

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**



**Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación**

**“REDISEÑO Y AMPLIACION DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE LA  
EMPRESA INPLASTIC”**

**EXAMEN DE GRADO (COMPLEXIVO)**

Previa a la obtención del grado de:

**INGENIERA EN ELECTRICIDAD ESPECIALIZACIÓN  
ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL**

**SARA ELENA HEREDIA NORIEGA**

**GUAYAQUIL – ECUADOR**

**AÑO: 2015**

## AGRADECIMIENTO

Mis más sinceros agradecimientos a mi esposo, mi familia y mis amigos.

## DEDICATORIA

El presente proyecto lo dedico a mi hija  
Nicole y a mi abuelita Elena.

## TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

---

**Msc. Damian Larco G.**

PROFESOR DELEGADO

POR LA FIEC

---

**Dr. Wilton Agila Gálvez**

PROFESOR DELEGADO

POR LA FIEC

## DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad por los hechos, ideas y doctrinas expuestas en este Informe me corresponde exclusivamente; y, el patrimonio intelectual de la misma, a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”

(Reglamento de Graduación de la ESPOL).

.....  
Sara Heredia Noriega

## RESUMEN

Este proyecto recopila las bases conceptuales y de cálculo para el rediseño de un sistema eléctrico industrial basándose en los requerimientos de Código Eléctrico Nacional [1].

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.

## ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTO .....	ii
DEDICATORIA .....	iii
TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN .....	iv
DECLARACIÓN EXPRESA .....	v
RESUMEN .....	vi
ÍNDICE GENERAL.....	vii
INTRODUCCIÓN .....	ix
CAPÍTULO 1 .....	1
1. METODOLOGÍA IMPLEMENTADA .....	1
1.1 Situación Inicial De La Planta Industrial.....	2
1.2 Nueva demanda a instalarse. ....	3
1.3 Aprobación del proyecto .....	4
1.4 Inicio de trabajos.....	4
1.4.1 Acometida Principal.....	4
1.4.2 Sistema De Medición .....	4
1.4.3 Sistema De Puesta A Tierra .....	5
1.4.4 Batería De Celdas En Media Tensión .....	6
1.4.5 Alimentador En Media Tensión Transformador Existente .....	7
1.4.6 Alimentador En Media Tensión Transformador Nuevo.....	8
1.4.7 Cuarto De Transformación .....	9
1.4.8 Transformador De Distribución En M/T .....	9
1.4.9 Acometida Principal Secundaria En B/T.....	10
1.4.10 Tablero De Distribución Principal TDP .....	11
1.4.11 Banco De Capacitores .....	12
1.4.11.1 Compensación Fija.....	14
1.4.11.2 Compensación Variable .....	15

CAPÍTULO 2.....	18
2. RESULTADOS OBTENIDOS.....	18
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	20
BIBLIOGRAFÍA.....	22
ANEXOS.....	23



## INTRODUCCIÓN

Cuando una planta industrial se encuentra en la necesidad de incrementar su capacidad producción, se ve obligada también a realizar un estudio a su sistema eléctrico, para asegurar que éste 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.

De no ser posible, será necesario ampliar su sistema eléctrico, para proveer eficazmente la alimentación que será requerida por los nuevos equipos y maquinarias a instalar.

En el caso de estudio del presente proyecto, el transformador instalado no era capaz de abastecer la nueva demanda a instalar, por lo cual la empresa debía aumentar su capacidad de carga.

Ante la necesidad de proponer una solución eficaz para el problema planteado, 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. Los procedimientos y métodos de cálculo se especifican en el Capítulo I.

Con la ejecución de los trabajos detallados en el presente informe, fue posible poner en práctica los conocimientos adquiridos con respecto al cálculo y diseño de instalaciones eléctricas en una planta industrial, así como también la utilización de

manuales técnicos de los diferentes componentes de un sistema eléctrico existentes en el mercado [5] [6] [7].

En el Capítulo II se detalla como luego de terminados los trabajos, se pasó de tener una demanda de 320kW a una de 681,30 kW, cumpliendo con todas las normas técnicas aplicables y requeridas por la Empresa Eléctrica del Ecuador [2].

## **CAPÍTULO 1**

### **1. METODOLOGÍA IMPLEMENTADA**

Toda planta industrial en sus inicios requiere de un buen planeamiento en todos sus aspectos, entre ellos el diseño de su sistema eléctrico que será uno de los factores más importantes para su producción.

Todo proyecto eléctrico debe diseñarse para que tenga la flexibilidad necesaria en la distribución de los equipos y los circuitos, de tal forma que puedan ser reubicados sin complicaciones.

En él, se debe considerar la potencia total de las cargas a alimentar, más una potencia adicional o reserva para aceptar un crecimiento de la carga anticipado, esto se puede prever según la estimación de crecimiento de los propietarios de la empresa y su respectiva actividad.

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.

El presente capítulo menciona el procedimiento que se tuvo que realizar a una planta industrial cuando al proyectar el incremento de su capacidad de producción se vio en la necesidad de ampliar su sistema eléctrico.

### **1.1 Situación Inicial de la Planta Industrial.**

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 y un bloque de oficinas. (figura 1.1)



Figura 1.1

## 1.2 Nueva Demanda a Instalarse.

Por motivos de expansión y mayor producción, y al tener a su disposición un galpón sin uso contiguo al existente dentro de su predio, los propietarios de la empresa decidieron implementar en éste, nuevos equipos de producción y mano de obra. (figura 1.2)

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. (anexo 2a.)

