

# **ESTUDIO PARA IMPLANTAR UNA SUBESTACIÓN DE TRANSFERENCIA ENTRE LAS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN PASCUALES – SANTA ELENA Y ELECTROQUIL – POSORJA**

Sergio Fiallos Veintimilla<sup>1</sup>, Gustavo Bermudez<sup>2</sup>.

<sup>1</sup>Ingeniero Eléctrico en Potencia 2003.

<sup>2</sup>Director de Tesis, Ingeniero Eléctrico en Potencia, Escuela Superior Politécnica del Litoral, 1971, Magíster en Ingeniería Eléctrica, Universidad técnica Federico Santa Maria, Valparaíso, Chile, 1974, Catedrático de la ESPOL.

## **RESUMEN:**

La tesis consiste en la implantación de una subestación de transferencia (patio de maniobras) que como a continuación se expone permitirá significativas mejoras en este sistema tales como:

*Un aumento en la Confiabilidad del sistema.-* al contar con una reserva de transmisión que permitirá operar al sistema de forma normal aun faltando una de las líneas que alimentan el sistema,

*Una reducción de los costos por pérdidas en trasmisión.-* que será producto de una redistribución en los flujos de potencia por medio del cual será utilizada, sobre todo en época de baja hidrológica (en esta época se da la máxima generación anual de ELECTROQUIL) la generación térmica de ELECTROQUIL para suplir la Carga de Santa Elena y POSORJA. Este particular permitirá que al estar la carga mas cerca de la generación los costos por pérdidas se reduzcan considerablemente.

La generadora ELECTROQUIL tendrá dos opciones para transmitir su energía esto debido a la creación de una nueva configuración del sistema. Este punto además es trascendental no solo para este subsistema ya que con sus 80 MVA de generación máxima esta es una de las principales generadoras térmicas del SNI al encontrarse cerca de uno de los centros de carga as grandes como lo es la ciudad de Guayaquil.

## **INTRODUCCIÓN.**

Varias son las manifestaciones de los problemas en el suministro de energía eléctrica en el País, que afectan gravemente la eficiencia del servicio, tales como:

- Estiajes periódicos de verano que vulneran el Sistema eléctrico del país, produciendo racionamientos de energía eléctrica lo que obliga a las empresas eléctricas a adoptar medidas técnico – económicas (bajos voltajes, bajas de frecuencia, etc.) que inciden en la eficiencia del suministro eléctrico. En los períodos 92-94 la demanda insatisfecha fue cubierta con la operación de todo el parque generador termo eléctrico, sin apelar a la generación privada. En el último estiaje la generación privada (ELEC-TROQUIL, EMELEC, Etc), fue el mayor soporte en el suministro de energía para la ciudad de Guayaquil.

- Además se tiene que tomar en cuenta que no existe una reserva en generación de tipo hidráulica, ya que la poca reserva del sistema eléctrico es de generación térmica que tiene un costo marginal de generación muy por encima del costo de la generación hidráulica.
- Otro problema que va en contra de la eficiencia del sistema son las elevadas pérdidas de potencia del sistema y la baja calidad del servicio que el mismo sistema de transmisión entrega a algunas empresas distribuidoras, que sin duda atentan contra la eficiencia de la entrega de energía

Si todo esto se lo enfoca a la península, el problema de calidad de energía y de la confiabilidad que el sector eléctrico proyecta a la región es sin duda un tema que adquiere una singular importancia; mas aun si en los estatutos y reglamentos del consejo nacional de energía eléctrica (CONELEC), como política del sector eléctrico, se habla de estándares de calidad de energía y de garantía de la continuidad del sistema (confiabilidad).

Al referirse al Sistema de Trasmisión que sirve a la distribuidora EMEPE, se ha podido apreciar que este sistema no aprovecha eficientemente la cercanía de la Generadora ELECTROQUIL y que la línea de trasmisión hacia Santa Elena a 138 Kv ( siendo esta la línea que sirve a la carga mas considerable de este Subsistema) sufre considerable numero de desconexiones por mantenimientos o factores externos; Lo que es todavía más grave es que este sistema en su totalidad no posee reservas en trasmisión, por lo que el servicio que se brinda a esta importante región turística y productiva es deficiente y carente de confiabilidad.

