



**UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA**  
**SEDE GUAYAQUIL**  
**CARRERA INGENIERÍA ELÉCTRICA**

**DISEÑO Y ANÁLISIS EN DIGSILENT DEL NIVEL DE VOLTAJE  
DE LA LÍNEA DE SUBTRANSMIÓN L5 DESDE EL PUNTO DE  
ENTREGA HASTA LA SUBESTACIÓN BALZAR – CNEL EP  
UNIDAD DE NEGOCIO GUAYAS - LOS RÍOS**

Trabajo de titulación Previo a la obtención del

Título de Ingeniero Eléctrico

AUTORES: GEOVANNY FRANCICO CARCHI FUENTES

JORDAN PETTER YELA CARRIEL

TUTOR: ING. ERVIN GEOVANNY SOLANO VILLEGAS, MSC.

Guayaquil – Ecuador

2022

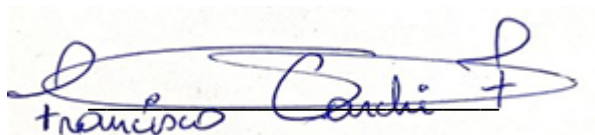
## CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, Geovanny Francisco Carchi Fuentes con documento de identificación N° 0924919897 y Jordan Petter Yela Carriel con documento de identificación N°0951155928; manifestamos que:

Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Guayaquil, 28 de marzo del año 2022

Atentamente,



Geovanny Francisco Carchi Fuentes

0924919897



Jordan Petter Yela Carriel

0951155928

## CERTIFICADO DE SESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA

Nosotros , Geovanny Francisco Carchi Fuentes con documento de identificación No. 0924919897 y Jordan Petter Yela Carriel con documento de identificación No 0951155928 expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del: “Diseño y Análisis en DIGSILENT Del Nivel De Voltaje De La Línea de Subtransmisión 15 Desde El Punto De Entrega Hasta La Subestación Balzar – Cnel Ep Unidad De Negocio Guayas – Los Ríos” el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniera Eléctrica, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 28 de marzo del año 2022

Atentamente,



Geovanny Francisco Carchi Fuentes

0924919897



Jordan Petter Yela Carriel

0951155928

## CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Ervin Geovanny Solano Villegas, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación “DISEÑO Y ANÁLISIS EN DIGSILENT DEL NIVEL DE VOLTAJE DE LA LINEA DE SUBTRANSMISIÓN L5 DESDE EL PUNTO DE ENTREGA HASTA LA SUBESTACIÓN BALZAR – CNEL EP UNIDAD DE NEGOCIO GUAYAS – LOS RÍOS” realizado por Geovanny Francisco Carchi Fuentes con documento de identificación No. 0924919897 y por Jordan Petter Yela Carriel con documento de identificación No.0951155928, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción proyecto técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 28 de marzo del año 2022

Atentamente,



---

Ing. Ervin Geovanny Solano Villegas, MSc

0923481915

## DEDICATORIA

Este trabajo va dedicado a varias personas importantes en vida: mis padres Alex y Graciela, que han sido mis guías en toda esta etapa universitaria, gracias a sus consejos y palabras de aliento no me detuve en el camino hasta lograr el objetivo de culminar la carrera.

A mi esposa Susan quien me acompañó desde que inicié el primer día del curso de inducción hasta el último semestre, a mi hijo Francesco quien es mi motor y mi fuerza para no rendirme en todo el proceso universitario, a mis hermanos y en especial a dos personas que ya no están conmigo, pero sé que estarían orgullosas de mí, ellas son: mi abuela Rosa y mi tía Digna, mujeres valiosas que formaron parte de mi vida y por ende son parte de este logro académico.

Geovanny Francisco Carchi Fuentes

Quiero dedicar este trabajo a mis padres, pilares fundamentales en mi camino como estudiante brindándome su apoyo incondicional y sus consejos para hacer de mí una mejor persona.

A mis hermanos Daniel, Liseth y Cristhian que me enseñaron que con esfuerzo y perseverancia se logra el éxito.

Por último, a mis sobrinas Gys, Samara, Daniela y Sara que son el reflejo de mis hermanos que con sus sonrisas y carisma llenan de felicidad al hogar.

Yela Carriel Jordan Petter

## AGRADECIMIENTO

Mi agradecimiento especial a Dios que es mi luz, mi fortaleza y mi guía para seguir el camino correcto y lograr culminar la carrera de ingeniería eléctrica.

A mis padres que son mi ejemplo a seguir adelante y a no rendirme, mi esposa quien me acompañaba sin importar la hora hasta terminar mis tareas, mi hijo quien me animaba a terminar todo el trabajo y tareas acumuladas, a mis jefes superiores; ingenieros Elvis Espinoza, Edison Alarcón y Gustavo Morales quienes supieron comprender y ayudar con sus conocimientos y un agradecimiento especial a mis primos ingenieros Kelvin y Jean Carlos García Carchi quienes me motivaron a estudiar, fueron compañeros durante toda la carrera y siempre estuvieron prestos a brindarme su ayuda y consejos para lograr el anhelado título de Ingeniero Eléctrico

Geovanny Francisco Carchi Fuentes

Mis más sincero Agradecimiento a Dios, por haberme dado sabiduría y constancia para no dar marcha atrás. A mis amados padres, hermana y hermanos que me brindaron su compañía en toda ocasión y me inculcaron que un momento de dolor vale toda una vida de gloria. A los docentes de la institución quienes compartieron sus conocimientos logrando construir la base de mi vida profesional.

Yela Carriel Jordan Petter

## RESUMEN

En el presente proyecto se plantea diseñar y analizar una línea de subtransmisión de 69 KV Utilizando el software DIGSILENT, La línea a estudiar es la posición L5 que tiene como punto de carga la S/E Dos Cerritos de la Corporación Eléctrica del Ecuador CELEC EP Unidad de negocio TRANSELETRIC. Y culmina en la subestación Balzar – CNEL EP Unidad de negocio Guayas – Los Ríos”

La demanda que presenta esta línea de Subtransmisión que ocasiona fluctuaciones de voltaje, caída de voltaje y aumento de pérdidas en la línea, razón por la cual se plantea el análisis para un rediseño a través del Software.

La metodología del diseño de la línea que alimentará a las subestaciones comprende analizar las variaciones de voltaje. obteniendo Parámetros que no permiten el buen funcionamiento al momento de transmitir energía, de tal manera realizando simulaciones llegando adquirir datos que nos permitirán obtener una estabilidad en el sistema eléctrico.

## ABSTRACT

In this project, it is proposed to design and analyze a 69 kv sub-transmission line. Using the digsilent software, the line to be studied is position L5, which has the S/E “Dos Cerritos” of the Corporación Eléctrica del Ecuador CELEC EP TRANSELETRIC business unit as its loading point. And it culminates in the Balzar substation – Cnel Ep Business Unit Guayas – Los Ríos”

The demand presented by this Subtransmission line that causes voltage fluctuations, voltage drop and increased losses in the line, that is why the analysis for a redesign through the Software is proposed.

The design methodology of the line that will feed the substations will include analyzing the voltage variations, obtaining parameters that do not allow the proper functioning at the time of transmitting energy, in such a way performing simulations acquiring data that will allow us to obtain stability in the electrical system.



## ÍNDICE DE CONTENIDOS

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN .....	ii
CERTIFICADO DE SESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA.....	iii
CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN .....	iv
DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTO.....	vi
RESUMEN.....	vii
ABSTRACT .....	viii
ÍNDICE DE CONTENIDOS .....	ix
INDICE DE FIGURAS .....	xi
ÍNDICE DE TABLAS .....	xiii
INDICE DE ECUACIONES.....	xiv
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xv
ABREVIATURAS .....	xvi
CAPÍTULO I.....	1
1.1 GENERALIDADES .....	1
1.2 OBJETIVOS.....	1
1.1 INTRODUCCIÓN.....	1
1.3 ALCANCE .....	2
1.4 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO .....	2
1.5 BREVE DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE SUBTRANSMISIÓN DE 69 KV ..	3
CAPÍTULO II .....	5
2. MARCO TEORICO .....	5
2.1 MARCO REFERENCIAL .....	5
2.2 Línea de Subtransmisión Eléctrica .....	5
2.3 Conductores eléctricos.....	13
2.4 Aisladores .....	13
2.5 Seccionador .....	15
2.6 Banco de capacitores .....	17
2.7 Cámara termográfica Flir.....	18
2.8 Digsilent PowerFactory .....	18
2.9 MARCO LEGAL .....	19

2.10 MARCO METODOLÓGICO .....	21
CAPÍTULO III .....	22
3.1 CALCULO Y LEVANTAMIENTO DE INFORMACION DE LA LINEA DE SUBTRANSMISION .....	22
3.2 RESOLUCIÒN .....	22
CAPÍTULO IV .....	47
4.1 ANÁLISIS DE RESULTADOS .....	47
CAPÍTULO V .....	55
5.1 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	55
CONCLUSIONES .....	55
RECOMENDACIONES .....	56
REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA .....	56
ANEXOS .....	58

