

# Rediseño y Ampliación del Sistema Eléctrico de la Empresa Inplastic

Sara Elena Heredia Noriega  
Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación  
Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL)  
Campus Gustavo Galindo, Km 30.5 vía Perimetral  
Apartado 09-01-5863. Guayaquil-Ecuador  
sariheredian@gmail.com

## Resumen

*Este trabajo recopila las bases conceptuales y de cálculo para el rediseño de un sistema eléctrico industrial basándose en los requerimientos de Código Eléctrico Nacional. Este estudio fue aplicado a la Industria Ecuatoriana de Plásticos "INPLASTIC S.A.", que por motivos de expansión e incremento de producción, se vio en la necesidad de implementar maquinarias adicionales en un nuevo Galpón contiguo al existente, aumentando su demanda eléctrica, por lo cual se tuvo que modificar su sistema de alimentación en media tensión. Para satisfacer la demanda requerida por las nuevas cargas, se procedió al rediseño del sistema eléctrico que consta de un cuarto de celdas en media tensión, un transformador adicional para alimentar la nueva demanda con su respectiva acometida en baja tensión y tablero de distribución principal. Al estar basado en todas las normas exigidas actualmente, se certifica que el sistema trabajará de manera confiable y segura, reduciendo al mínimo los riesgos de accidentes eléctricos, daños a las maquinarias y equipos instalados y posibles conatos de incendio que podrían ocurrir dentro de las instalaciones.*

**Palabras Claves:** demanda eléctrica, alimentación en media tensión.

## Abstract

*This project collects the conceptual bases and calculation for the redesign of an industrial power system based on the requirements of National Electrical Code. This study was applied to the Ecuadorian Plastics Industry "INPLASTIC S.A." which for reasons of expansion and increase in production was needed to implement additional machines in a new shed adjoining the existing, increasing its electricity demand and therefore, it had to modify its medium voltage power system. To supply the demand required by the new charges, proceeded to redesign the electrical system consisting of a medium voltage cells room, an additional transformer to power the new demand with their respective rush in low voltage and main distribution board. Being based on all current standards required, it is certified that the system will work reliably and safely, minimizing the risk of electrical accidents, damage to machinery and equipment installed and possible outbreaks of fire that may occur within the facility.*

**Keywords:** electricity demand, medium voltage power system.

## 1. Introducción

Cuando una planta industrial se encuentra en la necesidad de incrementar su capacidad de producción, se ve obligada también a realizar un estudio a su sistema eléctrico, para asegurar que está diseñado con la reserva suficiente para poder alimentar cargas adicionales a las existentes y de ser posible evitar gastos a la empresa por la adquisición de nuevos equipos de transformación.

Pero si la nueva demanda es superior a la reserva considerada inicialmente, será necesario ampliar su sistema eléctrico, para proveer eficazmente la alimentación que será requerida por los nuevos equipos y maquinarias a instalar.

Este último es el caso del presente proyecto, por lo cual, se tuvo que aplicar una estrategia que permita ampliar el sistema eléctrico de la planta industrial,

implementando nuevos componentes y a la vez tratando de mantener, en lo posible, los existentes, para de este modo aminorar costos a la empresa contratante.

## 2. Metodología Implementada

Un proyecto eléctrico debe diseñarse considerando la potencia total de las cargas a alimentar, más una potencia adicional o reserva para tolerar un crecimiento de la carga.

Pero en ocasiones, al iniciar una actividad productiva, es poco probable poder predecir si la empresa tendrá el éxito planeado, por lo que no siempre se diseña dejando la reserva suficiente para alguna ampliación a gran escala.

En estos casos es necesario realizar un nuevo análisis de cargabilidad a todo el sistema, y rediseñarlo de

acuerdo a los nuevos requerimientos de la planta.