La demanda total, que incluye demanda inicial (320 kW), más la demanda del incremento (436.6 KW), y considerando un factor de coincidencia de 0.9, es de 681.30 KW. (anexo 2d.)



Figura 1.2

### **1.3 Aprobación del Proyecto**

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.

### **1.4 Inicio de Trabajos**

Una vez obtenida la aprobación correspondiente para el inicio de la implementación del proyecto, se procedió al desarrollo del mismo. Para lo cual se realizó los trabajos descritos desde el punto 1.4.1 hasta el 1.4.11.

#### **1.4.1 Acometida Principal**

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 que se instaló y está ubicada en el interior de la Planta, en una distancia de aproximadamente 4 metros, del cerramiento de la planta. (anexo 1b).

#### **1.4.2 Sistema de Medición**

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 1.4.2.1)

El tablero de medición será construido en lámina metálica de 1/16" de espesor, de dimensiones 60\*30\*25 cmts, terminado con pintura anticorrosivo, donde se instalara el medidor trifásico y su respectiva base socket. (figura 1.4.2.2)

La característica y ubicación del equipo primario de medición, y la del tablero del medidor, será determinado por el departamento de medidores de la E.E.



Figura 1.4.2.1



Figura 1.4.2.2

### 1.4.3 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.

#### **1.4.4 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 mas de 500KVA [2], se procedió a la colocación de una batería de celdas en media tensión, 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 transformador de 750 KVA. (figura 1.4.4)

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 SF6, y el aislamiento de los fusibles es en aire, con un nivel de aislamiento de 95 KV- BIL. Cada celda tiene dimensiones de 0.37x0.90x1.60 mts, y está ubicada dentro de un cuarto de 3x3x2.5 mts, construido con paredes de cemento y losa de hormigón.



La puerta del cuarto de celdas es abatible hacia el interior de doble hoja, construida en plancha metálica de 1/16" de espesor, las puertas brindaran facilidad para una buena ventilación del cuarto.



Figura 1.4.4

#### **1.4.5 Alimentador en Media Tensión. Transformador existente de 500 KVA**

De la salida de la Celda de protección del transformador T1, partirá un alimentador trifásico aislado en media tensión, en una distancia de aproximadamente 10 mts, hasta el cuarto existente del transformador (T1), de 500 KVA.

El alimentador aislado en media tensión en todo su recorrido está compuesto por tres conductores de cobre con aislamiento XLPE, 15 KV, de calibre #2 AWG para las fases y conductor de cobre tipo TW, calibre #4 AWG, para la conexión del neutro.

Este alimentador estará protegido mecánicamente hasta ingresar al cuarto de transformadores por tubería rígida de 4", con sus respectivos

accesorios y se conectara a los bornes de media tensión del transformador por medio de puntas para interior, que servirán de protección para efectos del campo eléctrico.

#### **1.4.6 Alimentador en Media Tensión. Transformador Nuevo de 750 KVA**

De la salida de la Celda de protección del transformador T2, partirá un alimentador trifásico aislado subterráneo en media tensión, en una distancia de aproximadamente 80 mts, hasta el nuevo cuarto del transformador (T2), de 750 KVA. (anexo 1a)

El alimentador aislado subterráneo en media tensión en todo su recorrido está compuesto por tres conductores de cobre con aislamiento XLPE, 15KV, de calibre #2 AWG para las fases y conductor de cobre tipo TW, calibre #4 AWG, para la conexión del neutro. La canalización de este alimentador desde el cuarto de celda hasta la última caja de paso será construida con tubería Pvc, pesada para uso eléctrico de 4", enterrada a una profundidad de 0.60 mts del nivel del suelo.

Las cajas de paso serán construidas de cemento armado de dimensiones 80x80x80 cmts. Desde la última caja de paso este alimentador estará protegido mecánicamente hasta ingresar al cuarto de transformadores por tubería rígida de 4", con sus respectivos accesorios,

Este alimentador se conectara a los bornes de media tensión del transformador por medio de puntas para interior que servirán de protección para efectos del campo eléctrico.

#### 1.4.7 Cuarto de Transformación

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. (anexos 1c y 1d). La puerta de este cuarto es abatible hacia el interior de doble hoja, construida en plancha metálica de 1/16" de espesor, las puertas brindaran facilidad para una buena ventilación del cuarto, dentro del cuarto se instalaron los puntos de alumbrado para una buena iluminación y un tomacorriente para trabajos y son alimentados desde el panel de servicios generales.

#### 1.4.8 Transformador de Distribución En M/T

La nueva demanda fue 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%. (figura 1.4.8).



Figura 1.4.8

El transformador posee las siguientes características:

Transformador	Trifásico
Tipo	Convencional
Capacidad	750 KVA
Voltaje Primario	13,2 KV
Voltaje Secundario	127/220 v
Conexión	DYN1
Frecuencia	60 Hz
Marca	Electric Power

#### **1.4.9 Acometida Principal Secundaria en B/T**

La acometida principal secundaria en baja tensión (127/220v), será trifásica, arrancara desde los bornes en baja tensión del transformador y estará 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 llegara hasta los bornes de entrada del breaker principal, de estado sólido o caja moldeada regulable de 1500-2500 A, seteado a 1800 A, que servirá de protección para sobrecargas del transformador.

Para la protección mecánica del conductor se instalara electrocanales que llegaran al Tablero (TDP), principal construido, con barras de 2500 A, cuya ubicación se indica en planos.

#### 1.4.10 Tablero de Distribución Principal TDP

En el tablero TDP (figura 1.4.10), se recibirá la acometida principal secundaria en B/T, en el, 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.