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Trayecto de la línea de Subtransmisión. Daule Norte – Balzar (Geoportal CNELEP) (Autores).....	3
<b>Figura 2:</b> Circuito Equivalente de Línea corta [2] .....	6
<b>Figura 3:</b> Circuito equivalente nominal de una línea Media [2] .....	7
<b>Figura 4:</b> Circuito de una línea larga de transmisión con carga [2] .....	8
<b>Figura 5:</b> Inductancia equilátera o simétrica de la línea [6].....	10
<b>Figura 6:</b> Inductancia Asimétrica [6] .....	11
<b>Figura 7:</b> Catalogo de Conductores Eléctricos [8] .....	12
<b>Figura 8:</b> Catalogo de Conductores Eléctricos [9] .....	12
<b>Figura 9:</b> Aisladores eléctricos de porcelana y vidrio tipo campana [11].....	14
<b>Figura 10:</b> Aisladores tipo barra [12].....	14
<b>Figura 11:</b> Seccionadores tipo fusible [13] .....	16
<b>Figura 12:</b> Seccionadores tripolar a cuerno [14].....	16
<b>Figura 13:</b> Banco de capacitores fijos [19] .....	17
<b>Figura 14:</b> Banco de capacitores automáticos [20] .....	18
<b>Figura 15:</b> Cámara termográfica flir [22].....	18
<b>Figura 16:</b> Logo de DIgSILENT POWER SYSTEM SOLUTIONS [23].....	19
<b>Figura 17:</b> Rangos aceptables de variación de voltaje [26] .....	20
<b>Figura 18:</b> Inductancia por trasposición asimétrica [22].....	22
<b>Figura 19:</b> Escritorio del aplicativo web del sistema de telemetría [23].....	23
<b>Figura 20:</b> Aplicativo web del sistema de telemetría de CNEL EP [23] .....	23
<b>Figura 21:</b> Valor de corriente a mínima carga de la línea 2 Cerritos – Bijancorsa (Autores) 27	27
<b>Figura 22:</b> Valor de Voltaje a mínima carga de la línea 2 Cerritos – Bijancorsa. (Autores). 28	28
<b>Figura 23:</b> Valor de corriente a máxima carga de la línea 2 Cerritos – Bijancorsa (Autores)28	28
<b>Figura 24:</b> Valor de Voltaje a máxima carga de la línea 2 Cerritos – Bijancorsa (Autores) . 29	29
<b>Figura 25:</b> Diagrama del sistema (Autores) .....	30
<b>Figura 26:</b> Flujo de potencia del a mínima demanda (Autores).....	31
<b>Figura 27:</b> Desviación de Voltaje en las Barras del Sistema en el programa DIgSILENT a (Autores ).....	34
<b>Figura 28:</b> Rangos de niveles de voltaje (Autores) .....	35

<b>Figura 29:</b> Flujo de potencia a mínima demanda mejorado (Autores) .....	36
<b>Figura 30:</b> Desviación de voltaje en las barras del sistema en el programa DIgSILENT. Mejorado (Autores).....	37
<b>Figura 31:</b> Flujo de potencia a máxima demanda de la LST 5 (Autores).....	40
<b>Figura 32:</b> Desviación de voltaje en las barras del sistema en el programa DIgSILENT a máxima demanda. (Autores) .....	41
<b>Figura 33:</b> Flujo de potencia del sistema a máxima demanda mejorado (Autores).....	44
<b>Figura 34:</b> Desviación de voltaje en las barras del Sistema en el programa DigSILENT a máxima demanda corregido (Autores).....	45
<b>Figura 35:</b> Tramo barra 2 Cerritos – barra JBA mínima demanda (Autores).....	47
<b>Figura 36:</b> Tramo Daule Norte – Balzar mínima demanda (Autores) .....	48
<b>Figura 37:</b> Tramo barra 2 Cerritos – barra JBA máxima demanda (Autores) .....	50
<b>Figura 38:</b> Tramo Daule Norte – Balzar mínima demanda (Autores) .....	50
<b>Figura 39:</b> Banco de capacitores ubicado en la barra La T (Autores) .....	52
<b>Figura 40:</b> Banco de capacitores ubicado en las S/E Laurel y S/E Santa Lucia (Autores)....	53

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1:</b> Datos generales de las líneas de 69 kv (Autores) .....	4
<b>Tabla 2:</b> Resistividad eléctrica de los materiales [3].....	9
<b>Tabla 3:</b> Límites para índice de nivel de voltaje [22].....	20
<b>Tabla 4:</b> Datos de la caída de tensión en las líneas del sistema a mínima demanda. (Autores) .....	33
<b>Tabla 5:</b> Datos de carga a mínima demanda por barra del sistema (Autores).....	34
<b>Tabla 6:</b> Datos de la caída de tensión en las líneas del Sistema a mínima demanda mejorado (Autores).....	38
<b>Tabla 7:</b> Datos de demanda máxima por barra del sistema (Autores) .....	39
<b>Tabla 8:</b> Datos de la caída de tensión en las líneas del sistema a máxima demanda. (Autores) .....	43
<b>Tabla 9:</b> Datos de la caída de tensión en las líneas del sistema a máxima demanda mejorado. (Autores).....	46
<b>Tabla 10:</b> Comparación de corriente y perdida a mínima demanda. (Autores) .....	49
<b>Tabla 11:</b> Comparación de corriente y perdida a máxima demanda (Autores).....	52

## ÍNDICE DE ECUACIONES

<b>Ecuación 1:</b> caída de tensión .....	6
<b>Ecuación 2:</b> Reactancia de la línea.....	6
<b>Ecuación 3:</b> Regulación de voltaje.....	6
<b>Ecuación 4:</b> Perdida de resistividad en el conductor.....	7
<b>Ecuación 5:</b> resistencia del conductor .....	8
<b>Ecuación 6:</b> Área Transversal del conductor .....	8
<b>Ecuación 7:</b> Resistencia de Corriente Directa .....	8
<b>Ecuación 8:</b> Resistencia ac a 20°C .....	9
<b>Ecuación 9:</b> Inductancia simétrica .....	10
<b>Ecuación 10:</b> Distancia equivalente entre conductores .....	10
<b>Ecuación 11:</b> Factor de trenzado .....	10
<b>Ecuación 12:</b> Reactancia inductiva .....	11

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo 1:</b> Flujo de potencia en DIgSILENT de la línea LST5 en condiciones de mínima demanda .....	58
<b>Anexo 2:</b> Elementos del Flujo de potencia en DIgSILENT de la línea LST5 en condiciones de mínima demanda. ....	59
<b>Anexo 3:</b> Reporte Completo del sistema del Flujo de potencia en DIgSILENT de la línea LST5 en condiciones de mínima demanda.....	60
<b>Anexo 4:</b> Reporte de las barras del Flujo de potencia en DIgSILENT de la línea LST5 en condiciones de mínima demanda .....	63
<b>Anexo 5:</b> Flujo de potencia en DIgSILENT de la línea LST5 en condiciones de mínima demanda mejorado .....	65
<b>Anexo 6:</b> Reporte Completo del sistema del Flujo de potencia en DIgSILENT de la línea LST5 en condiciones de mínima demanda mejorado .....	66
<b>Anexo 7:</b> Reporte del Flujo de potencia de las barras en DIgSILENT de la línea LST5 en condiciones de mínima demanda mejorado .....	67
<b>Anexo 8:</b> Flujo de potencia en DIgSILENT de la línea LST5 en condiciones de máxima demanda .....	68
<b>Anexo 9:</b> Reporte Completo del sistema del Flujo de potencia en DIgSILENT de la línea LST5 en condiciones de máxima demanda. ....	69
<b>Anexo 10:</b> Reporte del Flujo de potencia de las barras en DIgSILENT de la línea LST5 en condiciones de máxima demanda.....	71
<b>Anexo 11:</b> Flujo de potencia en DIgSILENT de la línea LST5 en condiciones de máxima demanda mejorado .....	75
<b>Anexo 12:</b> Reporte Completo del sistema del flujo de potencia en DIgSILENT de la línea LST5 en condiciones de máxima demanda mejorado.....	76
<b>Anexo 13:</b> Reporte del Flujo de potencia de las barras en DIgSILENT de la línea LST5 en condiciones de máxima demanda mejorado.....	77

## ABREVIATURAS

<b>CNEL EP:</b>	Corporación Nacional de Electricidad Empresa Publica
<b>ARCONEL:</b>	Agencia de Regulación y Control De Electricidad
<b>MEER:</b>	Ministerio de Electricidad y Energía Renovables
<b>ANSI:</b>	Instituto Nacional Estadounidense de Estándares
<b>ASCR:</b>	Conductores de Aluminio de Acero Reforzado
<b>A.T.:</b>	Alta Tensión
<b>AMP:</b>	Amperio
<b>KV:</b>	Kilo Voltio
<b>MVA:</b>	Mega Voltio Amperio
<b>MW:</b>	Mega Watts
<b>RMG:</b>	Radio Medio Geométrico
<b>DEQ:</b>	Diámetro Equivalente
<b>SIG:</b>	Sistema De Información Geográfica
<b>S/E:</b>	Subestación Eléctrica
<b>ACSR:</b>	Conductor de Aluminio Reforzado con Acero Recubierto



## CAPÍTULO I

### 1.1 GENERALIDADES

#### 1.2 OBJETIVOS

Para el presente estudio que se realiza en este proyecto, toma como referencia la línea de subtransmisión Salitre – Balzar de 69 KV, cuya distancia se divide en segmentos y hacen un total de 96.52 km. Los objetivos generales y específicos se presentan a continuación.

#### 1.1 INTRODUCCIÓN

En el presente proyecto se realiza el análisis y estudio de la línea LST 5, la cual suministra energía siguientes subestaciones:

- S/E JUAN BAUTISTA AGUIRRE del cantón Salitre
- S/E DAULE NORTE del cantón Daule
- S/E AMERICA para el proyecto de bombeo de CEDEGE Plan América
- S/E LAUREL de la Parroquia Laurel
- S/E SANTA LUCIA del cantón Santa Lucia
- S/E PALESTINA del cantón Palestina
- S/E BALZAR del cantón Balzar.