## **CONTENIDO**

El contenido de este trabajo investigativo se encuentra dividido en 6 capítulos que a continuación se ha desarrollado :

### **CAPITULO I “ASPECTO ECONÓMICO DE LA REGIÓN.”**

En este capitulo se ha hecho un estudio económico sobre la situación productiva de la región. Para este estudio se ha enfocado principalmente a las 4 actividades mas representativas de la región esto es:

- Sector agropecuario
- Sector pesquero
- Sector acuícola
- Sector turístico

A continuación se presenta en tablas el resumen de la situación de los dos primeros :

## SITUACIÓN DEL SECTOR AGROPECUARIO

ÁMBITO INTERNO FORTALEZA	ÁMBITO INTERNO DEBILIDAD	ÁMBITO EXTERNO OPORTUNIDADES	ÁMBITO EXTERNO AMENAZAS
TIERRA FÉRTIL APTA PARA TODO TIPO DE CULTIVO Y CRIANZA	GRAN CANTIDAD DE TIERRA SE ENCUENTRA OCIOSA POR FALTA DE AGUA	ACTITUD FAVORABLE DE ORGANISMOS INTERNACIONALES Y AGENCIAS DE DESARROLLO RESPECTO DE PROYECTOS PRODUCTIVOS	FENÓMENO DE “EL NIÑO” QUE APARECE CÍCLICAMENTE
TOPOGRAFÍA DE ALGUNOS SECTORES FAVORECE LA CREACIÓN DE ALBARRADAS	COMUNAS NO HAN DESARROLLADO PROYECTOS PRODUCTIVOS COMUNITARIOS	GLOBALIZACIÓN: ACCESO AL MERCADO MUNDIAL	CRISIS ECONÓMICA QUE AGRAVA EL PROBLEMA DE FUENTES DE FINANCIAMIENTO PARA EL SECTOR
EXISTENCIA DE AGUAS SUBTERRÁNEAS	PREDOMINIO DE FORMAS TRADICIONALES Y MONOCULTIVOS	EXPERTICIA DESARROLLADA EN OTRA REGIÓN CON CULTIVOS AGRO ECOLÓGICOS, HIDROPÓNICOS Y DE RIEGO POR GOTEO	PRESENCIA DE ACTIVIDAD CAMARONERA EN SECTORES CON VOCACIÓN AGRÍCOLA
LA ESTABILIDAD CLIMÁTICA PERMITE LA PRODUCCIÓN DE CULTIVOS. CLIMA CÁLIDO Y TEMPLADO EN LOS PERIODOS CLIMÁTICOS	CANTÓN CARECE DE RED DE CAMINOS VECINALES QUE INTEGRO CENTRO DE PRODUCCIÓN CON CENTROS DE CONSUMO	10% DEL ÁREA AGRÍCOLA SERÁ FAVORECIDA POR EL TRASVASE.	EL MODELO CENTRALISTA DE DESARROLLO QUE A NIVEL DE CANTÓN PRIVILEGIA LO URBANO A LO RURAL
LA VARIEDAD DE ALTURA, LA CERCANÍA DEL MAR Y DE LOS BOSQUES CREAN DIVERSOS MICROCLIMAS AL INT. DE LAS SUBREGIONES QUE PERMITA LA PRODUCCIÓN DE MÚLTIPLES PRODUCTOS			

