

**Corrección del Factor de Potencia de la Planta Alcohólica de PETROPAR situada en la
ciudad de Mauricio J. Troche.**

**Correction of the Power Factor of the PETROPAR Alcohol Plant located in the city of
Mauricio J. Troche.**

Víctor Díaz¹

Edgar Gonzalez²

Recibido: 24/06/2017

Aceptado: 12/07/2017

Resumen: la siguiente investigación tiene como objetivo determinar el valor de los capacitores a instalarse para la corrección del Factor de Potencia de la Planta Alcohólica de PETROPAR ubicada en la ciudad de Mauricio J. Troche. Para ello se realiza una recolección de datos técnicos de la planta en relación a esta problemática, luego se procede a analizarlos y se plantea la solución final a través de un método de cálculo matemático.

Palabras Claves: energía activa, energía reactiva, capacitores, factor de potencia.

Abstract: the following research aims to determine the value of the capacitors to be installed for the correction of the Power Factor of the PETROPAR Alcohol Plant located in the city of Mauricio J. Troche. For this, a technical data collection of the plant is performed in relation to this problem, then proceed to analyze them and the final solution is proposed through a mathematical calculation method.

Key Words: active energy, reactive power, capacitors, power factor.

INTRODUCCIÓN

Con el siguiente trabajo de investigación se plantea dar una solución a la problemática del bajo factor de potencia que registra actualmente la Planta Alcohólica de PETROPAR situada en la ciudad de Mauricio J. Troche.

Esta problemática se viene desarrollando en la planta desde hace varios años. Para el presente trabajo hemos seleccionado hacer un análisis de estudio del año 2.016.

¹ Ingeniero, Docente investigador de la Universidad Americana. Email: victor.diaz@americana.edu.py

² Ingeniero, Docente investigador de la Universidad Americana. Email: edgbaq@gmail.com

Para ello, debemos conocer a la empresa de PETROPAR, verificar los valores actuales de factor de potencia de la Planta Alcoholera y presentar una solución de carácter técnico.

PETROPAR

Misión

“Suministrar hidrocarburos y biocombustibles con énfasis en el cuidado del medio ambiente, administrando racionalmente sus recursos e innovación y calidad, a fin de satisfacer los requerimientos del mercado nacional conforme a las regulaciones vigentes, en línea con las políticas de Estado, contribuyendo al desarrollo sostenible del Paraguay”

Visión

“Ser una empresa del Estado rentable y estratégica, líder en toda la cadena de hidrocarburos y biocombustibles; referente nacional, reconocida por su eficiencia, calidad, transparencia y responsabilidad ambiental y social”

Funciones principales

- Industrialización del Petróleo y sus Derivados.
- Comercialización, Transporte y Distribución de Hidrocarburos y sus Derivados.
- Prospección y Explotación de Yacimiento Petrolíferos.
- Venta Minorista.

Ley N° 1.182/85 que crea Petróleos Paraguayos (PETROPAR) y establece su carta orgánica.

El congreso de la nación paraguaya sanciona con fuerza de Ley:

I Naturaleza, denominación y domicilio

Artículo 1°. Créase la Entidad Autárquica del Estado con la denominación de Petróleos Paraguayos (PETROPAR) descentralizada de la Administración Central, de duración ilimitada, con personería jurídica y patrimonio propio. Esta Entidad se regirá por las disposiciones de ésta Ley, por las normas del Derecho Público y supletoriamente por las del Derecho Privado.

Artículo 2°. PETROPAR tendrá su domicilio legal en la Ciudad de Asunción y podrá establecer Plantas Industriales, Agencias y Representaciones en el país o en el extranjero, por Resolución del Consejo de Administración.

Artículo 3°. Las relaciones de PETROPAR con el Poder Ejecutivo serán mantenidas por conducto del Ministerio de Industria y Comercio.

Para sus operaciones industriales, comerciales y funcionales, podrá establecer vínculos directos con las demás dependencias gubernativas e igualmente con el sector privado.

II Objeto y funciones

Artículo 4°. PETROPAR tiene por objeto y funciones:

- a) Industrializar el petróleo y sus derivados y realizar otras actividades afines;
- b) Efectuar prospección, exploración, evaluación y explotación de yacimientos de hidrocarburos en el territorio de la República, de acuerdo con las Leyes vigentes;
- c) Importar, exportar, reembarcar, realizar operaciones de Admisión Temporal y Draw Back de hidrocarburos, sus derivados y afines, conforme a la Ley;
- d) Realizar el transporte, almacenamiento, refinación y distribución de los hidrocarburos, sus derivados y afines;
- e) Ejercer el comercio de hidrocarburos y sus derivados en el mercado nacional e internacional;
- f) Realizar cualesquiera actos y operaciones y toda clase de Contrato y negocio que se relacione con el objeto y fines de la Entidad, tales e inmuebles; construir y aceptar cauciones reales, celebrar Contratos de Créditos, girar, negociar cualquier clase de instrumento negociable, promover y ejecutar todo tipo de negocios comerciales y civiles y desarrollar actividades industriales relacionadas directamente con su objetivo; y
- g) Realizar el control de calidad de hidrocarburos y sus derivados en coordinación con el Instituto Nacional de Tecnología y Normalización.