Figura 1.4.10

La interconexión entre el tablero TDP, y el Transformador será realizada con canaletas portaconductores que alojan los conductores principales indicados en el diagrama unifilar.

### 1.4.11 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.

Equipo a instalar	Potencia Activa (KW)	Voltaje de Operación (V)	Corriente Nominal (A)	Factor de Potencia
1. Motor Peletizadora	160	220	561.4	0.75
2. Maquina Termoformadora 1	140	220	455	0.82
3. Maquina Termoformadora 2	140	220	455	0.82
4. Servicio Generales	25	220	87.7	1.00

Tabla 1.

Por lo tanto el factor de potencia promedio de la nueva demanda a instalar es, según la ecuación

$$fp (\text{promedio}) = \frac{\sum fpn}{n}$$

$$fp (\text{promedio}) = \frac{fp1 + fp2 + fp3 + fp4}{4}$$

$$fp (\text{promedio}) = 0.847 \quad (1.4.11.a)$$

Con las mediciones y cálculos realizados, se obtuvo que el factor de potencia era de 0.85 (1.4.11.a) y para evitar ser penalizado por bajo factor de potencia, se deseaba incrementarlo a 0.97, en base a la demanda requerida.

Utilizando el triángulo de potencias y los ángulos obtenidos desde el mismo, (figura 1.4.11), es posible calcular la potencia reactiva del banco de condensadores a instalar para incrementar el factor de potencia, con la ecuación

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

donde

$Q_c$  es la potencia reactiva en KVAR ,

$P$  es la potencia activa en KW y

$\phi$  es el ángulo entre el vector de la Potencia Aparente y la Potencia Activa

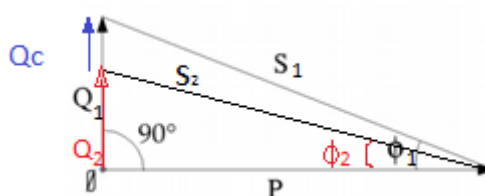


Figura 1.4.11

Otra forma de calcular el banco de capacitores adecuado para corregir el factor de potencia, es utilizando la tabla de cálculo de la potencia de la batería de condensadores (Anexo 2e), que se encuentra en el Reglamento de la Empresa Eléctrica Pública de Guayaquil E.P., NATSIM [2], donde se necesita conocer la demanda en KW, para multiplicarla por el factor que resulte en el cruce del FP conocido y el FP deseado.

La potencia de la batería de condensadores  **$Q_c$**  a instalar fue calculada con la ecuación 1.4.11.1

$$Q_c = kP, \quad (1.4.11.1)$$

Donde

**$P$**  es la potencia activa del sistema en Kilovatios (KW),

**$k$**  es la potencia del condensador en KVAR a instalarse por KW de carga en  $\left(\frac{KVAR}{KW}\right)$  para elevar el factor de potencia, (ver tabla de cálculo de la potencia de la batería de condensadores – Anexo 2e).

Entonces:

$$Q_c = \left(0.369\left(\frac{KVAR}{KW}\right)\right)(437KW)$$

$$Q_c = 161.253 KVAR \quad (1.4.11.2)$$

Una vez que tenemos calculada la potencia reactiva necesaria para realizar la compensación (1.4.11.2), se nos presenta la posibilidad de elegir entre una compensación fija o una compensación automática.

#### 1.4.11.1 COMPENSACIÓN FIJA

Es aquella en la que suministramos a la instalación, de manera constante, la misma potencia reactiva.

Debe utilizarse cuando se necesite compensar una instalación donde la demanda reactiva sea constante. Es recomendable en



aquellas instalaciones en las que la potencia reactiva a compensar no supere el 15% de la potencia del transformador. Este criterio esta dado en el manual Compensación de energía Reactiva de Schneider Electric [5]

#### 1.4.11.2 COMPENSACIÓN VARIABLE

Es aquella en la que suministramos la potencia reactiva según las necesidades de la instalación. Debe utilizarse cuando nos encontremos ante una instalación donde la demanda reactiva sea variable. Es recomendable en aquellas instalaciones en las que la potencia reactiva a compensar sea mayor al 15% de la potencia del transformador. [5]

En este caso, la potencia del transformador es de 750 KVA, la potencia aparente del Sistema es calculada mediante la ecuación 1.4.11.2.1

$$S = \frac{P}{\cos \phi} \quad (1.4.11.2.1)$$

$$S = \frac{437KW}{0.85}$$

$$S = 514KVA;$$

Donde

*S = es la potencia aparente del sistema*

*cos  $\phi$  = factor de potencia antes de la compensación*

$\phi = \text{ángulo entre la potencia aparente y la potencia activa}$

$$\phi = \arccos(0.85) = 31^\circ$$

Luego la potencia reactiva es según la ecuación 1.4.11.2.2

$$Q = S(\text{sen } \phi) \quad (1.4.11.2.2)$$

$$Q = (514\text{KVA})\text{sen } 31^\circ$$

$$Q = 271 \text{ KVAR}$$

Entonces

$$\% = \frac{271}{750} = 36 \%; (1.4.11.2.2.a)$$

La potencia reactiva del sistema antes de la compensación es aproximadamente el 36 % de la potencia del transformador (1.4.11.2.2.a), por lo que elegimos una compensación variable.