Siendo estas últimas S/E las que presentan el problema de caída de voltaje, ya que la línea de subtransmisión hace más de 30 años que está en operación, con 96.52 km de línea, conductor 336.4 MCM aluminio reforzado con acero ACSR, 26/7, código LINNET, desde la S/E Daule Norte hasta la S/E Balzar, existiendo estructuras 1VP con aisladores de porcelana ANSI 52-3 que deben ser reemplazados. así como el crecimiento de la demanda debido al crecimiento poblacional e incremento de agroindustrias.

#### 1.2.1 Objetivos General

Realizar un estudio en el programa DigSilent de la caída de tensión de la línea antes mencionada, analizando la inestabilidad del sistema con la finalidad de que se tomen los correctivos necesarios para superar el problema y mejorar el servicio eléctrico como lo establece la ley.

#### 1.2.2 Objetivo Específico

- Levantar información y datos de corriente, voltajes y demanda de las subestaciones conectadas a la LST L5.

- Diseño y corrida de flujo en el software DigSilent a fin de describir la situación actual para brindar un servicio de óptima calidad y continuidad de este.
- Analizar resultados obtenidos en las corridas de flujo realizadas.
- Implementar mejoras y analizar resultados obtenidos.

### **1.3 ALCANCE**

- Se modelará, en DigSILENT, Las barras, las subestaciones y líneas de 69 kV considerando características físicas del conductor LINNET
- Se modelará el sistema considerando las líneas de 69 KV: Daule, Santa Lucia, Palestina, Colimes y Balzar
- Se realizará un análisis en el software DIGSILENT Power Factory acerca de elevado voltaje en la línea Laurel – Santa lucia.
- Se utilizará el software DigSILENT Power Factory con el fin de simular y analizar a variación de voltaje para la línea de subtransmisión desde Salitre hasta Balzar de 69 KV, con el fin de determinar una estabilidad mayor.

### **1.4 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO**

El tiempo de operación de la línea que se plantea estudiar y el aumento de la demanda debido al crecimiento poblacional e incremento de agroindustrias son factores importantes que ocasionan fluctuaciones de voltaje, caída de voltaje y aumento de pérdidas en la línea LST 5.

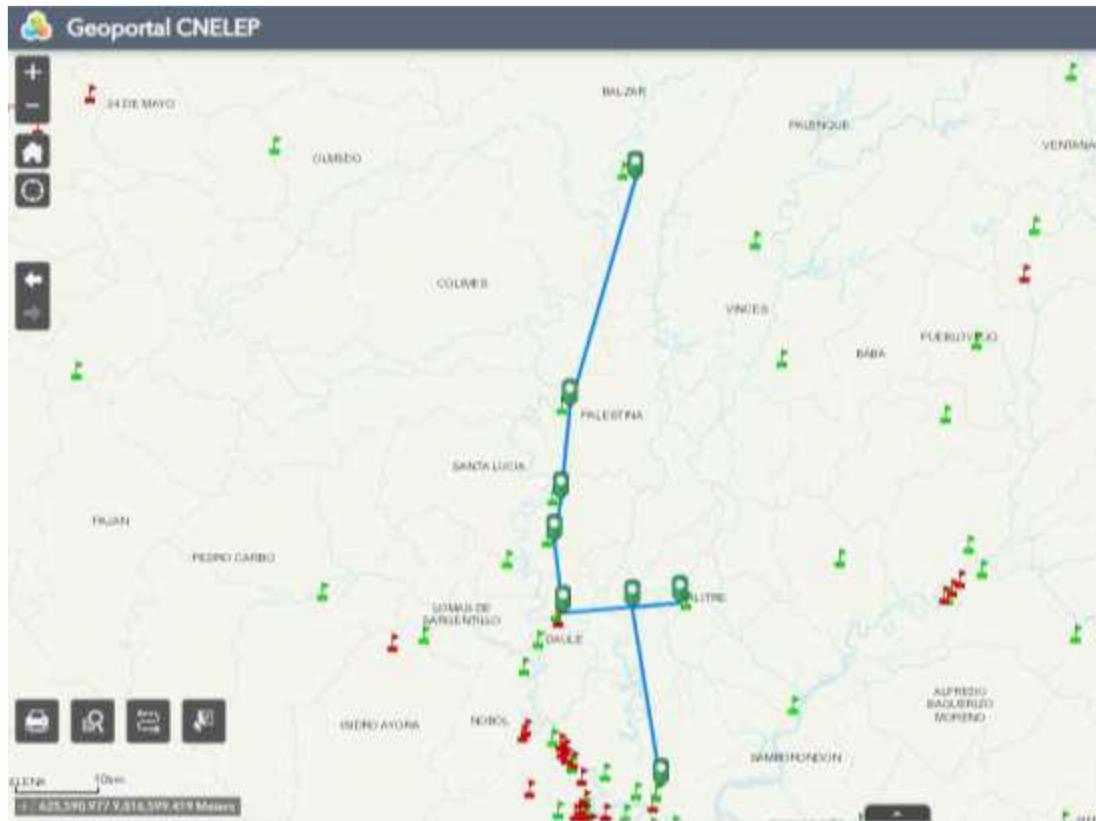
Ante los constantes reclamos de usuarios industriales, comerciales y residenciales de la zona rural y la zona urbana, por las fallas en sus equipos y electrodomésticos a causa del bajo voltaje que entrega la empresa eléctrica distribuidora CNEL EP, es necesario realizar un análisis de la situación actual de la línea de Subtransmisión desde la salida de la S/E Dos Cerritos de CELEC hasta la S/E Balzar.

Es importante el estudio de comportamiento del nivel de voltaje en diferentes horas y días de la semana ya que por tener carga rural de tipo mixto y su largo recorrido ocasiona frecuentemente problemas.

El realizar el estudio también abre puertas para futuros análisis de repotenciación por su crecimiento poblacional, dimensionamiento y de sus respectivas protecciones.

## 1.5 BREVE DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE SUBTRANSMISIÓN DE 69 KV

Uno de los parámetros importantes del proyecto es simular el sistema de subtransmisión ya mencionado, considerando sus características, a continuación se proyecta la ruta del sistema de 69 KV y los datos técnicos de las líneas en mención.



**Figura 1:** Trayecto de la línea de Subtransmisión. Daule Norte – Balzar (Geportal CNELEP) (Autores)

Línea de transmisión	Nivel de voltaje	Longitud	Conductor
2 cerritos - bijancorsa	69 KV	8 km	ACSR 26/7
Bijancorsa – La T	69 KV	11.15 km	ACSR 26/7
La T – Juan Bautista	69 KV	8 km	ACSR 26/7
La T – Banife	69 KV	13 km	ACSR 26/7
Daule Norte – Derivación América	69 KV	7.6 km	ACSR 26/7

LIMONAL - LAUREL	69 KV	1.736 km	ACSR 26/7
Desvió Laurel – Movil	69 KV	0.6 km	ACSR 26/7
desvío Laurel – Santa lucia	69 KV	4.915 km	ACSR 26/7
Santa Lucia – Palestina	69 KV	11.54 km	ACSR 26/7
Palestina – Balzar	69 KV	30 km	ACSR 26/7

**Tabla 1:** Datos generales de las líneas de 69 kv (Autores)

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO TEORICO

#### 2.1 MARCO REFERENCIAL

El trayecto de la línea de subtransmisión es de 95 kilómetros aproximadamente, desde la subestación Dos Cerritos hasta la subestación Balzar, además existen 2 derivaciones que van hacia la subestación América y subestación Laurel. El diseño eléctrico de las líneas tiene la particularidad de que algunos parámetros ya han sido determinados previamente por la Empresa Eléctrica Pública Estratégica Corporación Nacional de Electricidad CNEL EP - Unidad de Negocio Guayas – Los Ríos.

La determinación de estos parámetros por parte de la Empresa Eléctrica Pública Estratégica Corporación Nacional de Electricidad CNEL EP - Unidad de Negocio Guayas – Los Ríos responde al sistema estandarizado de sus redes de Subtransmisión, siendo esta una práctica que hasta la fecha le ha dado muy buenos resultados a la Distribuidora de tal manera que el sistema eléctrico pueda brindar de manera continua el servicio eléctrico a sus usuarios.