¿Cómo funciona PETROPAR?

Los combustibles que **PETROPAR** suministra a los consumidores de gasoil, nafta y alcohol, son objeto de una compleja logística de producción en origen, a lo que le sigue en transporte, procesos legales de compras y de varios servicios bien armonizados hasta que el producto llegue finalmente a los tanques.

Los hidrocarburos provienen de las compras mayoristas que la Empresa realiza en el exterior (importación) y del proceso de extracción de la caña de azúcar en su Planta Industrial de Mauricio José Troche (Guairá), donde intervienen activamente productores agrícolas de materia prima, con su consecuente efecto multiplicador positivo en el campo.

PETROPAR garantiza el fluido abastecimiento del mercado de derivados del petróleo en virtud de contratos de provisión y de fletes fluviales, con empresas que operan en el mercado internacional y que resultaron del proceso de Subasta a la Baja Electrónica y a través de compras directas realizadas, siempre por conducto de la Dirección General de Contrataciones Públicas.

El suministro del alcohol absoluto utilizado en las mezclas con los diversos tipos de Naftas, según normativas legales vigentes, responde a criterios sociales e industriales, pero siempre manteniendo una mínima rentabilidad en la cadena de producción del mencionado biocombustible.

A la par de la esperanza de que Paraguay pueda explotar petróleo dentro de su territorio, es una realidad presente que el Paraguay es un país no productor, lo que obligó a desarrollar los agrocombustibles.

El suministro de derivados del petróleo es realizado por los proveedores en la zona del Río Paraná Guazú (Argentina), desde donde las empresas adjudicadas para el flete fluvial asumen la custodia y el traslado de la carga hasta el puerto de Petropar, en Villa Elisa, a orillas del Río Paraguay.

El transporte de alcohol desde la Planta de Mauricio J. Troche hasta Villa Elisa es realizado por varias firmas nacionales de flete terrestre, así como vehículos cisternas propias de Petropar.

PETROPAR también realiza operaciones de almacenamiento de Gas Licuado de Petróleo (GLP), a fin de garantizar una reserva nacional del citado producto en los meses críticos de invierno, para lo cual tiene habilitada 4 esferas en su Planta de Villa Elisa con una capacidad estimada de 3.200 toneladas de GLP. (Actualmente fuera de operación por mantenimiento).

A este tiempo, PETROPAR Ñanemba'e ya tiene presencia en el mercado minorista a través de una red de estaciones de servicios, tanto propias como de inversionistas privados, con quienes se firmó acuerdos comerciales satisfactorios para ambas partes.

Esquema de funcionamiento de PETROPAR



Fuente: <http://petropar.gov.py>

Planta Alcohólica de Mauricio José Troche (objeto de estudio)

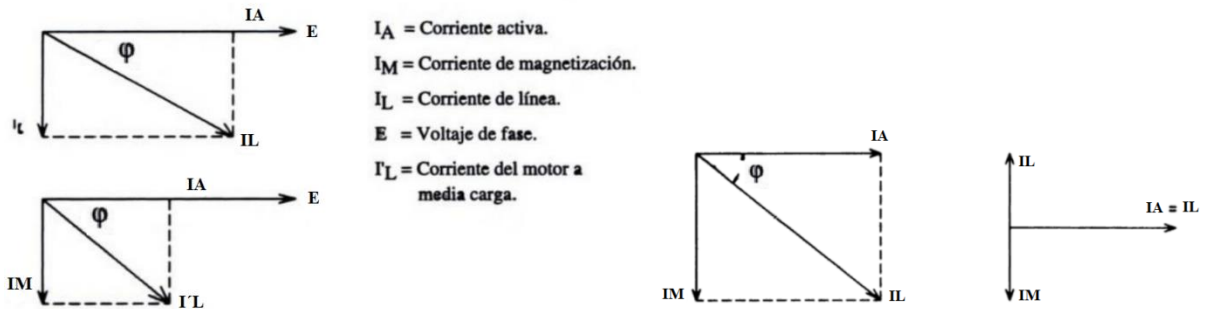


• Fuente: <http://petropar.gov.py>

Corrección del Factor de Potencia

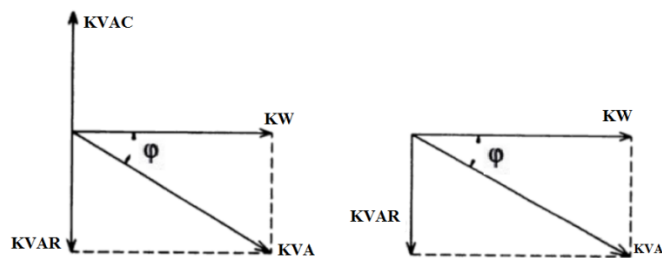
Como se sabe, los motores de inducción en corriente alterna al igual que otros aparatos que operan bajo el principio de inducción electromagnética, requieren de una corriente de magnetización en sus circuitos, ésta se encuentra atrasada 90° con respecto a la corriente activa que demanda el motor y que se puede considerar en fase con el voltaje. Dado que estas dos corrientes son cantidades vectoriales, la resultante se le conoce como la corriente de línea que demanda el motor y que forma un ángulo ϕ con respecto a la corriente activa. El coseno