Para diseñar el banco de condensadores, se tendrá una etapa fija de condensadores con su respectiva protección y 7 pasos variables. Para lo cual utilizamos el siguiente análisis:

#### **ETAPA FIJA DE COMPENSACIÓN:**

Se mantendrá fijo el 30% de la batería de compensación, ya que si se fija un valor superior, se estaría sobrecompensando durante todo el día, ya que más de esta potencia reactiva no es requerida permanentemente

$$KVAR \text{ Fijos} = 170KVAR * \frac{30}{100}$$

$$KVAR \text{ Fijos} = 50 KVAR \quad (1.4.11.2.3)$$

Con su respectivo Breaker de 3P-175 A.

### **ETAPAS VARIABLES O AUTOMÁTICAS DE COMPENSACIÓN:**

Los 120KVAR restantes fueron distribuidos en siete (7) etapas o pasos de compensación automática controlados por el relé varimétrico.

$$KVAR \text{ variables} = \frac{120KVAR}{7} \approx 20KVAR \quad (1.4.11.2.4)$$

Se instaló 5 pasos de 20KVAR y dos de 10KVAR para completar la capacidad de la batería, para los cuales se utilizan fusibles tipo cuchilla NT00 de 60 A.

Luego de este análisis se concluye que la batería de condensadores que se debe instalar es del tipo automática de 170KVAR con 7 etapas o pasos variables (1.4.11.2.4) y una etapa fija (1.4.11.2.3), para compensar la energía reactiva de los equipos eléctricos de la planta, que se energizaran según se requiera.

## **CAPÍTULO 2**

### **2 RESULTADOS OBTENIDOS**

La demanda requerida para el incremento de carga por la Planta INPLASTIC S.A., era 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, tal como se establece en el Anexo 2a.

Esta demanda fue 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%.

En el Anexo 2b, se establece la demanda de servicios generales del nuevo galpón (iluminación interior y exterior, tomacorrientes, bomba de agua de la cisterna, y soldadora para el taller.)

En el Anexo 2c, se establece la planilla de circuitos del Tablero TDP2.

La demanda total de la Planta Industrial, que incluía 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, tal como se especifica en el Anexo 2d.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Conclusiones

1. Luego de realizar el proyecto de ampliación del sistema eléctrico en la fábrica INPLASTIC S.A. debido a un incremento en la demanda, se concluye que todos los trabajos se culminaron exitosamente, ya que se entregó el sistema energizado con un voltaje de línea a línea promedio de 230 V y 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].
2. Con la ejecución de los cálculos y análisis realizados, se pudo poner en práctica los conocimientos teóricos adquiridos previamente en las diferentes asignaturas correspondientes a la carrera de Ingeniería Eléctrica, en especial, aquellas que se relacionan directamente con las instalaciones eléctricas aplicadas a plantas industriales.

## **Recomendaciones**

1. Luego de la entrega del proyecto a la empresa contratante, se recomendó realizar mantenimientos periódicos al sistema, mediante la elaboración de cronogramas anuales, para de esta forma asegurar su buena operación y evitar posibles problemas de funcionamiento, tales como posibles fugas de aceite dieléctrico, lo que originaría absorción de humedad y pérdidas en el aislamiento del transformador.
2. Mantener actualizados los planos eléctricos de las instalaciones para futuras referencias.
3. Tener a mano siempre los manuales y catálogos de todos los equipos que conforman el sistema eléctrico de la planta.
4. Dar capacitación al personal técnico y de operaciones, sobre la redistribución del sistema eléctrico y los cambios originados debido al aumento de cargas.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] Código Eléctrico Americano, NEC, año 2011
- [2] Reglamento de la Empresa Eléctrica Pública 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



## **ANEXOS CAPITULO 1**

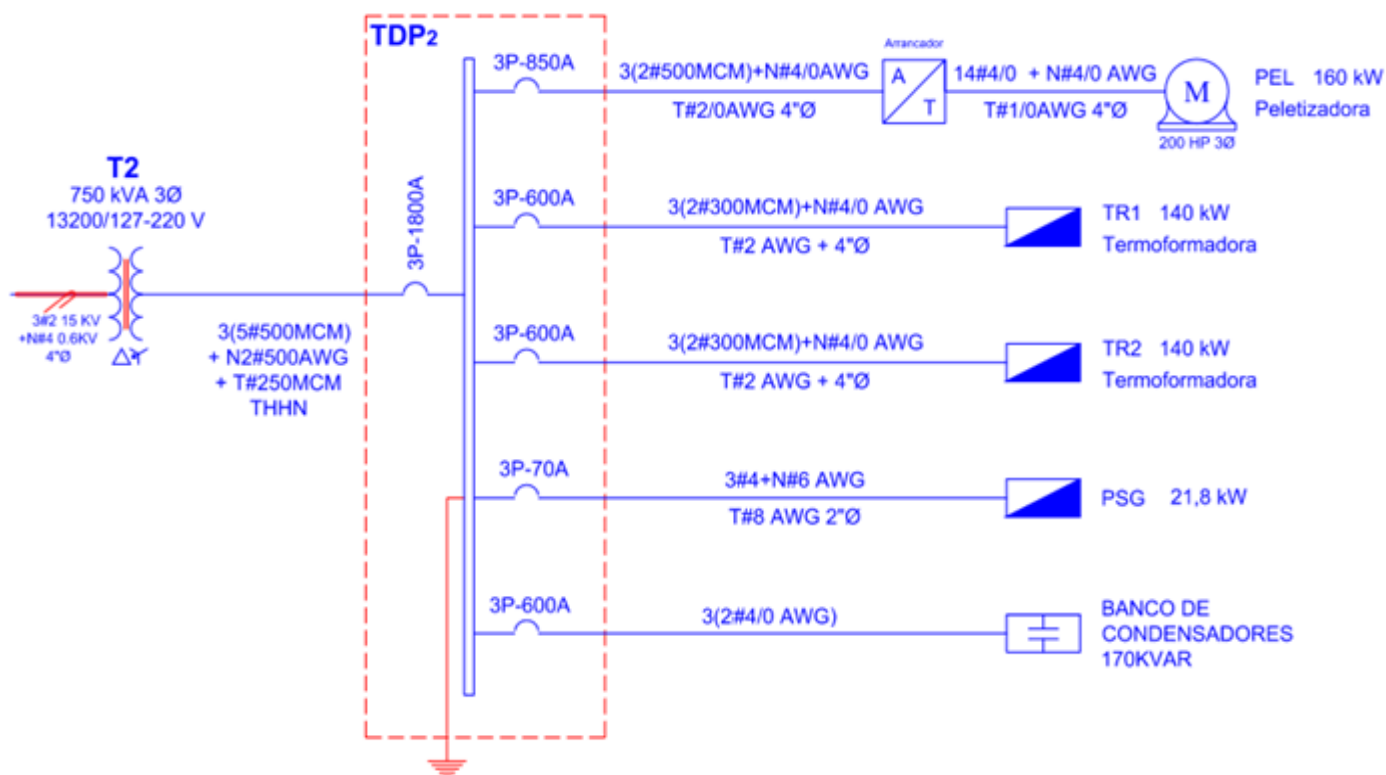
- 1a. Diagrama Unifilar del T2 (750 KVA)
- 1b. Diagrama Unifilar General De La Planta Industrial
- 1c. Ubicación del nuevo Cuarto eléctrico dentro de las Instalaciones de la Planta Industrial
- 1d. Vista frontal y superior del Cuarto de transformador