Tabla I : foda agropecuario región peninsular

## SITUACIÓN DEL SECTOR PESQUERO

<b>FORTALEZA</b>	<b>DEBILIDAD</b>	<b>OPORTUNIDADES</b>	<b>AMENAZAS</b>
EXPERIENCIA Y DESTREZA DE LOS PESCADORES EN EL ARTE DE LA PESCA	APROXIMADAMENTE EL 5% DE LOS PESCADORES ARTESANALES HAN RECIBIDO CAPACITACIÓN BÁSICA	ACTITUD FAVORABLE DE CRÉDITO AL SECTOR POR ORGANISMOS INTERNACIONALES	SISTEMA FINANCIERO CARECE DE LÍNEAS DE CRÉDITO PARA EL SECTOR
APROXIMADAMENTE EL 90% DE LA PESCA BLANCA PERTENECE A PESCA ARTESANAL	PREDOMINIO DE MÉTODOS Y ARTES TRADICIONALES Y DE BAJO RENDIMIENTO ALGUNAS COMUNAS DEPENDEN DE PESCA ESTACIONARIA	DECRETO 1055. QUE RETORNA LA VENTA DEL COMBUSTIBLE ARTESANAL	LEY DE PESCA Y REGLAMENTOS OBSOLETOS Y CON ESCASA DIFUSIÓN
VARIEDAD EN RIQUEZA MARINA	MAS DEL 80% DE PESCADORES ARTESANALES NO FORMAN PARTE DE ORGANIZACIONES	DEMANDA DE SECTORES SOCIALES POR MAYORES NIVELES DE DESCENTRALIZACIÓN DEL ESTADO	PROCESO INFLACIONARIO PERMANENTE E LOS COSTOS DE OPERACIÓN
EL SECTOR CUENTA CON ORGANIZACIONES DE PRIMER Y SEGUNDO NIVEL LEGALMENTE CONSTITUIDAS	ORGANIZACIONES CUENTAN CON CENTROS DE ACOPIO, SE CARECE DE INFRAESTRUCTURA PESQUERA		NO EXISTEN POLÍTICAS NACIONALES CLARAS QUE APOYEN LA ACTIVIDAD DE PESCA ARTESANAL
EN CUATRO COMUNAS PESQUERAS "CALETAS" SE DESARROLLAN MICROPROYECTOS QUE FAVORECEN DE LOS COSTOS	MALOS HÁBITOS DESORGANIZACIÓN DE LA VIDA PRIVADA DEL PESCADOR ARTESANAL		

Tabla II : foda pesca región peninsular

## CAPITULO II “PERSPECTIVAS DE DESARROLLO Y CRECIMIENTO DE LA REGIÓN”

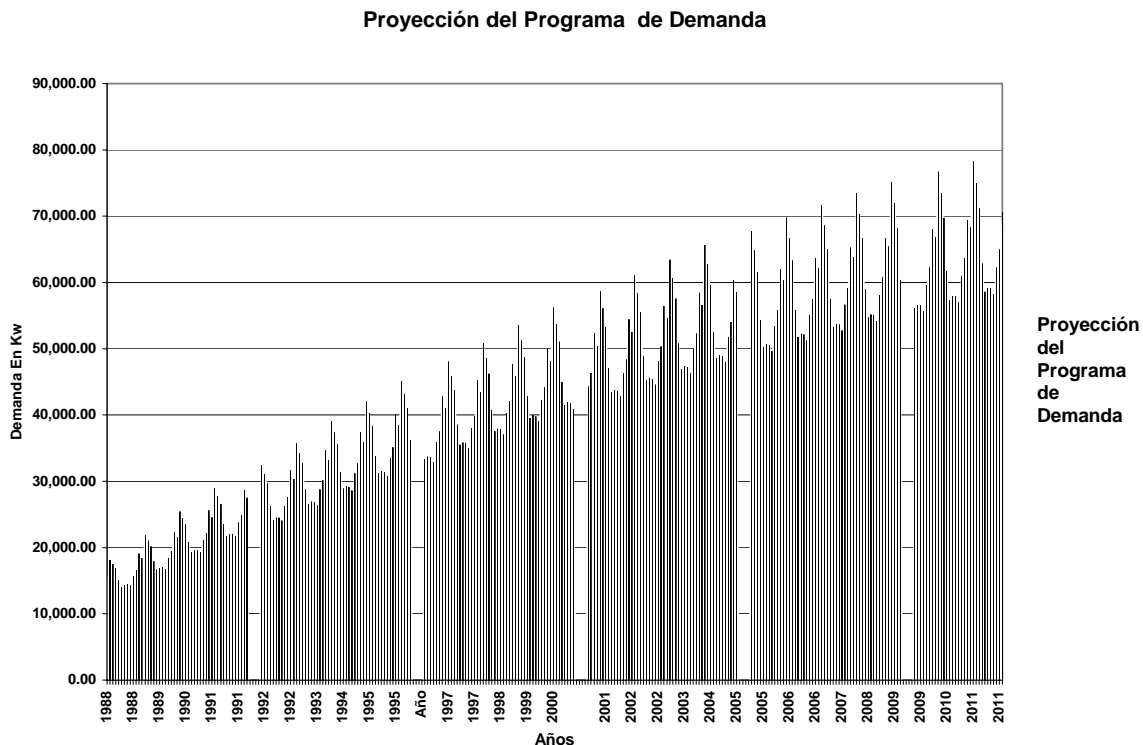
Este capítulo es el paso previo a la proyección de la demanda, y en él se trata de definir los planes y estrategias de desarrollo de los diferentes sectores productivos, ya que de esto dependerá cualquier estimación sobre el crecimiento de la carga en la región.