de este ángulo es lo que se conoce como el *factor de potencia* y el valor de potencia activa depende del valor de este ángulo. Debido que la corriente de magnetización en el motor se mantiene constante cualquiera que sea la carga, el factor de potencia de un motor varía con la carga, siendo menor cuando la misma disminuye.



Fuente: Enríquez Harper, 1998.

Para la representación vectorial, frecuentemente se emplean potencias en lugar de corrientes.



Fuente: Enríquez Harper, 1998.

Donde:

KVA: Potencia aparente a factor de potencia con ángulo ϕ .

KW : Potencia activa.

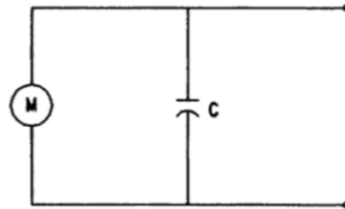
KVAR: Potencia reactiva (inductiva).

KVAC: Potencia del banco de capacitores.

ϕ : Angulo inicial.

De los diagramas anteriores se observa que si $I'_L = I_L/2$ entonces el $\cos\phi_1$ es menor que $\cos\phi_2$, y como mientras el factor de potencia esté más próximo al valor unitario, es mejor para la instalación. Por lo tanto, conviene que si no es posible que este valor sea unitario, esté tan próximo a la unidad como sea posible, con lo cual, además de cumplir con los requerimientos de la compañía suministradora que establece que sea no menor a 0.92, se tiene un ahorro en el calibre de los conductores que alimentan los motores.

Los capacitores producen un efecto contrario al efecto reactivo, o sea, una corriente adelantada 90° con respecto a la corriente activa y al voltaje, por lo que si se conecta junto al motor un condensador de capacidad adecuada, de tal forma que contrarreste el efecto de la reactancia IM, el ángulo ϕ se puede variar, de manera que se ajuste a un valor conveniente.



Fuente: Enríquez Harper, 1998.

De los diagramas anteriores se tiene:

$$KW = KVA \cdot \cos\phi$$

$$KVA = \frac{KW}{\cos\phi}$$

$$KVAR = KVA \cdot \sin\phi$$

$$KVA = KVAR - KVAR'$$

Donde:

$$KVAR' = KVAR - KVAC$$

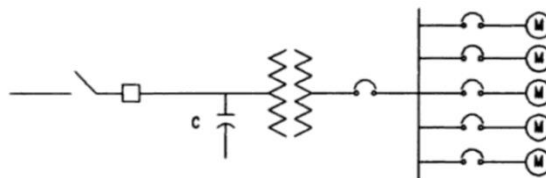
$$\phi = \text{Angulo corregido}$$

$$KVAR' = \text{Nueva potencia reactiva a } \cos\phi.$$

Instalación de Capacitores

En las instalaciones de fuerza existen básicamente tres formas distintas de instalar los capacitores para corrección del factor de potencia que se indican a continuación:

- a) Conexión del banco de capacitores en el lado de alta tensión.



Fuente: Enríquez Harper, 1998.

Con este método se corrige el factor de potencia de toda una planta, ofrece las ventajas siguientes:

- Reduce el pago a la compañía suministradora por bajo factor de potencia.

- El costo del banco de capacitores es menor debido a que es más barato comprar capacitores para alta tensión.

Las desventajas que se pueden tener son:

- Requiere de mayor cuidado para su instalación, protección y operación.
- No se tiene un ahorro por reducción en el calibre de los conductores en alimentadores y circuitos derivados de motores instalados en el secundario de los transformadores.

Este método se recomienda en instalaciones pequeñas.

b) Conexión de capacitores a las terminales del motor.