## **ANEXOS CAPITULO 2**

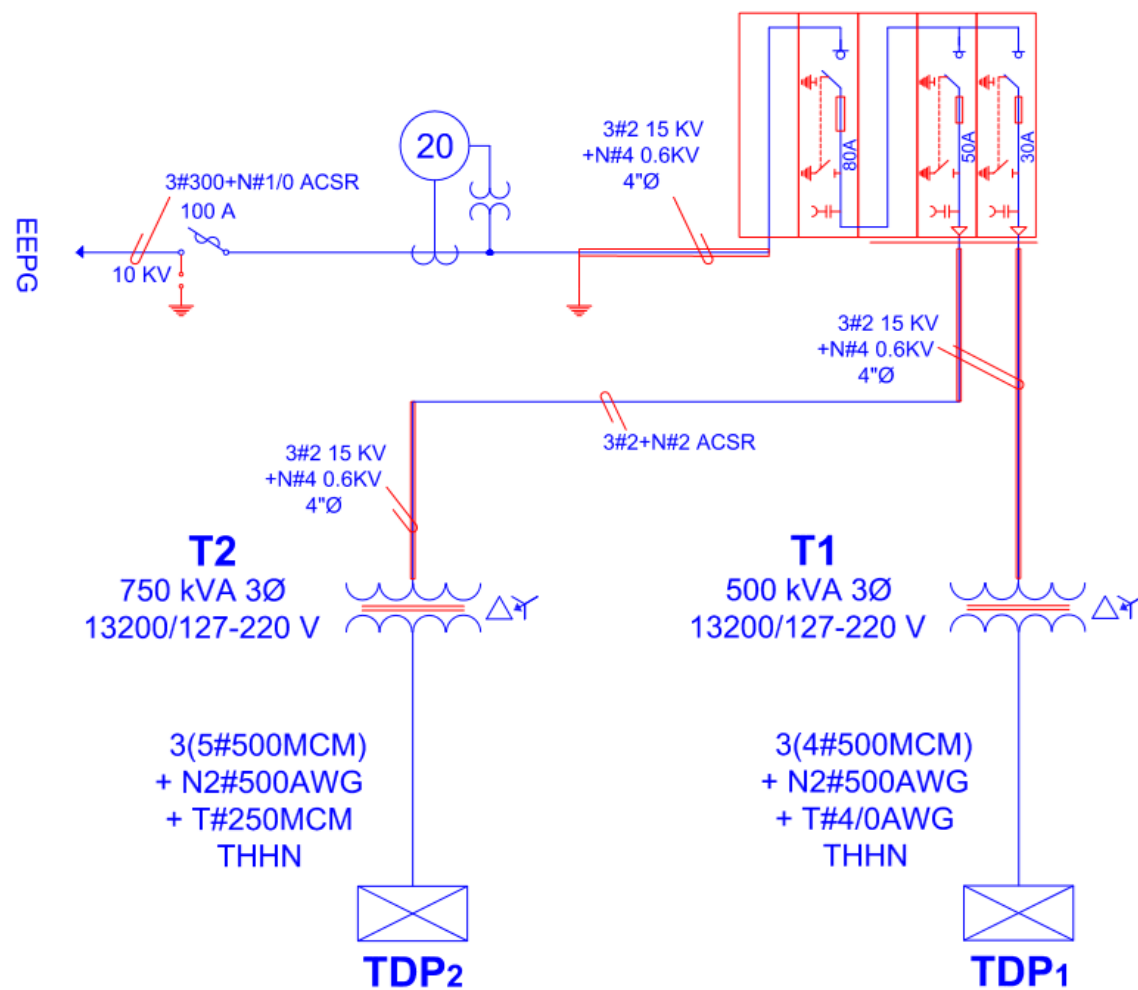
- 2a. Cálculo De Cargas De Nuevo Galpón (Galpón 2)
- 2b. Planilla De Circuitos Servicios Generales Del Galpón 2
- 2c. Planilla De Circuitos del Tablero TDP2
- 2d. Cálculo De La Demanda Instalada Total del Sistema (Galpón 1 y Galpón 2)
- 2e. Tabla de cálculo de la potencia de la batería de condensadores.