En esta unidad se ha tenido en cuenta tanto los proyectos emprendidos por los distintos gobiernos municipales, así como también los proyectos de inversión que se han proyectado por parte de los empresarios que tienen o tendrían inversiones en la región.

## CAPITULO III “PROYECCIÓN DE LA DEMANDA”

Para la toma de decisiones sobre el sistema que se está estudiando, uno de los elementos más importantes a tomarse en cuenta es el saber con un alto grado de exactitud la situación de la Demanda eléctrica del sector pero más aun es tener proyección confiable de esta demanda para este propósito .

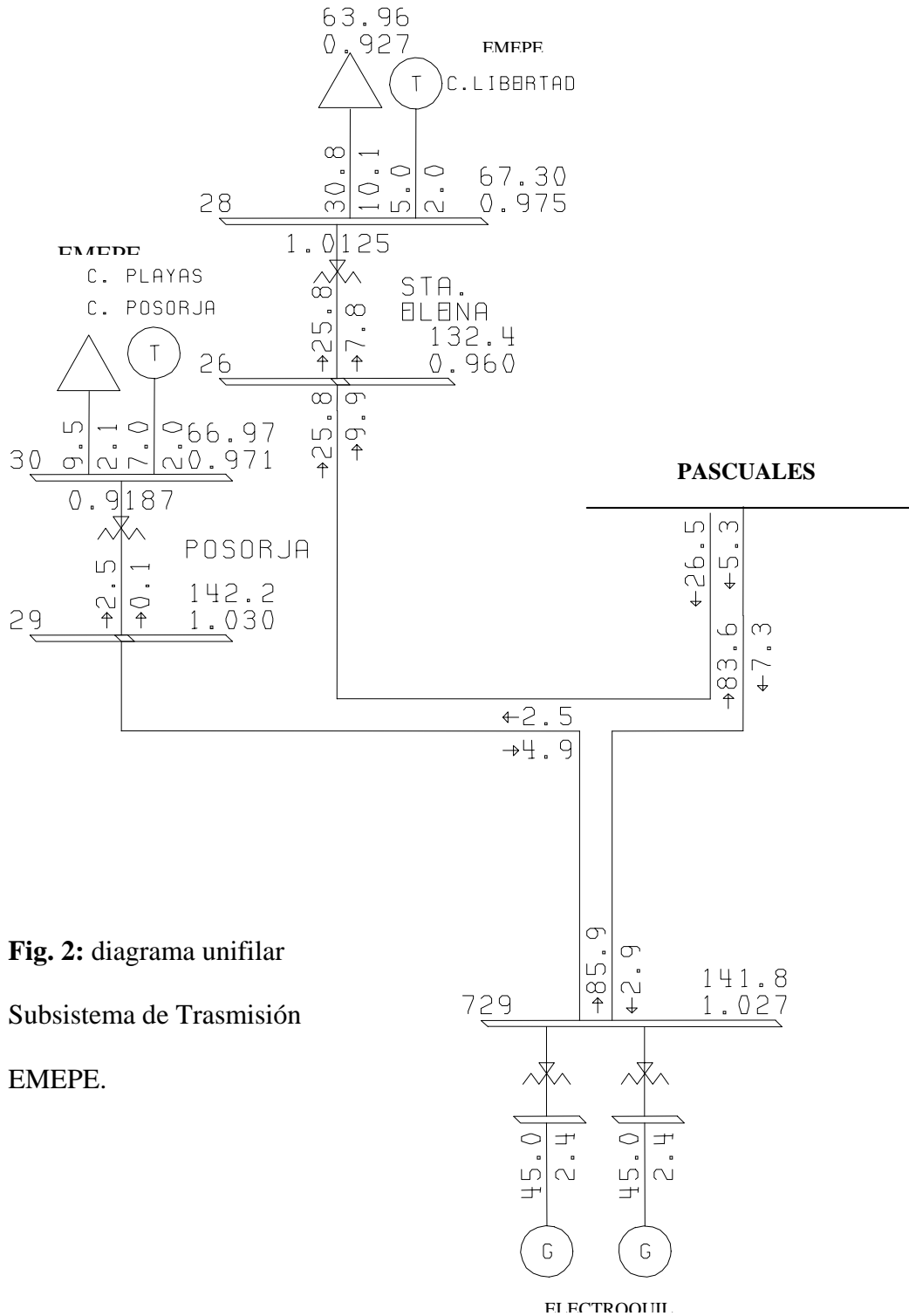
En este capítulo se calculó una demanda proyectada para 10 años a partir de el conocimiento de la demanda actual y de los datos históricos de dicha demanda; esto gracias a desarrollo. Los resultados de dicho estudio se muestran en el gráfico 1 a continuación:



**Figura 1:** Proyección de la demanda mensual de Emepe hasta el 2011. la proyección fue hecha en Mad Lab

**CAPITULO VI**  
**“ANÁLISIS DE LA CONFIABILIDAD DEL SISTEMA ACTUAL”**

Aquí se realizara un estudio técnico sobre las condiciones de operación del sistema y su arquitectura actual. Por lo que primero a continuación se presenta un diagrama unifilar del Subsistema de trasmisión que se está analizando:



**Fig. 2:** diagrama unifilar  
 Subsistema de Trasmisión  
 EMEPE.

#### 4.1 Operación del sistema actual

De este punto se desprenden los cálculos de todos los indicadores que definen la operación normal de este sistema. Estos indicadores y sus respectivos valores para Emepe y sus barras se muestran en la tabla que a continuación se muestra:

	Emepe	Santa Elena	POSORJA
Demanda Máxima	56.181,07 Kw	42.900,00 Kw	12.500,00 Kw
Factor de Carga	0.49	0.46	0.58
Factor de Utilización		0.36	0.11
Energía Consumida	241.150,63 Kwh	172.871,84 Kwh	63.514,04 Kwh

Tabla V: resumen de los indicadores de operación del sistema Emepe

Además de los factores arriba determinados en este capítulo también se generaron por medio del programa Power World el Flujo de potencia del sistema tanto para el primer año de estudio como para las proyecciones de carga hechas. Este análisis sirvió para que en el capítulo 6 realizar las comparaciones respectivas entre el sistema así como esta y el sistema con la subestación operando.

Otro punto que se estudio en este capítulo es la valorización de las pérdidas del sistema, punto muy importante para la posterior comparación que se hará entre los dos sistemas. El resumen de pérdidas se encuentra tabulado a continuación.

Tabla VI: pérdidas por desconexiones del sistema EMEPE

AÑO	PERDIDAS POR DESCONEXIÓN (Mw)	TIEMPO DE DESCONEXIÓN (h:m:s)	TIEMPO DE DESCONEXIÓN	PERDIDAS POR DESCONEXIÓN (Mvh)
2000	2504,35	21:36	21,60	54093,90
2001	366,78	06:14	6,23	2286,23
2002	402,92	15:57	15,95	6426,49

Tabla VII: pérdidas en trasmisión EMEPE

AÑO	% DE PERDIDAS
2002	26,32
2001	25,83
2000	22,12
1999	16,98
1998	14,70
1997	12,23
1996	12,88
1995	15,02
1994	19,48
1993	25,00
1992	22,96
1991	22,67
1990	25,11

## CAPITULO V

### “ANÁLISIS DE LA IMPLANTACIÓN DE LA SUBESTACIÓN DE TRANSFERENCIA”

Para este capítulo en su primera parte se considerará que la subestación Las Juntas se encuentra operando con el fin de determinar ciertos valores que requeriremos para el cálculo de los diferentes elementos que la componen, entre los más importantes está el flujo de carga que determinará las corrientes que en operación normal estas líneas tendrán y el otro es el análisis de corto circuito el cual dará información acerca de las corrientes que soportarán las líneas durante un daño cualquiera que este fuere.

Los estudios arriba indicados se encuentran resumidos en la tabla VIII que se muestra más adelante.

Tabla VIII: resumen de corrientes nominales y de falla para la subestación Las Juntas

línea de transmisión	Potencia Real transferida en Mw	Potencia total transferida en KVA	corriente nominal en (A)	corriente de falla en (A)	Observación
Línea las juntas santa elena 138 Kv	43,70	44900,00	325,36	4608,67	falla 3φ en barra las juntas
Línea las juntas posorja 138 Kv	7,20	7200,00	52,17	4608,67	falla 3φ en barra las juntas
Línea Pascuales Electroquil 138 kv	36,80	36900,00	267,39	11810,20	falla 3φ en barra Pascuales
Línea Electroquil Las juntas Kv	51,10	51400,00	372,46	5085,69	falla 3φ en línea electroquil - las juntas
Línea Pascuales Las juntas Kv	0,50	2400,00	17,39	9071,86	falla 3φ en línea pascuales - las juntas