La demanda de potencia reactiva de un motor de inducción varía con las condiciones de carga, disminuyendo apreciablemente en condiciones de baja carga. Por consiguiente, cuando se compensa individualmente este tipo de motores, el capacitor o banco de capacitores instalado no debe ajustarse a las condiciones de plena carga, ya que esto podría originar un exceso de potencia reactiva cuando se opere el motor en condiciones de baja carga o marcha en vacío. (Enríquez Harper, 1998)

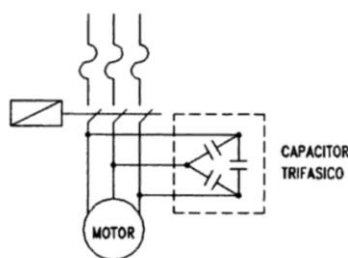
Por otra parte, el tamaño del banco de capacitores también resulta limitado por el fenómeno de autoexcitación del motor, que se puede originar en el momento de la desconexión. Cuando se desconecta un motor de inducción al que se han instalado capacitores de potencia, la tensión entre bornes de conexión no baja rápidamente a cero, como sucede cuando se desconecta un motor sin capacitores. Esto es debido a que la corriente de descarga de los capacitores mantiene un cierto campo magnético en las bobinas del motor, induciéndose una tensión de autoexcitación, mientras el motor sigue girando por su propia inercia. Si los capacitores están excedidos en potencia reactiva, esta tensión puede alcanzar valores considerablemente más altos que la tensión nominal del motor, poniendo en peligro tanto al asilamiento del motor como a los capacitores mismos. (Enríquez Harper, 1998)

Para evitar estos problemas, debe procurarse que la potencia del banco de capacitores no exceda a la potencia reactiva requerida por el motor para la marcha en vacío. Corrigiendo el factor de potencia en vacío a un valor próximo al 100%, puede obtenerse un factor de potencia a plena carga del orden del 95%, sin que exceda en ningún momento la demanda de potencia reactiva del motor.

Desde un punto de vista de seguridad industrial, es conveniente tener en cuenta la existencia de las tensiones de autoexcitación en el motor para tomar las medidas convenientes

y se eviten accidentes, ya que el personal puede creer que no existe tensión una vez que ha sido desconectado el motor y se corre el riesgo de algún percance.

Cuando se pretende compensar individualmente un motor trifásico de inducción, cuya operación se efectúe por medio de un contacto tripolar, la conexión del capacitor o banco de capacitores puede efectuarse tal como se indica a continuación:



**CONEXION DE UN BANCO DE CAPACITORES, ACOPLADO EN UN
MOTOR DE INDUCCION TRIFASICO CON CONTACTOR TRIPOLAR**

Fuente: Enríquez Harper, 1998.

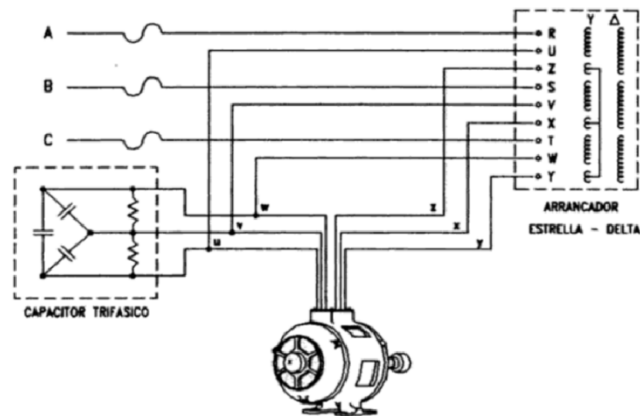
Con este tipo de conexión, los capacitores quedan protegidos con los mismos fusibles del motor. Además, no es necesario contar con las resistencias de descarga, ya que los capacitores se descargan a través del devanado del motor.

Cuando el motor esté protegido con elementos térmicos, es conveniente tener la precaución de cambiarlos, ajustándolos a la nueva corriente que toma el motor con los capacitores, la cual debe ser más baja que la del motor sin capacitores.

Cuando se usan arrancadores estrella – delta, puede ocurrir que al cambiar de conexión con el arrancador, la pérdida de sincronismo entre la tensión residual de los capacitores y la tensión de la red, produzca una fuerte autoexcitación del motor en el momento de restablecerse el contacto, originándose sobretensiones excesivas que puedan dañar las bobinas del motor. Para evitar este problema, existen en el mercado arrancadores especiales para operar motores con capacitores. En la práctica, frecuentemente se instalan capacitores en motores con arranque normal a pleno voltaje.

Esto se puede hacer sin dificultad si se toman en cuenta las siguientes recomendaciones:

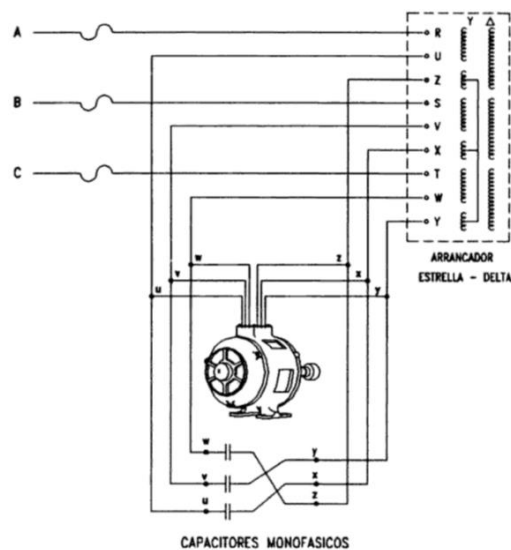
1. En motores de potencia nominal inferior a 7.5 HP el problema no es grave y puede efectuarse la conexión indicada:



Fuente: Enríquez Harper, 1998.