### 1a. Diagrama Unifilar del T2 (750KVA)

#### CUARTO DEL TRANSFORMADOR T2

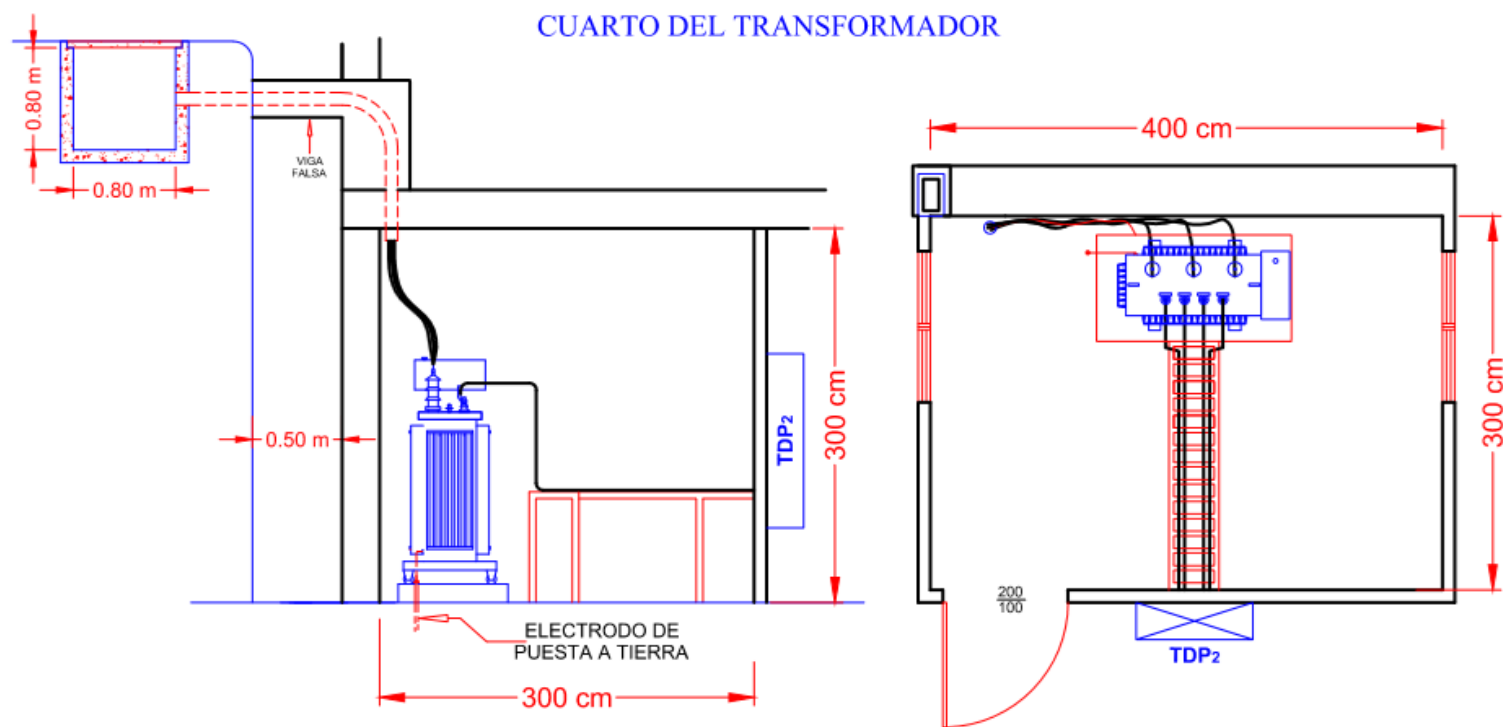


### 1b. Diagrama Unifilar General De La Planta Industrial





### 1d. Vistas Lateral y Superior Del Cuarto De Transformador



## 2a. Cálculo De Cargas De Nuevo Galpón (Galpón 2)

Calculo de la Demanda Galpón 2					
Obra	INPLASTIC SA				
Fecha	24/10/2013				
TDP	Tablero Distribución Principal				
Subtableros	Circuito	Demanda	Balance de fases		
		Total	A	B	C
		W	W	W	W
Maquina Peletizadora	PEL	160000	53333	53333	53333
Termoformadora # 1	TR1	140000	46667	46667	46667
Termoformadora # 2	TR2	140000	46667	46667	46667
Servicios Generales	PSG	19665	6555	6555	6555
	Total	459665	146667	146667	146667
Demanda instalada Trifásica	459665	W			
Factor de Coincidencia	0,95				
Demanda máxima activa	436682	W			
Factor de potencia después de la compensación	0,97				
Demanda máxima aparente	450187	VA			
Demanda máxima reactiva	109443	VAR			
Voltaje nominal	220	V			
Corriente nominal*1.25	1477	A			
Disyuntor	1800 A	Breaker Regulable 1500- 2500 A			
Conductor	(5* 3 # 500 MCM + N 2*# 500 MCM+1*T # 1/0 AWG) Thn Cu				
Transformador +30% Reserva	750	KVA	13200 / 220 - 127 V		