En la segunda parte de este capítulo y una vez obtenido los valores de operación normal y anormal de esta nueva configuración se procede a calcular los diferentes componentes de la misma. Como resultado de estos cálculos se dan los siguientes componentes con sus respectivos dimensionamientos:

#### *Selección de aislamiento:*

- *Nivel de cortocircuito de la S/E* 5085,69[A]
- *Basic insulation level (BIL)* 550 [Kv]
- *Niveles de capacidad de cortocircuito de equipos* 10 KA.

#### *Selección de los transformadores de corriente ( ct's)*

línea de transmisión	corriente nominal en (A)	Corriente real por primario del CT	corriente seleccionada del primario del CT
Línea las juntas santa elena 138 Kv	325,36	455,51	500
Línea las juntas posorja 138 Kv	52,17	73,04	75
Línea Electroquil Las juntas Kv	389,86	545,80	600
Línea Pascuales Las juntas Kv	389,86	545,80	600

Tabla IX: selección de transformadores de corriente para la subestación las Juntas



## Selección de los Disyuntores (52)

138 Kv 800 A y una corriente de cortocircuito de 120 KA.

Una vez calculado todos los parámetros se puede ver la disposición final que se muestra en la figura # 3 este es el diagrama unifilar de la Subestación ya terminada .

## CAPITULO VI “IMPACTO DE LA CONFIGURACIÓN PROPUESTA.”

Para este análisis se compararon los datos obtenidos en los capítulos IV y V, esto para poder determinar los ahorros tanto por disminución en el porcentaje de desconexión al contar nuestro subsistema con un porcentaje de reserva en transmisión así como los ahorros en pérdidas de transmisión al contar la energía con caminos mas cortos por donde ser entregar. En seguida se muestran los cuadros que resumen estos cálculos de mejoras.

TABLA X: PERDIDAS TOTALES POR DESCONEXIONES EN EL SUBSISTEMA DE DISTRIBUCIÓN EMEPE

AÑO	PERDIDAS POR DESCONEXIÓN (Mvh)	PERDIDAS POR DESCONEXIÓN EN (USD)	PERDIDAS POR INTERRUPTIÓN DEL SERVICIO ELECTRICO	TOTAL DE PERDIDAS ECONOMICAS POR DESCONEXIONES
2000	54093,90	S/. 540.938,95	S/. 5.409.389,52	S/. 5.950.328,47
2001	2286,23	S/. 22.862,31	S/. 228.623,08	S/. 251.485,39
2002	6426,49	S/. 64.264,94	S/. 642.649,43	S/. 706.914,37
TOTAL DE PERDIDAS EN 3 AÑOS				S/. 6.908.728,23

A los ahorros anteriormente descritos se tendrá que contrastar con el costo de la subestación y así poder tener el verdadero impacto de la configuración. Este análisis tendrá una gran relevancia a la hora de concluir sobre esta tesis.

En lo referente al costo de la subestación el costo total de la misma es de S/. 1,786,000.00 y el detalle de este costo se detalla en la tabla XI.

CANT.	CONCEPTO	POSICIÓN 1	POSICIÓN 2	POSICIÓN 3	POSICIÓN 4	COSTO POR UNIDAD	COSTO TOTAL
<b>EQUIPAMIENTO PRINCIPAL</b>							
4	Seccionador sencillo 138 Kv	1	1	1	1	S/. 13,000.00	S/. 52,000.00
4	Disyuntor Bipolar 138Kv	1	1	1	1	S/. 35,000.00	S/. 140,000.00
4	Seccionador con puesta a tierra 138 Kv	1	1	1	1	S/. 15,000.00	S/. 60,000.00
4	Pararrayo a 120 Kv	1	1	1	1	S/. 3,000.00	S/. 12,000.00
4	Transformador de Corriente 138 KV	1	1	1	1	S/. 10,000.00	S/. 40,000.00
4	Transformador de Corriente 138 KV	1	1	1	1	S/. 8,000.00	S/. 32,000.00
<b>SISTEMA CENTRAL</b>							
4	Tablero de Protección y Control (por posición)	1	1	1	1	S/. 40,000.00	S/. 160,000.00
1	Tablero Centralizado (incluye PC's y PLC)					S/. 100,000.00	S/. 100,000.00
<b>SISTEMA DE COMUNICACIÓN (ESCALADA)</b>							
4	Equipos de comunicación	1	1	1	1	S/. 7,000.00	S/. 28,000.00
4	Trampas de onda	1	1	1	1	S/. 12,000.00	S/. 48,000.00
4	Baterías + Cargadores	1	1	1	1	S/. 1,000.00	S/. 4,000.00
1	<b>EQUIPOS AUXILIARES</b>						S/. 60,000.00
	Banco de Baterías DC						
	Cargadores						
	Cables y Accesorios						
	<b>OBRAS ELECTROMECAICAS</b>						S/. 250,000.00
	<b>OBRAS CIVILES</b>						S/. 600,000.00
	<b>CONSTRUCCION DE CABINA DE CONTROL</b>						S/. 200,000.00