De esta manera cada fase del capacitor o capacitores instalados queda en vacío en el momento del cambio de conexión, manteniendo un cierto potencial en las bobinas del motor. Al desconectarse el motor, las fases de los capacitores vuelven a quedar en vacío y en serie con los devanados, por lo que se requieren resistencias de descarga.

2. En motores cuya potencia nominal esté comprendida entre 7.5 y 25 HP se pueden instalar capacitores monofásicos como se indica:



Fuente: Enríquez Harper, 1998.

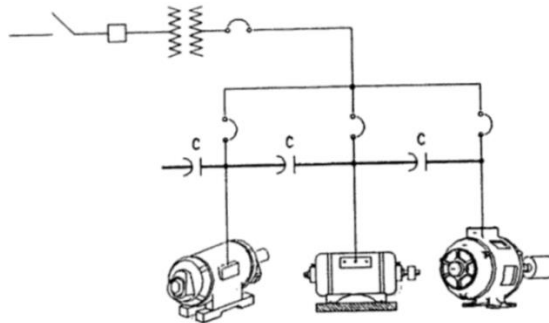
En este caso, cada capacitor queda conectado permanentemente en paralelo con un devanado del motor. De esta forma, se produce una descarga rápida a través de dicho devanado; con lo que no es necesario contar con resistencias de descarga.

Con este método de conexión se tienen las siguientes ventajas:

- Se reduce la cuota de pago a la compañía suministradora por bajo factor de potencia.

- Se tiene un ahorro en: conductores por reducción del calibre y otro por pérdidas por efecto Joule.
- Se reduce la potencia que se demanda a la subestación.
- Se mejora la regulación en los motores eléctricos.

Como principal desventaja se tiene su alto costo inicial, ya que se tiene que instalar un banco de capacitores por cada motor.



Fuente: Enríquez Harper, 1998.

Este método se recomienda para la compensación individual de algunos motores, cuando no todas las usadas en una instalación lo requieran.

c) Compensación mixta.

En algunas instalaciones industriales en donde se instalan grandes motores y equipos que consumen extensas cantidades de potencia reactiva (inductiva), puede ser posible adoptar una combinación de las alternativas anteriores, que viene a ser una solución mixta que consiste en compensar individualmente los aparatos de gran consumo de energía e instalar para el resto de la carga un solo banco, ya sea fijo o seccionado en partes desconectables localizado en el tablero de baja tensión.

Ejemplo en la Tabla 4.2

Para una carga de 600 KW a 80% de factor de potencia, la cantidad KVA capacitivos necesarios para corregir el factor de potencia a 85%, se obtienen de la tabla tomando el factor 0.130 correspondiente al factor de potencia existente de 80% y el deseado de 85%, multiplicando por los KW de carga, así: $0.130 \times 600 = 78$ KVA Capacitivos. (Enríquez Harper, 1998)

TABLA 4.2

CORRECCION DE FACTOR DE POTENCIA

FACTORES DE MULTIPLICACION POR CARGA EN KW
 PARA OBTENER KVA-CAPACITIVOS NECESARIOS
 PARA CORREGIR EL FACTOR DE POTENCIA DESEADO

FACTOR DE POTENCIA EXISTENTE (%)	FACTOR DE POTENCIA CORREGIDO					
	100%	95%	90%	85%	80%	75%
50	1.732	1.403	1.247	1.112	0.982	0.850
52	1.643	1.314	1.158	1.023	0.893	0.761
54	1.558	1.229	1.073	0.938	0.808	0.676
55	1.518	1.189	1.033	0.898	0.768	0.636
56	1.479	1.150	0.994	0.859	0.729	0.597
58	1.404	1.075	0.919	0.784	0.654	0.522
60	1.333	1.004	0.848	0.743	0.583	0.451
62	1.265	0.936	0.780	0.645	0.515	0.383
64	1.201	0.872	0.716	0.581	0.451	0.319
65	1.168	0.839	0.683	0.548	0.418	0.286
66	1.139	0.810	0.654	0.519	0.389	0.257
68	1.078	0.749	0.593	0.458	0.328	0.196
70	1.020	0.691	0.535	0.400	0.270	0.138
72	0.964	0.635	0.479	0.344	0.214	0.082
74	0.909	0.580	0.424	0.289	0.159	0.027
75	0.882	0.553	0.397	0.262	0.132	
76	0.855	0.526	0.370	0.325	0.405	
78	0.802	0.473	0.317	0.182	0.052	
80	0.750	0.421	0.265	0.130		
82	0.698	0.369	0.213	0.078		
84	0.646	0.317	0.161			
85	0.620	0.291	0.135			
86	0.594	0.265	0.109			
88	0.540	0.211	0.055			
90	0.485	0.166				
92	0.426	0.097				
94	0.363	0.034				
95	0.329					

Fuente: Enríquez Harper, 1998.