#### 2.2 Línea de Subtransmisión Eléctrica

Son líneas que no forman parte del Sistema Nacional de Transmisión (SNT), generalmente son propiedad de las empresas distribuidoras, operan en un voltaje de 46 kV a 69 kV y permiten la transmisión de energía desde la subestación del SNT a la subestación de distribución. [1]

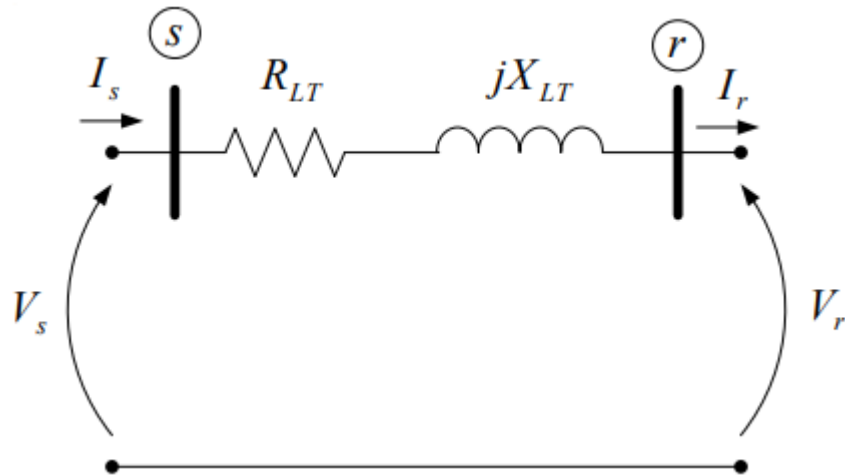
##### 2.2.1 Líneas de Transmisión Eléctrica según su longitud

Estos modelos se clasifican en función de la longitud de la línea, las cuales se agrupan de la siguiente manera[1]:

- líneas Cortas
- líneas Medias
- Líneas Largas

##### 2.2.2 Líneas cortas

En las líneas cortas se desprecia el efecto de susceptancia capacitiva.[2] En el caso por la frecuencia de operación de 60 Hz., la longitud de la línea corta es menor a 80 km [2]



**Figura 2:** Circuito Equivalente de Línea corta [2]

Para el cálculo de caída de tensión para la línea corta tenemos la siguiente ecuación:

$$\Delta V = \sqrt{3} * I ( R \cos \phi + jX_L \sin \phi )$$

**Ecuación 1:** caída de tensión

$$Zl = ( R \cos \phi + jX_L \sin \phi )$$

**Ecuación 2:** Reactancia de la línea

I = corriente de la línea

$\Delta V$  = Voltaje del extremo

R = Resistencia de la línea

Xl = Inductancia de la línea

Zl = Reactancia de la línea

### 2.2.3 Regulación de voltaje

La regulación de voltaje en la línea de transmisión es el cambio de voltaje en el extremo receptor al pasar de vacío a plena carga (o viceversa), esta regulación se expresa como un porcentaje a plena carga en la recepción. [2]

$$\% \text{Regulación de voltaje} = \frac{V_s - \Delta r}{V_s} \times 100 \%$$

**Ecuación 3:** Regulación de voltaje

Vs = Voltaje Inicial

$\Delta r$  = Voltaje Receptor

### 2.2.4 Pérdida de resistividad en las líneas cortas

La pérdida por efecto joule de una línea trifásica es tres veces el producto de la resistencia del conductor igual al cuadrado de su amplitud de corriente. [2]

$$P_{al} = 3R|I|^2$$

**Ecuación 4:** Pérdida de resistividad en el conductor

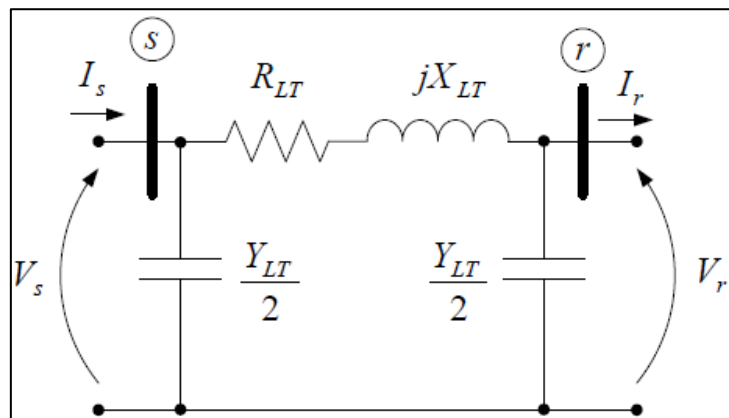
$P_{al}$ : Pérdida resistiva en conductor de aluminio medida en watt

$R$ : Resistencia del conductor

$I$ : Magnitud de corriente del conductor

### 2.2.5 Líneas medias

En longitudes intermedias, de 80 km a 240 km, la resistencia de derivación suele ser puramente capacitiva (aunque los niveles de voltaje más altos deben incluir conducción de fuga en niveles de voltaje más altos); Esto debe incluirse en la simulación de flujo. Esta fuerza se puede dividir en dos partes iguales, que se ubican en los polos del modelo, formando el patrón nominal. [2]



**Figura 3:** Circuito equivalente nominal de una línea Media [2]

### 2.2.6 Líneas largas

Estas son líneas de más de 230 km y se utilizan comúnmente para transmitir niveles de alto voltaje. El efecto capacitivo es más fuerte para estas capas lineales, por lo que los cálculos de capacitancia son más estrictos. [2]

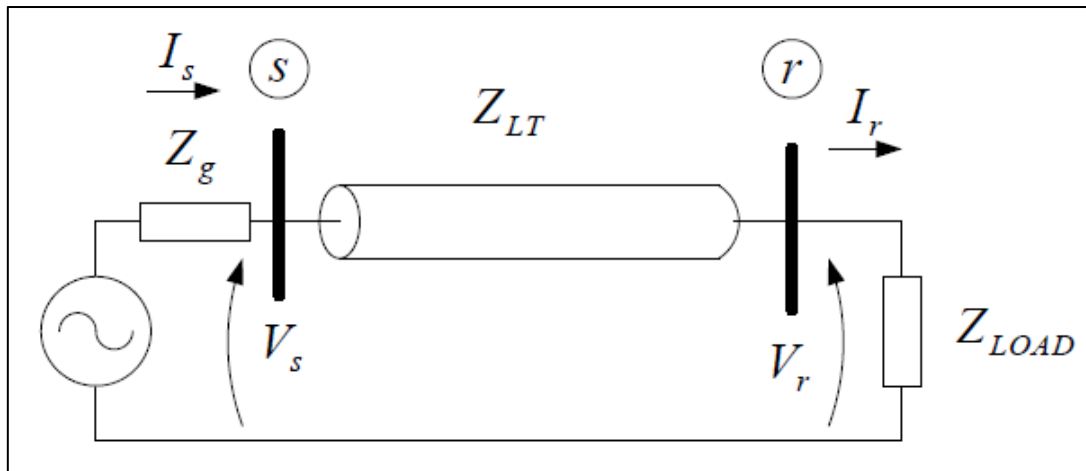


Figura 4: Circuito de una línea larga de transmisión con carga [2]

### 2.2.7 Resistencia del conductor

La resistencia de un conductor a una temperatura determinada es directamente proporcional a su longitud e inversamente proporcional a su sección transversal. Se calcula multiplicando un valor llamado módulo de resistencia (que varía para cada material) por su longitud y dividiéndolo por su área. La unidad de resistencia es el ohmio ( $\Omega$ ). Para calcular la resistencia del material que alimenta la corriente [3], se utiliza la siguiente fórmula:

$$R = \rho \frac{L}{A}$$

**Ecuación 5:** resistencia del conductor

R: Resistencia del conductor ( $\Omega$ )

$\rho$ : Resistividad del material del que está hecho el conductor ( $\Omega \cdot m$ )

L: Longitud del conductor (m)

A: Área de la sección transversal del conductor ( $mm^2$ )

$$A = \frac{\pi d^2}{4} * \# \text{ de alambre de aluminio}$$

**Ecuación 6:** Área Transversal del conductor

Se puede representar la Resistencia de corriente directa, considerando una temperatura a  $20^\circ C$  con la siguiente formula:

$$R_{cd \text{ a } 20^\circ C} = \rho \frac{1}{A} \Omega / km$$

**Ecuación 7:** Resistencia de Corriente Directa



MATERIAL	RESISTIVIDAD
Cobre estirado en frio	10.66 $\Omega$ mil/pies 1.77 x 10 <sup>-8</sup> $\Omega$ .m 17.00 $\Omega$ mil/pies
Aluminio	2.83 x 10 <sup>-8</sup> $\Omega$ .m

**Tabla 2:** Resistividad eléctrica de los materiales [3]

Si la corriente que circula por el medio conductor es corriente alterna, se presenta la resistencia AC o resistencia efectiva generalmente se determina empíricamente o a partir de la resistencia óhmica. [4]

A partir de la resistencia óhmica, que es el método más utilizado podemos calcular la resistencia efectiva mediante el efecto piel o skin sabiendo que es el 2% más de la Rcd, [4]entonces:

$$R_{ac} 20^{\circ}C = R_{dc} 20^{\circ}C * 102 \%$$

$$R_{ac} 20^{\circ}C = R_{dc} 20^{\circ}C * 1.02$$

**Ecuación 8:** Resistencia ac a 20°C

### 2.2.8 Inductancia del conductor

La inductancia en las líneas de transmisión de energía es la propiedad de resistir cambios en la corriente. La corriente fluye en un conductor rodeado por un campo magnético. El flujo magnético depende de la corriente y cuando la corriente cambia, el flujo magnético también cambia. [5]

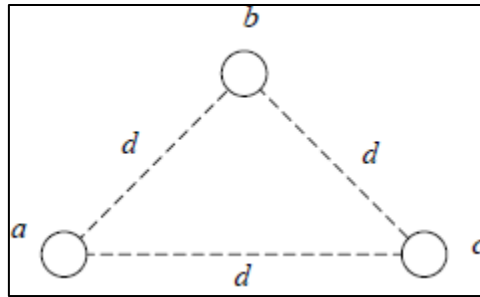
La inductancia de las líneas trifásicas se puede clasificar según su disposición en:

- Inductancia en Disposición equilátera.
- Inductancia en Disposición asimétrica.

### 2.2.9 Inductancia de Disposición equilátera

Si la línea no dispone de retorno por el neutro, las corrientes se encuentran equilibradas, y son tales que la suma de estas es siempre igual a cero ( $I_a + I_b + I_c = 0$ ). [6]

En la Figura 5 se muestra una línea trifásica con sus conductores colocados en los vértices de un triángulo equilátero.