## 2b. Planilla De Circuitos Servicios Generales Del Galpón 2

Calculo de la Demanda Panel Servicios Generales														
Obra	INPLASTIC SA													
Fecha	24/10/2013													
Panel	Galpon	Cicuito Derivado						Ptos	w/pto	F/u	Total	Disyuntor		Servicio
		# Cto	Cable	Ducto	Fase	Volt	Amp				W	# Polo	Amp	
PD -SG	2	A1	12	3/4	AB	220	18,2	8	400	1,0	3200	2	20	Iluminacion Galpon 2
PD -SG	2	A2	12	3/4	BC	220	15,9	7	400	1,0	2800	2	20	Iluminacion Galpon 2
PD -SG	2	A3	12	3/4	CA	220	13,6	6	400	1,0	2400	2	20	Iluminacion Galpon 2
PD -SG	2	A4	12	3/4	AB	220	13,6	6	400	1,0	2400	2	20	Iluminacion Galpon 2
PD -SG	2	Aext	12	3/4	BC	220	7,1	5	250	1,0	1250	2	15	Iluminacion lExterior
PD -SG	2	T1	12	1/2	A	127	12,1	7	350	0,5	1225	1	15	Tomacorrienes Galpon 2
PD -SG	2	T2	12	1/2	B	127	15,5	9	350	0,5	1575	1	15	Tomacorrienes Galpon 2
PD -SG	2	BA	12	3/4	CA	220	14,2	1	2500	1,0	2500	2	20	Cisterna
PD -SG	2	SOL	10	1	AB	220	25,6	1	4500	1,0	4500	2	30	Toma Soldadora
Total											21850			
Carga Instalada PD-SG					21850									
Factor de Demanda					0,9	W								
Demanda PD -SG					19665									
Corriente*1.25					71,68									
Breaker PD -SG					70	A	3P							
Subalimentador PD SG					3#4+N1#6+T# 8 Thn de Cu Awg									





**2d. Cálculo De La Demanda Instalada Total del Sistema  
(Galpón 1 y Galpón 2)**

Calculo de la Demanda Total					
Obra	INPLASTIC S.A.				
Fecha	24/10/2013				
Subtableros	Circuito	Demanda	Balance de fases		
		Total	A	B	C
		W	W	W	W
<b>Banco Transformador # 1</b>	TDP1	320000	106667	106667	106667
<b>Banco Transformador # 2</b>	TDP2	436682	145561	145561	145561
	Total	756682	252227	252227	252227
<b>Demanda instalada Trifásica</b>	757	KW			
<b>Factor de Coincidencia</b>	0,90				
<b>Demanda máxima activa</b>	<b>681.30</b>	KW			
<b>Factor de potencia</b>	0,97				
<b>Demanda máxima aparente</b>	702.3	KVA			
<b>Demanda máxima reactiva</b>	170.7	KVAR			

## 2e. Tabla de cálculo de la potencia de la batería de condensadores

### A partir de la potencia en kW y del $\cos \varphi$ de la instalación

La tabla nos da en función del  $\cos \varphi$  de la instalación antes y después de la compensación, un coeficiente a multiplicar por la potencia activa para encontrar la potencia de la batería de condensadores a instalar.