Algunos factores de potencia típicos encontrados en distintos tipos de industrias se dan en la Tabla 4.4. Se debe hacer énfasis en que estos valores son sólo de referencia, ya que pueden variar de instalación a instalación.

METODOLOGIA

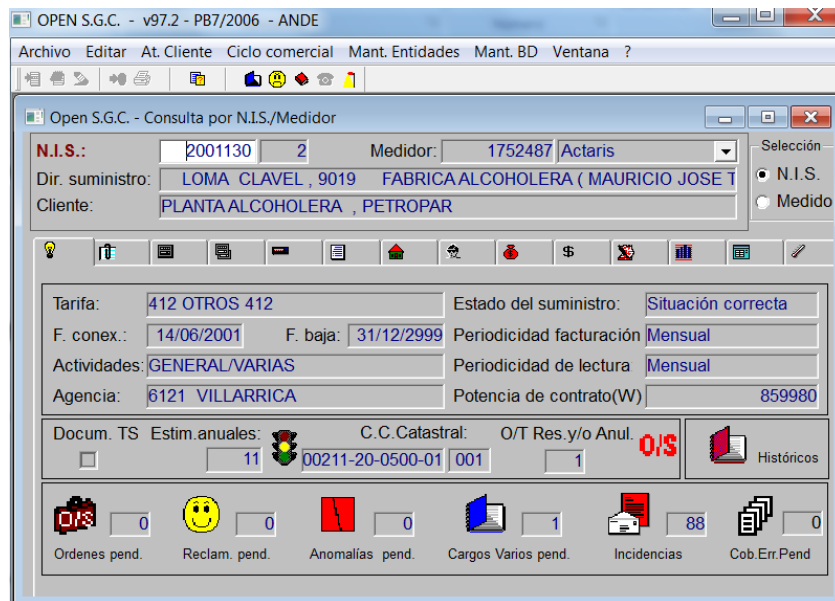
El método utilizado es el científico, debido que el estudio se efectuó en base a los datos técnicos como son el factor de potencia de la Planta Alcohólica, la potencia instalada de la Planta, los consumos de energía activa y energía reactiva, todo esto a través del instrumento de recolección de datos que fue el Software OPEN S.G.C, Sistema Comercial de ANDE. Finalmente se plantea una solución técnica para corregir el bajo factor de potencia de la Planta. La investigación es del tipo aplicada.

Con los datos técnicos recolectados procedimos a realizar un análisis de los valores registrados en cuanto al factor de potencia, y determinamos cual será el nuevo valor del factor de potencia a través de una fórmula matemática y así dimensionar los capacitores a instalar.

RESULTADOS

A través del Software OPEN S.G.C que es el Sistema Comercial de ANDE hemos recabado los datos técnicos de potencia instalada (W) de la Planta Alcoholar, factor de potencia registrado, consumos de energía activa y energía reactiva registrados en el año 2.016, detalles de factura de agosto 2.017, y los diferentes importes en guaraníes.

Potencia Instalada (W) de la Planta Alcoholar: 859.980W



Fuente: Software OPEN S.G.C.

Factor de Potencia registrado en agosto 2.017: 0.86

Sec-Fact	Consumo (kWh)	Potencia (W)	Importe (G.)	Refact.	Datos de la Factura Anulada Fecha	Factor de Potencia
17 0	756.574	859980	258.752.000	<input type="checkbox"/>	FP agosto 2017	0,86
17 0	594.364	859980	230.737.000	<input type="checkbox"/>		0,85
17 0	445.471	859980	224.379.000	<input type="checkbox"/>		0,83
17 0	225.156	859980	102.398.000	<input type="checkbox"/>		0,80
17 0	197.313	859980	87.910.000	<input type="checkbox"/>		0,83
17 0	197.313	859980	66.496.000	<input type="checkbox"/>		0,83