**Figura 5:** Inductancia equilátera o simétrica de la línea [6]

La inductancia se define con la siguiente ecuación:

$$L = 2 \times 10^{-7} \ln \frac{D_{eq}}{RMG} \text{ (H / m)}$$

**Ecuación 9:** Inductancia simétrica

L = Inductancia (H/m)

d = Distancia equivalente entre conductores

r = Radio Medio Geométrico

La  $D_{eq}$  es la distancia media geométrica entre las tres fases  $D_{ab} * D_{bc} * D_{ca}$

$$D_{eq} = \sqrt[3]{D_{ab} * D_{bc} * D_{ca}}$$

**Ecuación 10:** Distancia equivalente entre conductores

Si la línea está constituida por conductores trenzados, entonces el concepto  $D_s$  sustituye el valor de RMG en la ecuación. Siendo  $D_s = RMG$ .

Para el conductor a utilizar (LINNET) Factor de trenzado = 0.809. Calculando  $D_s$  de la siguiente manera:

$$D_s = r * 0.809$$

**Ecuación 11:** Factor de trenzado

$D_s$ : RMG (m)

r: Radio del conductor (m)

Para este circuito trifásico de una línea por fase, el RMG del conductor son valores tabularios y estándares previamente calculados y probado por ello se los encuentra en las tablas de fabricantes mostrada más adelante.

La reactancia inductiva se la calcula de la siguiente formula

$$XL = \omega L$$

$$XL = 2\pi fL$$

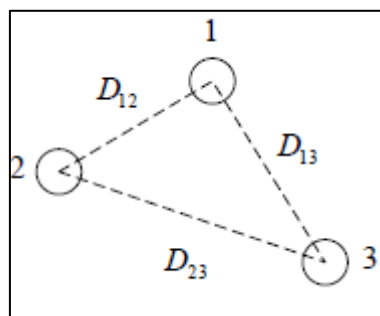
**Ecuación 12:** Reactancia inductiva

Siendo  $f$  la frecuencia a la que se va a trabajar.

### 2.2.10 Inductancia de Disposición Asimétrica

Una línea trifásica se dice que es asimétrica cuando sus conductores están situados a diferentes distancias. Tal disposición de conductores es más común en la práctica debido a su bajo costo y conveniencia en diseño y construcción.

Considere una línea asimétrica trifásica, que tiene un espaciado diferente entre sus conductores donde el radio de cada conductor es  $r$ [7].



**Figura 6:** Inductancia Asimétrica [6]

CÓDIGO	Calibre (AWG o kcmil)	Sección transversal (mm²)	Construcción				Diámetro del conductor (mm)	Peso Total Aprox (kg / km)	Carga de Rotura (kgf)	Resistencia a C.C. a 20°C (ohm/km)	Capacidad de Corriente (A)*
			No. Hilos		Diámetro hilos (mm)						
			Aluminio	Acero	Aluminio	Acero					
Turkey	6	13,3	6	1	1680	1680	5,04	54,01	540	2,1065	105
Swan	4	21,15	6	1	2,118	2,118	6,35	85,87	843	1,3232	140
Sparrow	2	33,62	6	1	2,672	2,672	8,02	136,56	1292	0,8316	184
Raven	1/0	53,49	6	1	3,370	3,370	10,11	217,25	1986	0,5227	242
Quail	2/0	67,44	6	1	3,782	3,782	11,35	273,82	2404	0,4151	276
Pigeon	3/0	85,02	6	1	4,247	4,247	12,74	345,23	3002	0,3292	315
Penguin	4/0	107,2	6	1	4,770	4,770	14,31	435,35	3786	0,2610	357
Waxwing	266,8	135,19	18	1	3,092	3,092	15,46	432,10	3120	0,2112	449
Partridge	266,8	135,19	26	7	2,573	2,000	16,30	546,49	5125	0,2091	475
Ostrich	300	152	26	7	2,730	2,120	17,28	614,32	5760	0,1860	492
Piper	300	152	30	7	2,540	2,540	17,78	698,90	7000	0,1902	490
Merlin	336,4	170,45	18	1	3,472	3,472	17,36	544,83	3936	0,1674	519
Linnet	336,4	170,45	26	7	2,888	2,250	18,29	689,87	6393	0,1660	529
Oriole	336,4	170,45	30	7	2,690	2,690	18,83	783,77	7847	0,1647	535
Chickadee	397,5	201,41	18	1	3,774	3,774	18,87	643,78	4508	0,1416	576
Brant	397,5	201,41	24	7	3,270	2,180	19,61	762,05	6622	0,1411	584
Ibis	397,5	201,41	26	7	3,140	2,440	19,88	813,95	7393	0,1405	587
Lark	397,5	201,41	30	7	2,923	2,920	20,46	925,09	9208	0,1394	594

Figura 7: Catalogo de Conductores Eléctricos [8]

Nombre clave	Masa nominal						Esfuerzo mínimo de cable de acero al 1% de extensión		Carga a la rotura del cable ACSR		Resistencia nominal c.c. a 20°C		Radio medio geométrico mm	Capacidad de corriente A*
	Aluminio		Acero		Total		MPa	ksi	kgf	kips	Ω/km	Ω/1000 ft		
	kg/km	lb/1000 ft	kg/km	lb/1000 ft	kg/km	lb/1000 ft								
							Mínimo							
Petrel	143	96,06	234,9	157,9	377,8	253,9	1275	185	4717	10,4	0,56	0,171	4,54	234
Minorca	155,7	104,63	255,9	171,9	412	276,6	1275	185	5126	11,3	0,5142	0,157	4,74	244
Leghorn	185,1	127,06	310,7	208,8	500	335,9	1275	185	6169	13,6	0,4234	0,129	5,22	269
Guinea	223,4	150,13	367,2	246,7	591	396,8	1275	185	7258	16,0	0,3684	0,109	5,67	291
Dotterel	248,5	167,01	408,4	274,5	657	441,5	1241	180	7847	17,3	0,3221	0,098	5,98	305
Dorking	268,1	180,14	440,6	296	709	476,2	1241	180	8482	18,7	0,2986	0,091	6,21	317
Brahma	285,6	191,9	483,5	321,5	805	534,5	1275	185	12882	28,4	0,2803	0,085	7,36	319
Dog	288,2	193,69	483,5	321,5	805	534,5	1275	185	12882	28,4	0,2803	0,085	7,36	319
Dog	288,2	193,69	483,5	321,5	805	534,5	1275	185	12882	28,4	0,2803	0,085	7,36	319
Cochin	296,8	199,42	487,7	327,7	784	527,1	1241	180	9390	20,7	0,2698	0,082	6,54	332
Wren	22,90	15,38	10,8	7,26	33,7	22,6	1310	190	340	0,75	3,43	1,046	1,28	80
Turkey	36,50	24,51	17,2	11,57	53,7	36,1	1310	190	540	1,19	2,152	0,6561	1,62	106
Thrush	46,20	31,06	21,8	14,67	68,0	45,7	1310	190	676	1,48	1,699	0,5178	1,82	122
Swan	58,00	39	27,4	18,42	85,5	57,4	1310	190	844	1,86	1,353	0,4123	2,05	140
Swanate	58,00	38,97	41,6	27,97	99,6	66,9	1275	185	1070	2,36	1,354	0,4127	2,11	140
Swallow	73,30	49,25	34,6	23,26	108	72,5	1275	185	1043	2,30	1,071	0,3265	2,30	161
Sparrow	92,40	62,07	43,6	29,31	136	91,4	1275	185	1293	2,85	0,8499	0,2591	2,58	184
Sparate	92,40	62,08	66,1	44,44	159	106,5	1241	180	1651	3,64	0,8498	0,259	2,66	181
Robin	116,4	78,25	55,0	36,95	171	115,2	1275	185	1610	3,55	0,6742	0,2055	2,90	211
Raven	147,0	98,79	69,4	46,66	216	145,5	1241	180	1987	4,38	0,534	0,1628	3,26	242
Quail	185,1	124,4	87,4	58,73	272	183,1	1172	170	2404	5,30	0,4242	0,1293	3,66	276
Pigeon	233,4	156,8	110,2	74,06	344	230,9	1172	170	3003	6,62	0,3364	0,1025	4,10	315
Auk	283,8	190,7	217,4	146,1	501	336,8	1310	190	5216	11,5	0,2794	0,0852	5,62	339
Penguin	294,4	197,8	139,0	93,42	433	291,2	1172	170	3787	8,35	0,2667	0,0813	4,61	359
Coyote	365,3	245,5	168,4	113,1	534	358,6	1310	190	5080	11,2	0,2192	0,0668	6,54	450
Waxwing	372,7	250,4	58,4	39,23	431	289,6	1241	180	3121	6,88	0,2127	0,0648	6,00	449
Owl	371,7	248,8	137,6	92,46	509	342,2	1310	190	4404	9,71	0,2112	0,0644	5,19	457
Partridge	374,8	251,9	172,1	115,7	547	367,0	1310	190	5126	11,3	0,2136	0,0651	6,62	457
Phoebe	419,6	282	65,7	44,17	485	326,2	1241	180	3511	7,74	0,1889	0,0576	6,37	483
Ostrich	421,4	283,1	193,2	129,8	615	412,9	1310	190	5761	12,7	0,190	0,0579	7,02	493
Piper	422,5	283,9	277,1	186,2	700	470,1	1275	185	7121	15,7	0,190	0,058	7,35	498
Merlin	470,2	316	73,7	49,50	544	365,5	1241	180	3937	8,68	0,1686	0,0514	6,74	519
Linnet	472,2	317,3	216,4	145,4	689	462,8	1310	190	6396	14,1	0,170	0,0517	7,43	529
Oriole	473,9	318,4	310,7	208,8	785	527,2	1275	185	7847	17,3	0,170	0,0517	7,78	536
Chickadee	555,6	373,3	87,9	58,48	643	431,8	1172	170	4509	9,94	0,1427	0,0435	7,32	576
Brant	558,5	375,3	203,9	137	762	512,3	1310	190	6622	14,6	0,143	0,0437	7,88	584

Figura 8: Catalogo de Conductores Eléctricos[9]

### 2.3 Conductores eléctricos

Este medio consiste en un material conductor, es decir, el material tiene poca resistencia al paso de la corriente eléctrica. Para estos materiales, los electrones pueden moverse libremente de un punto a otro si conectamos una fuente de voltaje entre los dos puntos. [10]

El conductor seleccionado para el diseño de esta línea es 336,4 MCM, aluminio reforzado con acero ACSR, 26/7, código LINNET, están formados a partir de aluminio obtenido por refinación electrolítica con pureza de 99,5 % y conductividad mínima de 61,0 % de la conductividad del cobre a 20°C (IACS) "International Annealed Copper Standard", todos los cables están formados por hilos de temple duro, cableados concéntricamente.

