	121.5	126.7	124.1	121	±8%Vn	CUMPLE
	L3	120.4	126.1	123.2	121	±8%Vn	CUMPLE
Distorsión Armónica VTHD %	L1	2.88	4.5	3.28	±8%	±8%	CUMPLE
	L2	2.9	4.93	3.91	±8%	±8%	CUMPLE
	L3	2.26	5.03	3.69	±8%	±8%	CUMPLE
Distorsión Armónica ATHD %	L1	6.81	85.43	48.81	±5%	±5%	Fuera de rango
	L2	6.82	86.94	34.13	±5%	±5%	Fuera de rango
	L3	6.26	49.85	33.88	±5%	±5%	Fuera de rango
Desbalance de Fases Vumb %		0.41	1.12	0.79	<2%	<2%	CUMPLE
Flicker Vflck	L1	0.01	0.48	0.24	<1	<1	CUMPLE
	L2	0.01	0.27	0.19	<1	<1	CUMPLE
Factor de Potencia PF	L1	0.94	0.94	0.86	> 0.95	> 0.95	Fuera de rango
	L2	0.96	0.96	0.95	> 0.95	> 0.95	Fuera de rango
	L3	0.77	0.86	0.82	> 0.95	> 0.95	CUMPLE

### IV. Rediseño del Sistema Eléctrico de Medio y Bajo Voltaje.

En este punto se comprueban si están bien diseñados todos los elementos que conforman el sistema eléctrico, acorde a

lo requerido por la carga actualmente, permitiendo así que el sistema eléctrico sea confiable y económico.

### A.1 Simulación de Flujos de Carga Mediante Software (Neplan).

Para el presente estudio se ha empleado NEPLAN por la facilidad de adquisición y por los resultados que despliega en cuanto se refiere a flujos de carga y corrientes de cortocircuito.

El Flujo de Potencia constituye una fotografía del Sistema Eléctrico de Potencia, que permite conocer su estado bajo determinadas condiciones de: topología, generación y carga.

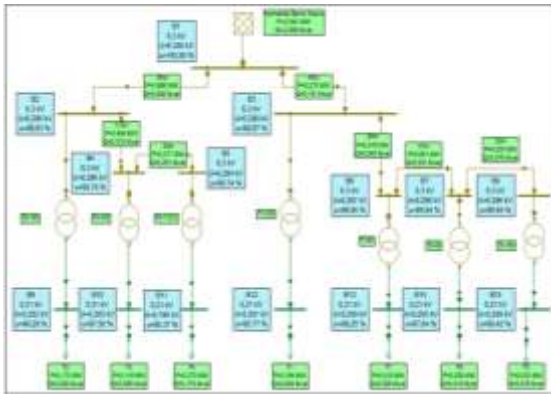


Fig. 2. Esquema del SEP – COLOG.

### A.2 Simulación mediante Software (Neplan), para la obtención de las Corrientes de Cortocircuito

Los resultados obtenidos en los nodos o barras de medio voltaje se muestran a continuación:

Tabla 5: Resultado fallas de cortocircuito en barras de M.V

Ubicación de la Falla	Voltaje (KV)	Icc (KA)	Tipo de falla
B2	6,3	19,64	Trifásica
B3	6,3	19,47	Trifásica
B4	6,3	15,11	Trifásica
B5	6,3	13,91	Trifásica
B6	6,3	16,17	Trifásica
B7	6,3	14,46	Trifásica
B8	6,3	12,63	Trifásica

### A.3 ANÁLISIS Y REDISEÑO DE CONDUCTORES.

Para la selección de conductores para medio y bajo voltaje, se realizara mediante los métodos: por corriente y por caída de voltaje ( $\Delta V$ ), quienes nos detallaran en los resultados si se debe cambiar el tipo o calibre de conductor.

Ejemplo de Selección de Conductores

PASO N° 1: Información del circuito.

Identificación del circuito: CT2.2.1 – Taller CNC, Centro de Transforma. 4

Potencia de la carga instalada: 43.26 KW

Longitud del conductor: 199 m

Voltaje del circuito: 210 V

Factor de Potencia: 0.95

PASO N° 2: Cálculos

$$I_m = P \text{ (inst.)} / (\sqrt{3} \times 210V \times fp)$$

$$I_m = 125.19 \text{ A}$$

PASO N° 3 Selección de Conductor

Para la selección del conductor ya después de hallar el cálculo de la corriente máxima del circuito, para esto es necesario las tablas de ELECTRO CABLES C.A

Ya hechos el respectivo análisis en las tablas el conductor a elegir es de 1/0 AWG, con capacidad de conducción de 150 A, en cada fase.

Tabla 6: selección de conductores – Por corriente.