Fuente: Software OPEN S.G.C

Consumo de Energía Activa e Importes Facturados año 2.016

Administración Nacional de Electricidad (ANDE)		23/08/2017					
		Pág. 1 of 1					
Histórico de Consumos e Importes Facturados							
NIS : 2001130		Cliente : PLANTA ALCOHOLERA , PETROPAR					
Fecha Fact.	Sec-Fact	Consumo kWh	Potencia (W)	Importe (G.)	Refact.	Datos de la Factura Anulada Fecha Sec-Fact	Factor de Lectura Potencia Real
14/12/2016	0	435.787	859980	147.600.000	<input type="checkbox"/>		0,83 <input checked="" type="checkbox"/>
16/11/2016	0	668.206	859980	171.643.000	<input type="checkbox"/>		0,85 <input checked="" type="checkbox"/>
17/10/2016	0	812.258	859980	201.174.000	<input type="checkbox"/>		0,85 <input checked="" type="checkbox"/>
14/09/2016	0	677.891	859980	177.189.000	<input type="checkbox"/>		0,85 <input checked="" type="checkbox"/>
16/08/2016	0	815.889	859980	178.482.000	<input type="checkbox"/>		0,85 <input checked="" type="checkbox"/>
13/07/2016	0	605.259	859980	156.178.000	<input type="checkbox"/>		0,83 <input checked="" type="checkbox"/>
16/06/2016	0	331.682	859980	100.081.000	<input type="checkbox"/>		0,83 <input checked="" type="checkbox"/>
13/05/2016	0	221.524	859980	69.724.000	<input type="checkbox"/>		0,82 <input checked="" type="checkbox"/>
14/04/2016	0	141.630	859980	63.658.000	<input type="checkbox"/>		0,00 <input checked="" type="checkbox"/>
11/03/2016	0	179.156	859980	67.126.000	<input type="checkbox"/>		0,00 <input checked="" type="checkbox"/>
15/02/2016	0	246.946	859980	82.734.000	<input type="checkbox"/>		0,00 <input checked="" type="checkbox"/>
12/01/2016	0	165.840	859980	56.793.000	<input type="checkbox"/>		0,00 <input checked="" type="checkbox"/>

Fuente: Software OPEN S.G.C.

Consumo de Energía Reactiva

Tipo de consumo	Lectura	Csmo (kWh)	Fecha de Lectura	Fecha de Fact.	Cte. Lect.	Coef.	Tipo de Lectura	Anomalia de Lectura
NIS : 2001130		Nro. Med. : 1752487		Marca : Actaris				
Reactiva MT	1093	458787	14/08/2017	14/08/2017	1	0	Ciclo de lectura	
Reactiva MT	714	364366	12/07/2017	12/07/2017	1	0	Ciclo de lectura	
Reactiva MT	413	298998	13/06/2017	13/06/2017	1	0	Lectura aportada	
Reactiva MT	166	170683	10/05/2017	10/05/2017	1	0	Lectura aportada	
Reactiva MT	25	131946	10/04/2017	10/04/2017	1	0	Lectura aportada	
Reactiva MT	9916	131946	13/03/2017	13/03/2017	1	0	Ciclo de lectura	
Reactiva MT	9807	167051	15/02/2017	15/02/2017	1	0	Ciclo de lectura	
Reactiva MT	9669	147683	13/01/2017	13/01/2017	1	0	Ciclo de lectura	
Reactiva MT	9547	289314	14/12/2016	14/12/2016	1	0	Ciclo de lectura	
Reactiva MT	9308	417629	16/11/2016	16/11/2016	1	0	Ciclo de lectura	
Reactiva MT	8963	507207	17/10/2016	17/10/2016	1	0	Ciclo de lectura	
Reactiva MT	8544	421260	14/09/2016	14/09/2016	1	0	Ciclo de lectura	
Reactiva MT	8196	503576	16/08/2016	16/08/2016	1	0	Ciclo de lectura	
Reactiva MT	7780	407945	13/07/2016	13/07/2016	1	0	Ciclo de lectura	
Reactiva MT	7443	225156	16/06/2016	16/06/2016	1	0	Ciclo de lectura	
Reactiva MT	7257	152525	13/05/2016	13/05/2016	1	0	Ciclo de lectura	
Reactiva MT	7131	139209	14/04/2016	14/04/2016	1	0	Ciclo de lectura	
Reactiva MT	7016	139209	11/03/2016	11/03/2016	1	0	Ciclo de lectura	
Reactiva MT	6901	169472	15/02/2016	15/02/2016	1	0	Ciclo de lectura	
Reactiva MT	6761	98052	12/01/2016	12/01/2016	1	0	Ciclo de lectura	

Fuente: Software OPEN S.G.C.

Factura agosto 2017

FACTURA CREDITO
ADMINISTRACION NACIONAL DE ELECTRICIDAD
FACTURA DE ENERGIA ELECTRICA - DUPLICADO
 Avda. España 1268 - Asunción - RUC 80009735-1

Nro.Factura: 0200113002170814
 N° Timbrado: 0
 Válido hasta:
 C.C.C.:
 N.I.R. : 0.2001130.02-14/08/17
 Distribución: 6 - 20 - 390
 Agencia: VILLARRICA

Nombre : PETROLEOS DEL PARAGUAY,
 Dirección: CHILE 753 09, 0 -ASUNCION
 Tit. Contrato: PETROPAR PLANTA ALCOHOL Dir.Sum.: LOMA CLAVEL 9019

Ciclo: 2017/08 Período Consumo: 12/07/2017 - 14/08/2017 Emisión: 31/12/99 Vencimiento: 31/12/2999
 Categoría: 412 - OTROS 412 CI/RUC: 99970000000072 Actividad: GENERAL/VARIAS