Tomando como referencia el catálogo de Electro Cables Fig. 7, las características físicas del conductor LINNET son las siguientes:

- 26 hilos de aluminio, 3.44 mm de diámetro.
- 7 hilos de acero, 2.12 mm de diámetro.
- Sección total del conductor: 281.13 mm<sup>2</sup>.
- Sección total de aluminio: 242.31 mm<sup>2</sup>.
- Diámetro exterior: 17.92 mm.
- Peso 662.52 kg en total.
- Tensión de ruptura: 6,844.6 kg.
- Resistencia óhmica por cada 1,000 m: 0.1171 OHMS a 20°C DC.
- Capacidad nominal de transporte de corriente: 529 amperios

### 2.4 Aisladores

Un aislador de línea eléctrica es un elemento que cumple la función de fijación mecánica de los conductores que forman parte de la línea, manteniéndolos aislados de tierra y de otros conductores. Los aisladores deben soportar las cargas mecánicas que transmiten a los soportes a través de ellos. Puede cambiar la resistencia a normal, anormal y presión. Los materiales más comunes utilizados para los aisladores son la porcelana y el vidrio, y los precios de estos materiales varían. [11]



**Figura 9:** Aisladores eléctricos de porcelana y vidrio tipo campana [11]

Por su tipo, los aisladores más usados son de campana y barra[11]:

**Aisladores de campana:** Como su nombre indica, tiene forma de campana y se utiliza en entornos de baja a media presión. Puede ser de vidrio o porcelana. Por lo general, no existen de forma aislada unos de otros, sino que algunos se relacionan entre sí formando una cadena. También se conocen como aisladores de disco.

**Aisladores de barra:** Como su nombre indica, tiene forma de campana y se utiliza en entornos de baja a media presión. Puede ser de vidrio o porcelana. Por lo general, no existen de forma aislada unos de otros, sino que algunos se relacionan entre sí formando una cadena. También se conocen como aisladores de disco.



**Figura 10:** Aisladores tipo barra [11]

Por sus materiales más utilizados son [11]:

**Aisladores de porcelana:** La porcelana es un material excepcionalmente comprimible, razón por la cual, a lo largo de los años de uso, los diseños especialmente desarrollados tienden a hacerlo comprimible. Sigue siendo el material más utilizado en la fabricación de aisladores para líneas eléctricas aéreas.

**Aisladores de vidrio:** Es un material de alta dureza, resistencia mecánica y estabilidad ante los cambios de temperatura. El costo es más bajo que la porcelana, por lo que es más popular.

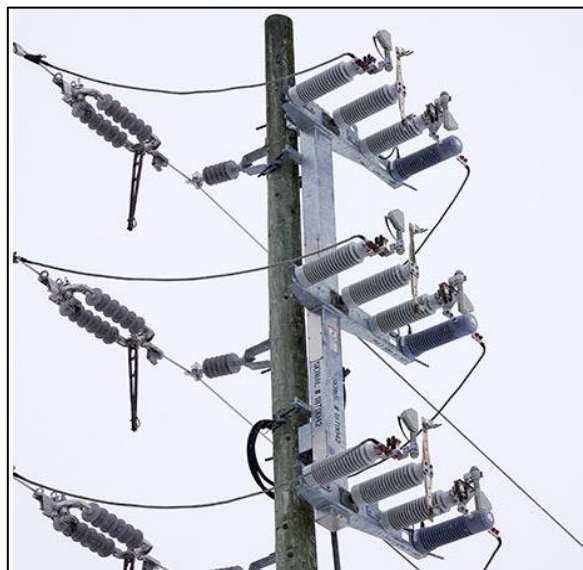
Como características generales de los aisladores para su empleo en líneas eléctricas son[11]:

- **Adecuada tensión de perforación:** Rigidez dieléctrica suficiente para que la tensión de perforación sea lo más elevada posible.
- **Adecuada tensión de contorneamiento:** Las disposiciones son adecuadas para que la tensión de encendido sea alta y así no se produzca ninguna descarga entre el conductor y el puntal a través del aislamiento.
- **Resistencia a las variaciones de temperatura:** Se encuentra a la intemperie.
- **Ausencia de envejecimiento** Durante el periodo de vida útil de la línea.
- **Resistencia combinada adecuada** a los esfuerzos eléctricos, técnicos y mecánicos.

## 2.5 Seccionador

Separador de carga que permiten abrir y cerrar circuitos eléctricos. Esto separa un circuito de su alimentación incluyen al:

**Seccionador común:** También conocido como seccionador tipo fusible operado únicamente con tensión y destinado a interrumpir la corriente mediante una sola maniobra.



**Figura 11:** Seccionadores tipo fusible [12]

**Seccionador a cuernos:** Es un seccionador tripolar común operado con cargas reducidas y provisto de un dispositivo especial para cortar el arco eléctrico fuera de los contactos.



**Figura 12:** Seccionadores tripolar a cuerno [13]

**Seccionador interruptor a cuernos:** Es un seccionador tripolar a cuernos operado con carga nominal[14]

Los seccionadores pueden clasificarse en diferentes tipos, dependiendo de las características siguiente[15]:

- **Número de polos:** pueden ser tripolares o monopolares.
- **Forma de montaje:** pueden ser para montaje horizontal, vertical, invertido o semi-invertido.



- **Tipo de apertura:** central, vertical, lateral.
- **Mecanismo de operación:** éste puede ser motorizado o manual, tanto para las cuchillas principales como para las cuchillas de puesta a tierra.
- **Seccionador de puesta a tierra:** puede estar o no incluido en el equipo.

## 2.6 Banco de capacitores

Los bancos de condensadores es un conjunto de bloques montados sobre una estructura metálica, instalados en un punto de una red de media tensión (en una subestación o unidad de alimentación de distribución) para proporcionar potencia reactiva y regular la tensión del sistema.[16]

Para este proyecto lo ideal es instalar bancos de capacitores automáticos, ya que nos encontramos en zona agroindustrial donde se presenta elevados consumos en determinados horarios de producción, afectando la estabilidad del sistema. La funcionalidad de estos bancos de capacitores es inyectar automáticamente potencia reactiva sea por tiempo o por caso de demanda.

### 2.6.1 Banco de capacitores fijos

Los condensadores fijos se alimentan y utilizan cuando la demanda de potencia reactiva es constante y no cambia con el tiempo.[17]



**Figura 13:** Banco de capacitores fijos [18]

### 2.6.2 Banco de capacitores automáticos

Para el área agroindustriales, que su demanda reactiva es alta en horarios de producción. Afectando la caída de voltaje. una de la solución es instalando capacitores automáticos.

Su función es la conexión automática según hora del día nivel de tensión o demanda reactiva logrando estabilizar el sistema. Sea por tiempo o demanda.[16]



**Figura 14:** Banco de capacitores automáticos [16]

### 2.7 Cámara termográfica Flir

La cámara térmica FLIR es una herramienta esencial para electricistas y técnicos de mantenimiento. Con ellos, puede ver problemas como ningún otro, así como probar equipos rápidamente y medir temperaturas precisas desde una distancia segura. Las cámaras FLIR ayudan a identificar problemas inminentes antes de que dañen a las personas, causen fallas comerciales o desperdicien energía. [19]



**Figura 15:** Cámara termográfica flir [20]

### 2.8 Digsilent PowerFactory

PowerFactory es una aplicación de software de análisis de sistemas de energía líder que se utiliza para analizar los sistemas industriales de generación, transmisión y distribución

de energía. Incluye un conjunto completo de funcionalidades, desde características estándar hasta aplicaciones avanzadas y complejas, que incluyen energía eólica, generación de energía distribuida, simulación en tiempo real y monitoreo del rendimiento de un sistema de prueba y monitoreo.[21]



**Figura 16:** Logo de Digsilent Power System Solutions [21]

Entre los análisis de un SEP más utilizados en el software tenemos los siguientes:

- Flujo de carga
- Análisis de contingencia
- Análisis de estabilidad de Tensión
- Análisis de corto circuito
- Análisis de confiabilidad
- Análisis de armónico

## 2.9 MARCO LEGAL

En este proyecto se realizará con las siguientes normas

- Regulación del ARCONEL 005/018-calidad del servicio de distribución y comercialización de energía eléctrica – 5.1.2 Calidad del servicio Técnico[22]
- El estándar IEC 61000-4-30 define el término “Calidad de Energía Eléctrica” como las características de la electricidad en un punto dado de la red eléctrica, evaluadas con relación a un conjunto de parámetros técnicos de referencia.[23]
- El estándar IEEE 1159/1995 define el término “Calidad de Energía Eléctrica” como la gran variedad de fenómenos electromagnéticos que caracterizan la tensión y la corriente en un instante dado y en un punto determinado de la red eléctrica.[23]

Según la regulación del ARCONEL 005/018 EN calidad del servicio de distribución y comercialización de energía eléctrica las variaciones de voltaje que se admiten son las siguientes:

NIVEL DE VOLTAJE	RANGO ADMISIBLE
Alto Voltaje (grupo 1y grupo 2)	$\pm 5.0 \%$
Medio Voltaje	$\pm 6.0 \%$
Bajo Voltaje	$\pm 8.0 \%$

**Tabla 3:** Límites para índice de nivel de voltaje [22]

Esta regulación estipula que para el nivel de voltaje aceptable en un punto de medición debe encontrarse en el rango  $\pm 5.0\%$  del registro de variación de voltaje en el periodo de evaluación de 7 días.