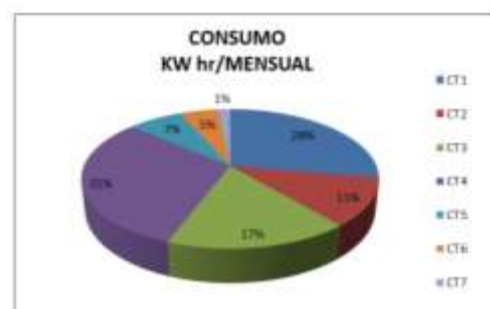
N° PLANO	FRAMO O CONDUCTO	CONDUCTOR INSTALADO (AWG)	POTENCIA INSTALADO A (KW)	POTENCIA INSTALADO A (KVA)	LONGITUD (M)	CONDICIONES CONDUCTOR (M/IN)	SELECCION CONDUCTOR (AWG)
0	070 - 100 KW		0.00	0.00	00	10.00	0
0	070.1	0	0.00	0.00	00	10.00	0
0	070.2	0	00.00	10.00	00	10.00	0
0	070.3	0	4.00	5.10	00	10.00	0
0	070.4	0	11.70	15.00	00	10.00	0
0	070.5	0	07.00	09.00	00	10.00	0
0	070.6	0	0.00	7.00	00	10.00	0
0	070.7	0	4.00	5.10	170	10.00	0
0	070.8	1/0	70.00	90.00	00	10.00	1/0
0	070.9	1/0	0.00	0.00	070	10.00	0
0	070.10	0	10.00	12.00	000	10.00	0
0	070.11	0	0.00	7.00	00	10.00	0
00	070 - 100 KW						
00	070.1	0/0	00.00	00.00	00	10.00	0/0
00	070.2.1	0/0	00.00	00.00	000	10.00	0/0
00	070.2.2	0	1.00	1.00	000	10.00	0
00	070.2.3	0/0	00.00	00.00	00	10.00	0/0
00	070.3.1	0	4.00	5.10	0	10.00	0
00	070.3.2	0	2.00	2.47	00	10.00	0
00	070.4	0/0	00.00	00.00	00	10.00	0

Los motores son del tipo sincrónico (brushless), con rotor de imán permanente.

## V. ANÁLISIS TÉCNICO -ECONÓMICO

Mediante el levantamiento de cargas instaladas y el tiempo de uso en horas, diario y mensual de cada una de ellas, se determinó el consumo de la carga eléctrica en KW-H instalada. La distribución y consumo de cada uno de los centros de transformación se muestran en la Tabla 7.

Tabla 7: Consumo de energía eléctrica en KW-h.



## A1. FACTIBILIDAD DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL ESTUDIO.

Mediante el análisis técnico realizado al sistema eléctrico del “COLOG”, se determinaron las propuestas de solución, obteniendo los costos en el redimensionamiento de protecciones y calibres de conductores. Obteniendo como conclusión lo siguiente:

El redimensionamiento del calibre de los conductores es primordial ya que el conductor debe ser capaz de transportar la energía eléctrica con total seguridad, efectuando un mínimo de pérdidas y manteniendo los costos de instalación en valores aceptables. De esta manera podrá resultar factible la optimización de pérdidas en conductores cuyos resultados serán visibles en la facturación del consumo mensual.

## VI. CONCLUSIONES

- El Sistema Eléctrico de Potencia del Comando Logístico está conformado por 7 islas individuales, mismas que actualmente se encuentran en condiciones operables
- Para un horizonte a 10 años la demanda consumida en cada una de las islas aumentará en: CT1 = 72.44 KVA, CT2 = 104.41 KVA, CT3 = 26.49 KVA, CT4 = 88 KVA, CT5 = 27.93 KVA, CT6 = 20.04 KVA y CT7 = 7.21 KVA, donde en la CT2 existe la necesidad de instalar un transformador de 150 KVA.
- Con la proyección de carga a 10 años y según el análisis del redimensionamiento de la sección de los cables, el porcentaje de conductores mal dimensionados en cada una de las cámaras de transformación son: CT1 = 32 %, CT2 = 36 %, CT3 = 28 %, CT4 = 89 % y CT5 = 47 %, lo cual está generando caídas de voltaje altas y por ende pérdidas en KWH generando pagos innecesarios en las planillas.
- Para una proyección de carga a 10 años las protecciones actuales mal dimensionadas en cada una de las cámaras de transformación son: CT1 = 63 %, CT2 = 50 %, CT3 = 62 %, CT4 = 39 %, CT5 = 16 %, CT6 = 85 % y CT7 = 33 %, con el reemplazo de las mismas ayudarán a alcanzar una mayor eficiencia y salvaguardar las instalaciones eléctricas de cada una de las 7 islas.
- Mediante el análisis de la demanda máxima a facturarse en las planillas de energía eléctrica en cada una de las dependencias, se determinó que existe una pérdida del 10% anual en el pago de dichas planillas, debido a que el mayor consumo

de energía eléctrica se da en las horas pico de la empresa (18:00 a 22:00).

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] BRATU Serbán, Neagu, - “Instalaciones Eléctricas, Conceptos Básicos y Diseño” – Segunda Edición – Alfaomega.
- [2] ENRÍQUEZ Harper, Gilberto - “El ABC de las Instalaciones Eléctricas Industriales” - Pre-edición - Limusa Noriega Editores - 1988.
- [3] ENRÍQUEZ Harper, Gilberto - “Fundamentos de las Instalaciones Eléctricas de Mediana y Alta Tensión” – Segunda Edición - Limusa Noriega Editores - 2002.
- [4] I. KOSOW, -“Máquinas Eléctricas y Transformadores”

## VII.- BIBLIOGRAFÍA:

### Ing. Jaime Santiago Calero Tapia



Nació el 10 de mayo de 1988, estudió en la escuela “Simón Bolívar”, Bachiller Industrial en el colegio “Ramón Barba Naranjo” e Ingeniero en Electromecánica en la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE - Extensión Latacunga.

### Ing. Mario Geovanny Vela Carrasco



Nació el 06 de junio de 1987, estudió en la escuela “Isidro Ayora”, Bachiller Eléctrico en el colegio “Ramón Barba Naranjo” e Ingeniero en Electromecánica en la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE – Extensión Latacunga