Información de Consumos							Detalle de Facturación	
Número de Medidor	Tipo de Consumo	Lectura Anterior	Lectura Actual	Constante	Csmo. Result.	Csmo. Min.	Concepto	Importe en G.
1752487	Potencia F	6.160	6.264	12	1.258	0	Recargo por Mora 10%	169.984
1752487	Potencia P	5.057	5.159	12	1.234	0	Importe del redondeo	450
1752487	Reactiva M	714	1.093	1210	458.787	0	Potencia Reservada 10%	35.368.360
1752487	Activa fue	2.064	2.595	1210	642.786	0	Energia Activa PC 10%	37.769.651
1752487	Activa pun	3.496	3.590	1210	113.788	0	Energia Activa FPC 10'	93.094.696
							Energia Reactiva 10%	33.988.652
							Exceso Pot Reserv, 10%	34.838.134
							Total sin Comis.	**258.752.000
							Comisión + IVA	*****7.000
							Total con Comis.	**258.759.000

Fuente: Software OPEN S.G.C.

Factor de Potencia año 2016

Planta alcoholera de PETROPAR	
Ciudad: Mauricio José Troche	Departamento: Guaira
Factor de Potencia - Año 2016	
Ciclo	FP
ene-16	0.86
feb-16	0.82
mar-16	0.79
abr-16	0.71
may-16	0.82
jun-16	0.83
jul-16	0.83
ago-16	0.85
sep-16	0.85
oct-16	0.85
nov-16	0.85
dic-16	0.83
FP = 0.92 mínimo exigido por ANDE	

Fuente: Software OPEN S.G.C.

Importe de Energía Reactiva año 2.016

<u>Planta alcoholera de PETROPAR</u>		
Ciudad: Mauricio José Troche		Departamento: Guaira
Importes de Energía Reactiva - Año 2016		
Ciclo	Sin IVA	Con IVA
ene-16	4.226.225	4.648.848
feb-16	10.224.980	11.247.478
mar-16	10.028.827	11.031.710
abr-16	12.518.102	13.769.912
may-16	9.356.463	10.292.109
jun-16	13.532.685	14.885.954
jul-16	24.530.457	26.983.503
ago-16	25.131.801	27.644.981
sep-16	22.028.968	24.231.865
oct-16	27.237.136	29.960.850
nov-16	22.337.579	24.571.337
dic-16	17.370.549	19.107.604
Importe Gs:		158.570.598
Total Gs :		158.570.598

Fuente: Software OPEN S.G.C.

En base a los datos recabados planteamos la solución técnica realizando los siguientes cálculos:

Datos

- Potencia instalada: 859.980W: **860 kW**
- Factor de potencia agosto 2.017 : **0.86**
- Factor de potencia deseado: **1**
- Factor de multiplicación según Tabla 4.2 : **0.594**

Solución

$$0.594 \times 860\text{kW} = \mathbf{510 \text{ kVA Capacitivos}}$$

CONCLUSION

De acuerdo a lo que se observa en los resultados, la planta alcoholera registra un factor de potencia a agosto 2.017 de 0.86, esta situación viene dada desde hace varios años. Para el mismo mes tenemos un importe de 33.988.652 Gs. en concepto de Energía Reactiva, si hacemos un detalle de lo registrado en el año 2.016 en este concepto tendríamos un importe de 158.570.598 Gs. en solo un año de análisis.

Este importe de 158.570598 Gs. respresenta una pérdida económica muy grande, dado que esto puede ser un ahorro muy interesante o destinarlo al pago de otros rubros de la planta.

Es importante indicar que no solo tenemos pérdidas económicas en esta situación, sino también pérdidas técnicas como daños a las instalaciones eléctricas de la planta y a las redes de distribución de energía eléctricas de la concesionaria.

Finalmente la solución sugerida para este problema sería la de corregir el Factor de Potencia al valor de 1 a través de la instalación de capacitores con un valor de 510 kVA.

Cabe destacar que en esta investigación analizamos el periodo de un año de consumo y el mes de agosto 2.017, planteamos una solución aplicando un método de cálculo a través de una Tabla con valores multiplicativos y determinamos el valor teórico de los capacitores a instalar no probable valor del mercado.

Agradecimientos: *se reconoce la colaboración de la Universidad Americana a través de su Presidente Msc. Guillermo González, de su rector Dr. Sergio Duarte, del Jefe de Carrera de Ingeniería Industrial Ing. Augusto González, así como de la Directora de Investigación Dra. Viviana Jiménez, los cuales ayudaron de diversas maneras en la investigación y dieron el apoyo necesario para la realización de la misma.*

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- <http://petropar.gov.py>
- Enríquez Harper, (1998) Manual de instalaciones eléctricas residenciales e industriales. 2° Edición. Editorial Limusa.
- Software OPEN S.G.C, Sistema Comercial de ANDE.