Antes de la compensación		Potencia del condensador en kVAR a instalarse por kW de carga para elevar el factor de potencia ( $\cos \varphi$ ) o la $\tan \varphi$ a:														
$\tan \varphi$	$\cos \varphi$	$\tan \varphi$	0.75	0.59	0.48	0.46	0.43	0.40	0.36	0.33	0.29	0.25	0.20	0.14	0.00	
		$\cos \varphi$	0.8	0.86	0.9	0.91	0.92	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97	0.98	0.99	1	
2.29	0.40	1.541	1.698	1.807	1.836	1.865	1.896	1.928	1.963	2.000	2.041	2.088	2.149	2.291		
2.22	0.41	1.475	1.631	1.740	1.769	1.799	1.829	1.862	1.896	1.933	1.974	2.022	2.082	2.225		
2.16	0.42	1.411	1.567	1.676	1.705	1.735	1.766	1.798	1.832	1.869	1.910	1.958	2.018	2.161		
2.10	0.43	1.350	1.506	1.615	1.644	1.674	1.704	1.737	1.771	1.808	1.849	1.897	1.957	2.100		
2.04	0.44	1.291	1.448	1.557	1.585	1.615	1.646	1.678	1.712	1.749	1.790	1.838	1.898	2.041		
1.98	0.45	1.235	1.391	1.500	1.529	1.559	1.589	1.622	1.656	1.693	1.734	1.791	1.842	1.985		
1.93	0.46	1.180	1.337	1.446	1.475	1.504	1.535	1.567	1.602	1.639	1.680	1.727	1.788	1.930		
1.88	0.47	1.128	1.285	1.394	1.422	1.452	1.483	1.515	1.549	1.586	1.627	1.675	1.736	1.878		
1.83	0.48	1.078	1.234	1.343	1.372	1.402	1.432	1.465	1.499	1.536	1.577	1.625	1.685	1.828		
1.78	0.49	1.029	1.186	1.295	1.323	1.353	1.384	1.416	1.450	1.487	1.528	1.576	1.637	1.779		
1.73	0.50	0.982	1.139	1.248	1.276	1.306	1.337	1.369	1.403	1.440	1.481	1.529	1.590	1.732		
1.69	0.51	0.937	1.093	1.202	1.231	1.261	1.291	1.324	1.358	1.395	1.436	1.484	1.544	1.687		
1.64	0.52	0.893	1.049	1.158	1.187	1.217	1.247	1.280	1.314	1.351	1.392	1.440	1.500	1.643		
1.60	0.53	0.850	1.007	1.116	1.144	1.174	1.205	1.237	1.271	1.308	1.349	1.397	1.458	1.600		
1.56	0.54	0.809	0.965	1.074	1.103	1.133	1.163	1.196	1.230	1.267	1.308	1.356	1.416	1.559		
1.52	0.55	0.768	0.925	1.034	1.063	1.092	1.123	1.156	1.190	1.227	1.268	1.315	1.376	1.518		
1.48	0.56	0.729	0.886	0.995	1.024	1.053	1.084	1.116	1.151	1.188	1.229	1.276	1.337	1.479		
1.44	0.57	0.691	0.848	0.957	0.986	1.015	1.046	1.079	1.113	1.150	1.191	1.238	1.299	1.441		
1.40	0.58	0.655	0.811	0.920	0.949	0.979	1.009	1.042	1.076	1.113	1.154	1.201	1.262	1.405		
1.37	0.59	0.618	0.775	0.884	0.913	0.942	0.973	1.006	1.040	1.077	1.118	1.165	1.226	1.368		
1.33	0.60	0.583	0.740	0.849	0.878	0.907	0.938	0.970	1.005	1.042	1.083	1.130	1.191	1.333		
1.30	0.61	0.549	0.706	0.815	0.843	0.873	0.904	0.936	0.970	1.007	1.048	1.096	1.157	1.299		
1.27	0.62	0.515	0.672	0.781	0.810	0.839	0.870	0.903	0.937	0.974	1.015	1.062	1.123	1.265		
1.23	0.63	0.483	0.639	0.748	0.777	0.807	0.837	0.870	0.904	0.941	0.982	1.030	1.090	1.233		
1.20	0.64	0.451	0.607	0.716	0.745	0.775	0.805	0.838	0.872	0.909	0.950	0.998	1.058	1.201		
1.17	0.65	0.419	0.576	0.685	0.714	0.743	0.774	0.806	0.840	0.877	0.919	0.966	1.027	1.169		
1.14	0.66	0.388	0.545	0.654	0.683	0.712	0.743	0.775	0.810	0.847	0.888	0.935	0.996	1.138		
1.11	0.67	0.358	0.515	0.624	0.652	0.682	0.713	0.745	0.779	0.816	0.857	0.905	0.966	1.108		
1.08	0.68	0.328	0.485	0.594	0.623	0.652	0.683	0.715	0.750	0.787	0.828	0.875	0.936	1.078		
1.05	0.69	0.299	0.456	0.565	0.593	0.623	0.654	0.686	0.720	0.757	0.798	0.846	0.907	1.049		
1.02	0.70	0.270	0.427	0.536	0.565	0.594	0.625	0.657	0.692	0.729	0.770	0.817	0.878	1.020		
0.99	0.71	0.242	0.398	0.508	0.536	0.566	0.597	0.629	0.663	0.700	0.741	0.789	0.849	0.992		
0.96	0.72	0.214	0.370	0.480	0.508	0.538	0.569	0.601	0.635	0.672	0.713	0.761	0.821	0.964		
0.94	0.73	0.186	0.343	0.452	0.481	0.510	0.541	0.573	0.608	0.645	0.686	0.733	0.794	0.936		
0.91	0.74	0.159	0.316	0.425	0.453	0.483	0.514	0.546	0.580	0.617	0.658	0.706	0.766	0.909		
0.88	0.75	0.132	0.289	0.398	0.426	0.456	0.487	0.519	0.553	0.590	0.631	0.679	0.739	0.882		
0.86	0.76	0.105	0.262	0.371	0.400	0.429	0.460	0.492	0.526	0.563	0.605	0.652	0.713	0.855		
0.83	0.77	0.079	0.235	0.344	0.373	0.403	0.433	0.466	0.500	0.537	0.578	0.626	0.686	0.829		
0.80	0.78	0.052	0.209	0.318	0.347	0.376	0.407	0.439	0.474	0.511	0.552	0.599	0.660	0.802		
0.78	0.79	0.026	0.183	0.292	0.320	0.350	0.381	0.413	0.447	0.484	0.525	0.573	0.634	0.776		
0.75	0.80		0.157	0.266	0.294	0.324	0.355	0.387	0.421	0.458	0.499	0.547	0.608	0.750		
0.72	0.81		0.131	0.240	0.268	0.298	0.329	0.361	0.395	0.432	0.473	0.521	0.581	0.724		
0.70	0.82		0.105	0.214	0.242	0.272	0.303	0.335	0.369	0.406	0.447	0.495	0.556	0.698		
0.67	0.83		0.079	0.188	0.216	0.246	0.277	0.309	0.343	0.380	0.421	0.469	0.530	0.672		
0.65	0.84		0.053	0.162	0.190	0.220	0.251	0.283	0.317	0.354	0.395	0.443	0.503	0.646		
0.62	0.85		0.026	0.135	0.164	0.194	0.225	0.257	0.291	0.328	0.369	0.417	0.477	0.620		
0.59	0.86			0.109	0.138	0.167	0.198	0.230	0.265	0.302	0.343	0.390	0.451	0.593		
0.57	0.87			0.082	0.111	0.141	0.172	0.204	0.238	0.275	0.316	0.364	0.424	0.567		
0.54	0.88				0.055	0.084	0.114	0.145	0.177	0.211	0.248	0.289	0.337	0.397	0.540	
0.51	0.89				0.028	0.057	0.086	0.117	0.149	0.184	0.221	0.262	0.309	0.370	0.512	
0.48	0.90					0.029	0.058	0.089	0.121	0.156	0.193	0.234	0.281	0.342	0.484	