La ARCONEL sobre la base de estudios realizados por el Centro Nacional de Control de Energía (CENACE) remitió en el año 2020 la información correspondiente a los niveles de voltaje que debe mantener el transmisor y el factor de potencia que deben presentar las Empresas Eléctricas Distribuidoras. En la Figura 17 se muestra los límites para diferentes niveles de voltaje.

Nivel de Voltaje	Banda Inferior		Banda Superior	
	Normal	Emergencia	Normal	Emergencia
500 kV	-5%	-8%	5%	7%
230 kV	-5%	-7%	5%	6%
138 kV	-5%	-10%	5%	6%
69 y 46 kV	-3%	-5%	4%	6%

**Figura 17:** Rangos aceptables de variación de voltaje [24]

Para el factor de potencia: 0,96 inductivo o superior inductivo para condiciones de máxima, media y mínima demanda.

Para este proyecto nos regimos con los límites de variación de voltaje propuesto anteriormente por ARCONEL.

## **2.10 MARCO METODOLÓGICO**

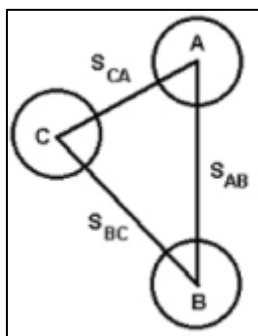
En el proyecto de empleo el método de investigación explicativo y cuantitativo, mediante las técnicas de recolección y análisis de información permitiendo verificar en el software el comportamiento de los niveles de voltaje.

Para la realización de este proyecto se tomarán datos de lecturas por medidores ion atreves del aplicativo web de telemetría que nos permitirá ingresar en el software DigSILENT Power Factory y simular el flujo de carga.

## CAPÍTULO III

### 3.1 CALCULO Y LEVANTAMIENTO DE INFORMACION DE LA LINEA DE SUBTRANSMISION

El comportamiento de la línea de subtransmisión LST 5 de 69 Kv se encuentra bajo parámetros fundamentales que son la resistencia y la inductancia. Estas dos conforman la impedancia en serie en la línea. Esta línea parte desde la barra de la S/E 2 Cerritos y culmina en la S/E Balzar.



*Figura 18: Inductancia por trasposición asimétrica[2]*

### 3.2 RESOLUCIÓN

Tomando datos de CNEL EP GUAYAS – LOS RIOS obtenemos los parámetros fundamentales para el cálculo de característica de líneas cortas. Esto nos va a permitir comparar valores ingresados en el programa de DigSILENT para obtener simulaciones y visualizar el comportamiento de la línea.

Se toma valores referenciados por GEOPORTAL CNEL EP GAYAS – LOS RIOS de distancia entre conductores ACSR (Conductor de aluminio reforzado de Acero) LINNET cuya característica se encuentra en la figura 7.

Los sistemas eléctricos de distribución a estudiar están interconectados por línea de subtransmisión que parte desde la subestación 2 Cerritos LST 5, la cual tiene una distancia total de 96.54 km con una demanda de 47 MW.

En la figura 12 observamos la aplicación web de telemetría de CNEL EP UN GLR.

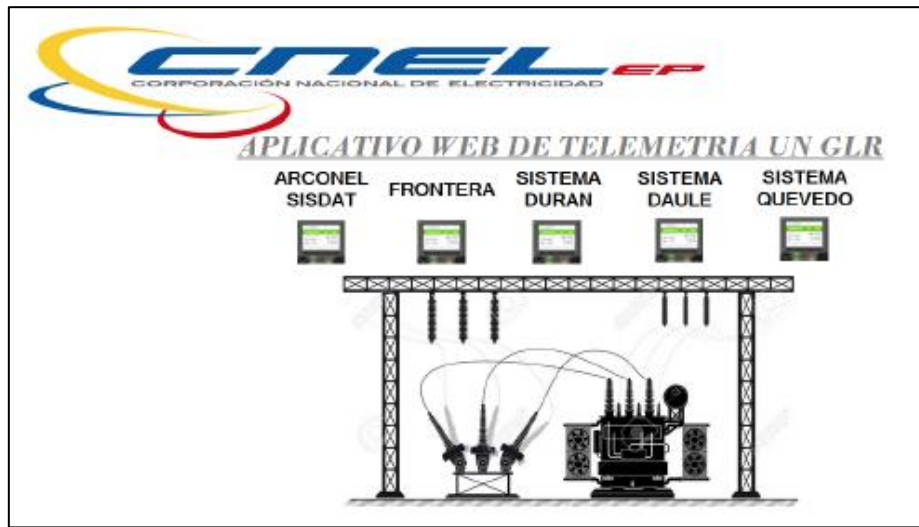


Figura 19: Escritorio del aplicativo web del sistema de telemetría [25]

La línea LST 5 corresponde al sistema de Daule, a su vez esta interconectada con la LST 2 Pascuales.

La línea LST 5 se muestra integrada al sistema de telemetría de los medidores ion.

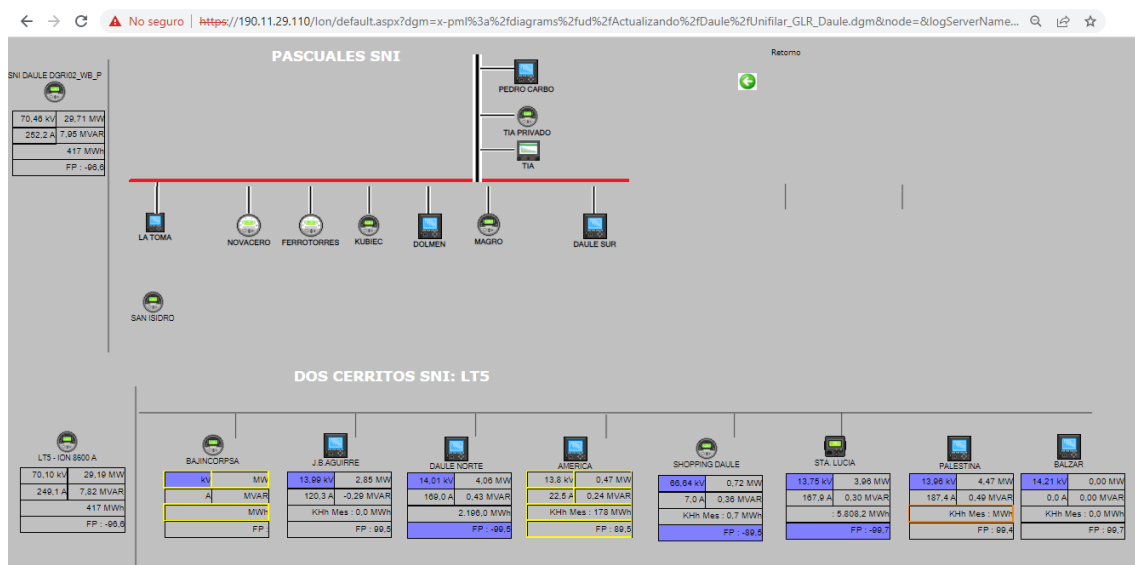


Figura 20: Aplicativo web del sistema de telemetría de CNEL EP [25]

Se comienza calculando la resistencia a 20 °C. usando la ecuación (7)

$$R_{cd} 20^{\circ}C = \rho \frac{1}{A}$$

$\rho$ : Resistividad del conductor en tabla (2)

Para obtener A siendo esta la sección transversal del conductor. Se obtiene con la formula (6)

$$A = \frac{\pi d^2}{4} * \# \text{ de alambre del material}$$

Siendo d: diámetro del material

$$A = \frac{\pi * 2.88mm^2}{4} * 26$$

$$A = 170.316 \text{ mm}^2$$

Convirtiéndolo a metro cuadrado nos queda

$$A = 170.316 \text{ mm}^2 * \frac{1 \times 10^{-6}m^2}{1 \text{ mm}^2}$$

$$A = 1.70316 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

Remplazando el valor de A en la ecuación (7)

$$R_{cd} 20^\circ C = \rho \frac{1}{A}$$

$$R_{cd} 20^\circ C = 2.83 \times 10^{-8} \Omega m * \frac{1}{1.70316 \times 10^{-4} \text{ m}^2}$$

$$R_{cd} 20^\circ C = 1.66 \times 10^{-4} \frac{\Omega}{m}$$

$$R_{cd} 20^\circ C = 1.66 \times 10^{-4} \frac{\Omega}{m} * \frac{1000 \text{ m}}{1 \text{ km}}$$

$$R_{cd} 20^\circ C = 0.166 \frac{\Omega}{km}$$

Obteniendo un margen de error de 0% con referente a la tabla de características de los conductores.