### 3. Situación inicial de la Planta Industrial y nueva demanda a instalarse

La demanda instalada inicialmente era de 320KW trifásica a 127/220v, para la cual la planta Industrial INPLASTIC S.A., contaba con un cuarto eléctrico desde el cual, un transformador trifásico de 500 KVA con su respectivo tablero de distribución, alimentaba todas las maquinarias y servicios generales de un galpón (Figura 1) y un bloque de oficinas.



Figura 1. Galpón

Por motivos de expansión y mayor producción, se habilitó un galpón contiguo al existente dentro de su predio, donde los propietarios de la empresa decidieron implementar nuevos equipos de producción y mano de obra.

Al realizar el cálculo de las nuevas cargas a instalar, se obtuvo como resultado una nueva demanda de 436.6 kW trifásica a 127/220v, para el funcionamiento de los motores eléctricos de las nuevas maquinarias y de los equipos de servicios generales.

### 4. Aprobación del Proyecto e inicio de trabajos

Una vez realizado el cálculo de cargas a alimentar, fue necesario poner el proyecto en consideración de la Empresa Eléctrica Pública de Guayaquil EP, la misma que otorgó la respectiva aprobación.

Luego de haber obtenido la aprobación para el inicio de la implementación del proyecto, se procedió al desarrollo del mismo. Para lo cual se realizó los trabajos descritos a continuación.

#### 4.1. Acometida Principal y Sistema de medición

La acometida principal trifásica que energiza la Planta, parte desde el Poste de la Empresa Eléctrica Local, hasta el cuarto de Celdas en media tensión y está ubicado en el interior de la Planta.



Figura 2. Medición Indirecta

Se diseñó un sistema de medición indirecta en media tensión, compuesto por un medidor electrónico trifásico para medición de energía activa reactiva y demanda clase 20, tres transformadores de corriente de relación 50/5 A, para 15 KV y tres transformadores de potencial para 15 KV, de relación 70/1 (Figura 2). Para esto se realizó una solicitud a la Empresa Eléctrica, la misma que posteriormente procedió a su instalación.

El tablero de medición fue construido en lámina metálica de 1/16" de espesor, de dimensiones 60\*30\*25 cmts, terminado con pintura anticorrosivo, donde se instaló el medidor trifásico (Figura 3) y su respectiva base socket.



Figura 3. Medidor trifásico

Las características y ubicación del equipo primario de medición, y la del tablero del medidor, fueron determinadas por el departamento de medidores de la E.E.

#### 4.2. Sistema de Puesta a Tierra

Con el fin de evitar accidentes humanos por contactos con partes metálicas bajo tensión (en caso de fallas a tierra de equipos o conductores) y de la misma forma proteger la instalación eléctrica a construirse, se diseñó una malla de puesta a tierra que reduce al mínimo el potencial de referencia a tierra en caso de fallas.

Se construyó una malla de puesta a tierra de 3\*3 mts y 6 varillas de cooperweld de 1.80 mts x 5/16", unidas con sueldas aluminotérmicas y conductor de Cu desnudo 2/0 Awg, el mismo que llega hasta el borne de puesta a tierra del transformador y a la barra de tierra de los tableros.

### 4.3. Batería de Celdas en Media Tensión

Por cumplimiento de la norma que exige la instalación de una batería de celdas en media tensión si se posee transformadores de más de 500 KVA [2], se procedió a la colocación de una batería de celdas en media tensión (figura 4), tipo seccionador – fusible trifásica a nivel de 13.8 KV, de 630 A, con fusibles limitadores de corriente tipo HH de 80 A, para protección principal, una celda similar con fusibles limitadores de corriente tipo HH de 30 A para protección y seccionamiento del transformador existente de 500 KVA, otra celda de similares características que las anteriores con fusibles limitadores de corriente tipo HH, de 50 A para protección y seccionamiento del nuevo transformador de 750 KVA que proporciona energía a las nuevas cargas.



Figura 4. Celdas de Media Tensión

El voltaje máximo de media tensión de operación de las celdas es de 17.5 KV, con una corriente resistida de corta duración de 20 KA en un segundo.