**COSTO DE LA SUBESTACIÓN** S/. 1,786,000.00

Tabla XI: detalle del costo de la Subestación Las Juntas

## CONCLUSIONES

Para comenzar con las conclusiones de la tesis hay que definir primero que el propósito de esta fue el solucionar problemas que se daban en la calidad y confiabilidad del suministro eléctrico en la región peninsular. La propuesta que se llevó a cabo para poder hacerlo fue la construcción de una subestación de transferencia para poder compensar las cargas entre las líneas PASCUALES – POSORJA con las líneas PASCUALES – ELECTROQUIL y ELECTROQUIL – POSORJA. Como resultado de este estudio y en base a las hipótesis que me plante al principio de este trabajo se ha podido sacar las siguientes conclusiones:

1) El desarrollo de la región peninsular debe ir a la par de un programa de inversiones del sector eléctrico para así asegurar un desarrollo de la producción ya que de no ser así esta importante región del País que ya actualmente tiene problemas de confiabilidad en el área eléctrica se verá seriamente afectada, ya que la continuidad de los servicios básicos es un punto muy a tener en cuenta en estudios para la creación de nuevas fabricas, hoteles, etc.

2) La construcción de la subestación las Juntas reducirá efectivamente las perdidas por desconexión conservadoramente hasta en un 50% por lo que en un plazo no mayor a tres años podrá haber generado al País recursos por unos USD 314.033,00 esto asumiendo que no se deteriore el sistema o surjan problemas de otro tipo. Por otro lado TRANSELECTRIC al aumentar la confiabilidad del sistema disminuirá las perdidas totales que genera el sector productivo en así mismo un 60% lo que representara una expectativa de ahorro de USD 3.140.330,00 lo que suman un valor total entre los dos rubros de unos USD 3.454.363,00 en un lapso no mayor a tres años de la puesta en marcha del proyecto.

3) e la configuración propuesta se resume que con la nueva configuración en marcha existiría un ahorro por perdidas de transmisión de alrededor de USD 630.000,00; esto debido principalmente a que en épocas de estiaje ( época donde ELECTROQUIL Genera al máximo de su capacidad de manera permanente) existe una distancia relativamente menor entre los centros de carga ( Barra Santa Elena y Barra POSORJA) de la distribuidora EMEPE y la generación (ELECTROQUIL) lo que se refleja en una reducción de hasta un 3% de las perdidas totales de EMEPE.

4) El total de recursos que esta subestación generaran a la empresa distribuidora EMEPE y a la trasmisora TRANSELECTRIC superan largamente la inversión que esta ultima tendría que realizar que como se puede ver en el literal 6.4 es de USD 1.786.000,00

Por lo antes expresado, se concluye que la construcción de la Subestación las Juntas es viable ya que la puesta en marcha de este proyecto le ahorrara al País cerca de USD 5.344.363,00 en los próximos tres años, además dará una mayor continuidad en el despacho de energía por parte de la Distribuidora EMEPE, que como dije anteriormente permitirá una mayor inversión en esta importante región productiva.

## Referencias

1. Enciclopedia CEAC, Estaciones de transformación y distribución , (ediciones CEAC, Barcelona España, 1988), pp.1050 – 1084
2. Enciclopedia CEAC, sistemas de protección eléctrica , (ediciones CEAC, Barcelona España, 1988), pp.368 – 514
3. ABB Manual de protecciones eléctricas, ([www.ABB.com](http://www.ABB.com))
4. Referencias estadísticas del Sistema Nacional Interconectado (TRANSELECTRIC)