El aislamiento del seccionador es en SF<sub>6</sub>, y el aislamiento de los fusibles es en aire, con un nivel de aislamiento de 95 KV- BIL.

### 4.4. Conexión en media tensión de los transformadores de 500 KVA y 750KVA de la planta Inplastic.

De la salida de la Celda de protección del transformador de 500 KVA, parte un alimentador trifásico aislado (XLPE) en media tensión, en una distancia de aproximadamente 10 mts, hasta el cuarto existente.

De la salida de la Celda de protección del transformador de 750 KVA, parte un alimentador trifásico aislado (XLPE) subterráneo en media tensión, en una distancia de aproximadamente 80 mts, hasta el nuevo cuarto ubicado en el nuevo galpón.

Ambos alimentadores están protegidos mecánicamente hasta ingresar a sus respectivos cuartos de transformador por tubería rígida de 4", con sus respectivos accesorios y se conectan a los bornes de media tensión del transformador por medio de puntas para interior, que servirán de protección para efectos del campo eléctrico.

### 4.5. Transformador de 750 KVA

La nueva demanda es suministrada por un Transformador de Distribución en Media Tensión de 750 KVA tipo convencional sumergido en aceite, conectado en delta en el primario, estrella aterrizada en el secundario, teniendo una capacidad de reserva para un incremento futuro de carga del 30%.

El cuarto del transformador de 750 KVA, fue construido en el sector del galpón nuevo, con paredes cortafuego de 20cm de espesor y losa de hormigón, de dimensiones 4x3x2.5 mts.

### 4.6. Acometida Principal en Baja Tensión y Tablero de Distribución Principal TDP

La acometida principal secundaria en baja tensión (127/220v), es trifásica, arranca desde los bornes en baja tensión del transformador y está compuesta por cinco conductores # 500 Mcm de Cu - Thhn para cada fase, dos conductores # 500 Mcm de Cu - Thhn para el neutro, y un conductor 250 Mcm, de Cu - Thhn para el conductor de tierra, y llega hasta los bornes de entrada del breaker principal de 3P-1800A.

En el tablero TDP, se recibe la acometida principal secundaria en B/T, en él, están alojados el disyuntor principal, la barra de distribución y los disyuntores de protección de los circuitos alimentadores que reparten la energía a los diferentes subcentros de carga.

### 4.7. Banco de Capacitores

Para obtener el factor de potencia promedio con el cual trabajaría el sistema, se recopiló los datos de placa de los motores de las maquinarias a instalar lo cual se observa en la tabla 1.

Tabla 1.

Equipo a instalar	Parámetros			
	Potencia Activa (KW)	Voltaje Nominal (V)	Corriente Nominal (A)	Factor de Potencia
Peletizadora	160	220	561.4	0.75
Termo formadora1	140	220	455	0.82
Termo formadora2	140	220	455	0.82
Servicios Generales	25	220	87.7	1.00

Con las mediciones y cálculos realizados, se obtuvo que el factor de potencia era de 0.85 y para evitar ser penalizado por bajo factor de potencia, se deseaba incrementarlo a 0.97, en base a la demanda requerida.

Con esta información es posible hallar la potencia necesaria del banco de condensadores que se requiere

instalar para incrementar el factor de potencia, para lo cual hay varios métodos de cálculo. Uno de ellos es utilizando el triángulo de potencias (figura 5) y la fórmula siguiente:

$$Q_c = P(\tan\Phi_{actual} - \tan\Phi_{deseado})$$

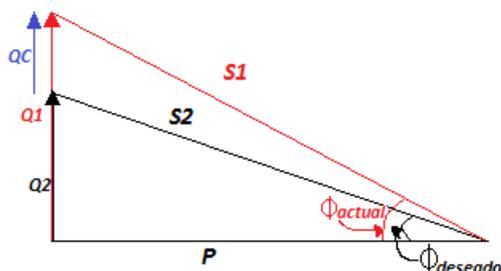


Figura5. Triángulo de Potencias

**P:** Potencia Activa instalada.

**S1 y S2:** Potencias Aparentes antes y después de la compensación.

**Qc:** Potencia del Banco de Condensadores a instalar

**Q1 y Q2:** Potencias Reactivas antes y después de la compensación.

Otra forma de calcular la potencia del banco de condensadores adecuado, es utilizando la “**Tabla De Cálculo De La Potencia De La Batería De Condensadores**”, la misma que se encuentra en la sección tablas del Reglamento de la Empresa Eléctrica Pública de Guayaquil E.P. – NATSIM [2], donde se necesita conocer únicamente la demanda en KW, para multiplicarla por el factor que resulte en el cruce del FP conocido y el FP deseado.

Con éste método, resulta que la batería de condensadores a implementar es:

$$Q_c = kP,$$

$$k = \text{Potencia en KVAR por KW de carga} \left( \frac{\text{KVAR}}{\text{KW}} \right)$$

$$Q_c = 161.253 \text{ KVAR}$$

Por lo que se escogió un banco de 170KVAR.

La potencia reactiva a compensar es aproximadamente el 36% de la potencia del transformador. Con este porcentaje, y basándonos en el criterio dado en el manual de Schneider Electric – Capitulo 2: “**Compensación de energía reactiva**” [5], se diseñó un banco de compensación con una parte fija y 7 pasos variables.

## 5. Resultados

La demanda requerida por el incremento de carga de la Planta INPLASTIC S.A., es de 436.6 KW trifásica a 127/220V, para el funcionamiento de los motores eléctricos de las nuevas maquinarias y de los equipos de servicios generales.

Esta demanda esta siendo suministrada por un transformador trifásico de 750KVA tipo convencional, conectado en delta aislada en el primario, estrella

aterrizada en el secundario, teniendo una capacidad de reserva para un incremento futuro de carga del 30%.

Finalmente, la demanda total de la Planta Industrial, que incluye la demanda existente de 320 KW, más la demanda del incremento 436.6 KW, y considerando un factor de coincidencia de 0.9, es de 681.30 KW, en donde se mantendrá un factor de potencia de 0.97.

## 6. Conclusiones

Luego de realizar los trabajos de ampliación del sistema eléctrico en la fábrica INPLASTIC S.A. debido a un incremento en la demanda, se concluyeron todos los trabajos exitosamente, y se entregó el sistema energizado con un voltaje de línea a línea promedio de 230V a un factor de potencia de 0.97 que se encuentra sobre el mínimo requerido para evitar penalizaciones por parte de la empresa eléctrica del sector [2].

## 7. Agradecimientos

Mi más sinceros agradecimientos a todas las personas que, de una u otra forma aportaron con su conocimiento y apoyo, entre ellas, el grupo de trabajo de la empresa **Britransformadores S.A.**, junto con el cual fue posible el desarrollo del proyecto, su implementación y puesta en marcha.

## 8. Referencias

- [1] Código Eléctrico Americano, NEC, año 2011
- [2] Reglamento de la Empresa Eléctrica Publica de Guayaquil E.P., NATSIM, año 2012
- [3] Norma Técnica Ecuatoriana INEM 2115, rev2, 2004
- [4] Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2 129, 1998
- [5] Manual Schneider Electric – Cap. 2 “**Compensación de Energía Reactiva**”  
[http://www.schneider-electric.com.ar/recursos/myce/capitulo02\\_1907.pdf](http://www.schneider-electric.com.ar/recursos/myce/capitulo02_1907.pdf), Rev.2008
- [6] International Capacitors S.A. – *Notas Técnicas de aplicación TS 03-000 Ed.4*,  
[http://www.lifasa.com/descargas/es/not\\_tec\\_react\\_e.pdf](http://www.lifasa.com/descargas/es/not_tec_react_e.pdf) año 2004
- [7] Manual Schneider Electric SM6 Distribución en Media Tensión, mayo 2009