La resistencia  $R_{cd} 20^\circ C$  la multiplicamos por la distancia de la línea. En este caso tomamos la línea de subtransmisión que va de 2 Cerritos - Bijancorsa completando un recorrido de 8 km

$$R_{cd} 20^\circ C = 0.166 \frac{\Omega}{km} * 8 \text{ km} *$$



$$R_{cd} 20^{\circ}C = 1.328 \Omega$$

Para el cálculo de la Resistencia en corriente alterna a 20°C, tomamos la ecuación (8)

$$R_{ac} 20^{\circ}C = R_{dc} 20^{\circ}C * 1.02$$

$$R_{ac} 20^{\circ}C = 0.169 \frac{\Omega}{km}$$

Tomando a 8km de distancia nos da:

$$R_{ac} 20^{\circ}C = 1.352 \Omega$$

Causando un aumento en la resistencia alterna por efecto piel de: 0.024 Ω

Esta línea de subtransmisión es asimétrica y están espaciada de la siguiente manera

Dab: 2.4 m, Dbc: 2.4 m, Dca: 1.5 m.

Tomando la ecuación (10) tenemos lo siguiente

$$Deq = \sqrt[3]{Dab * Dbc * Dca}$$

$$Deq = \sqrt[3]{2.5 * 2.5 * 1.5}$$

$$Deq = 2.05 m$$

Calculando la inductancia utilizando la ecuación (9)

$$L = 2 \times 10^{-7} \ln \frac{Deq}{RMG} \text{ (H / m)}$$

Para este circuito trifásico de una línea por fase, el RMG = RMG del conductor.

Dado el diámetro del conductor obtenido en la fig 7, obtenemos el radio de este.

Siendo RMG=DS tomamos la ecuación (11)

$$Ds = r * 0.809$$

$$Ds = 0.009145 m * 0.809$$

$$Ds = 0.00740 m$$

Deq es la distancia es la distancia equivalente de los conductores que ya calculamos anteriormente es 2.05 m

$$L = 2 \times 10^{-7} \ln \frac{2.05 \text{ m}}{0.00740 \text{ m}} \left[ \frac{H}{m} \right]$$

$$L = 1.12 \times 10^{-6} \frac{H}{m}$$

Tenemos la inductancia por metro, para calcular la inductancia total de la línea multiplicamos la respuesta por la distancia total de la línea que es en este caso 8 km

$$L = 1.12 \times 10^{-6} \left[ \frac{H}{m} \right] * \frac{1000 \text{ m}}{1 \text{ km}} * 8 \text{ km}$$

$$L = 0.4432 \text{ H}$$

$$L = 443.24 \text{ mH}$$

La reactancia inductiva usamos la ecuación (12).

$$X_L = \omega L$$

$$X_L = 2 * \pi * f * L$$

$$X_L = 2 * \pi * 60 * 1.12 \times 10^{-6}$$

$$X_L = 4.222 \left[ \frac{\Omega}{m} \right]$$

$$X_L = 4.222 \frac{\Omega}{m} * \frac{1000}{1 \text{ km}}$$

$$X_L = 0.422 \frac{\Omega}{\text{km}}$$

$$X_L = 0.422 \frac{\Omega}{m} * \frac{1000}{1 \text{ km}} * 8 \text{ km}$$

$$jX_L = 3.376 \Omega$$

Quedando representada la impedancia de la línea utilizando la ecuación (2)

$$Z_l = (r + jx_l) \frac{\Omega}{\text{km}}$$

$$Zl = (0.166 + 0.422j) \frac{\Omega}{km}$$

Impedancia a 8km

$$Zl = (1.328 + 3.376j) \Omega$$

Hay que resaltar que, para la resolución de este proyecto al tener todas las líneas con distancias corta, se omite el efecto capacitivo.

La regulación de voltaje usamos la ecuación (1)

$$\Delta V = I (R \cos \phi + jXL \sin \phi)$$

Según el flujo de carga en el programa DIGSILENT el valor de **Is: 0.28 KA**. Esta corriente se encuentra a mínima carga y corresponde a la línea DOS CERRITOS – BIJANCORSA.

Grid: Minima		System Stage: Minima		Study Case: Study Case		Annex: / 5	
rated Voltage [kV]	Bus-voltage [p.u.] [kV]	Active Power [MW]	Reactive Power [Mvar]	Power Factor [-]	Current [kA]	Power Factor Loading [%]	Additional Data
Bijancorsa							
69.00	0.98 67.81 -1.05						
Cub_3 /Lod	S/E BIJANCORPSA	0.19	0.05	0.97	0.00		P10: 0.19 MW Q10: 0.05 Mvar
Cub_1 /Lne	2 Cerritos - Bijan	-30.15	-11.87	-0.93	0.28	53.15	Pv: 303.21 kW cLod: -0.00 Mvar L: 8.00 km
Cub_2 /Lne	Bijancorsa - La T	29.95	11.82	0.93	0.27	52.83	Pv: 417.44 kW cLod: 0.00 Mvar L: 11.15 km

**Figura 21:** Valor de corriente a mínima carga de la línea 2 Cerritos – Bijancorsa (Autores)

$$\Delta V = \sqrt{3} * 0.28 ( 1.328 \cos 68.52 + 3.376 \sin 68.52)$$

$$\Delta V = \sqrt{3} * 0.28 ( 0.48 + 3.14)$$

$$\Delta V = \sqrt{3} * 0.28 * 3.62$$

$$\Delta V = 1.75 \text{ kv}$$

Esto nos indica que tenemos perdida de 1.75 kv en la línea y a la barra nos llega un voltaje  $\Delta r = 67.24 \text{ kv}$ .

Para la regulación de voltaje usamos la ecuación (3)

$$\% \text{Regulación de voltaje} = \frac{V_s - \Delta r}{V_s} \times 100 \%$$

Siendo  $V_s$  nuestro voltaje entregado por la barra 2 cerritos

$$\%Regulación\ de\ voltaje = \frac{69 - 67.24\ kv}{69kv} \times 100\ %$$

$$\%Regulación\ de\ voltaje = 2.55$$

A la barra de Bijancorsa nos está llegando 67.24 KV. Comparando con los datos otorgados en DIGSILENT nos dice que el voltaje obtenido en la barra de Bijancorsa es de 67.81 Kv. Comparando los valores dado en el DIGSILENT nos da una efectividad de 99.15%

Grid: Minima	System Stage: Minima				Study Case: Study Case				Annex:	/ 1
rtd.V [kV]	Bus - voltage [p.u.] [kV]		[deg]		Voltage - Deviation [%]					
					-10	-5	0	+5	+10	
Barra 2 Cerritos	69.00	1.000	69.00	0.00						
Bijancorsa	69.00	0.983	67.81	-1.05						
J.B.A.	69.00	0.957	66.04	-2.72						

**Figura 22:** Valor de Voltaje a mínima carga de la línea 2 Cerritos – Bijancorsa. (Autores)

Con este porcentaje de regulación, estamos dentro de lo permitido en los rangos admisibles de voltaje  $\pm 5.0\ %$  según ARCONEL 005/018.

Para la pérdida por efecto Joule usamos la ecuación (4)

$$P_{al} = 3R|I|^2$$

$$P_{al} = 3 * 1.328|0.28\ kA|^2$$

$$P_{al} = 312.34\ kw$$

Según el flujo de carga en el programa DIGSILENT el valor de **Is: 0.41 KA**. Esta corriente se encuentra a máxima carga y corresponde a la línea DOS CERRITOS – BIJANCORSA.

Grid: Maxima	System Stage: Maxima				Study Case: Study Case				Annex:	/ 1
rated Voltage [kV]	Bus-voltage [p.u.]	Bus-voltage [kV]	[deg]	Active Power [MW]	Reactive Power [Mvar]	Power Factor [-]	Current Loading [kA]	Loading [%]	Additional Data	
Bijancorsa	69.00	0.97	67.19	-1.57						
Cub_3 /Lod	S/E BIJANCORPSA			0.39	0.10	0.97	0.00		P10: 0.39 MW	Q10: 0.10 Mvar
Cub_1 /Lne	2 Cerritos - Bijan			-44.70	-17.98	-0.93	0.41	79.78	Pv: 683.02 kW	cLod: -0.00 Mvar L: 8.00 km

**Figura 23:** Valor de corriente a máxima carga de la línea 2 Cerritos – Bijancorsa (Autores)

$$\Delta V = \sqrt{3} * 0.41 * 3.62$$

$$\Delta V = 2.57 \text{ kv}$$

Vemos que aumento nuestra perdida de voltaje a 0.82 Kv estando a máxima carga el sistema. Lo cual nos llega a nuestra barra Bijancorsa un voltaje  $\Delta r = 66.43$ . Comparando con los datos otorgados en DIGSILENT nos dice que el voltaje obtenido en la barra de Bijancorsa es de 67.19

Grid: Maxima		System Stage: Maxima		Study Case: Study Case		Annex:		/ 1	
rtd.V		Bus - voltage				Voltage - Deviation [%]			
[KV]		[p.u.]		[KV] [deg]		-10 -5 0 +5 +10			
Bijancorsa		69.00	0.974	67.19	-1.57				

**Figura 24:** Valor de Voltaje a máxima carga de la línea 2 Cerritos – Bijancorsa (Autores)

$$\%Regulación\ de\ voltaje = \frac{69 - 66.43}{69} \times 100 \%$$

$$\%Regulación\ de\ voltaje = 3.72 \%$$

$$P_{al} = 3 * 1.328 |0.41 \text{ kA}|^2$$

$$P_{al} = 669.71 \text{ kw}$$

En máxima carga la línea 2 cerritos-bijancorsa hay un aumento de perdida, pero aun así se encuentra en rangos permitido de voltaje  $\pm 5.0 \%$  según ARCONEL 005/018.

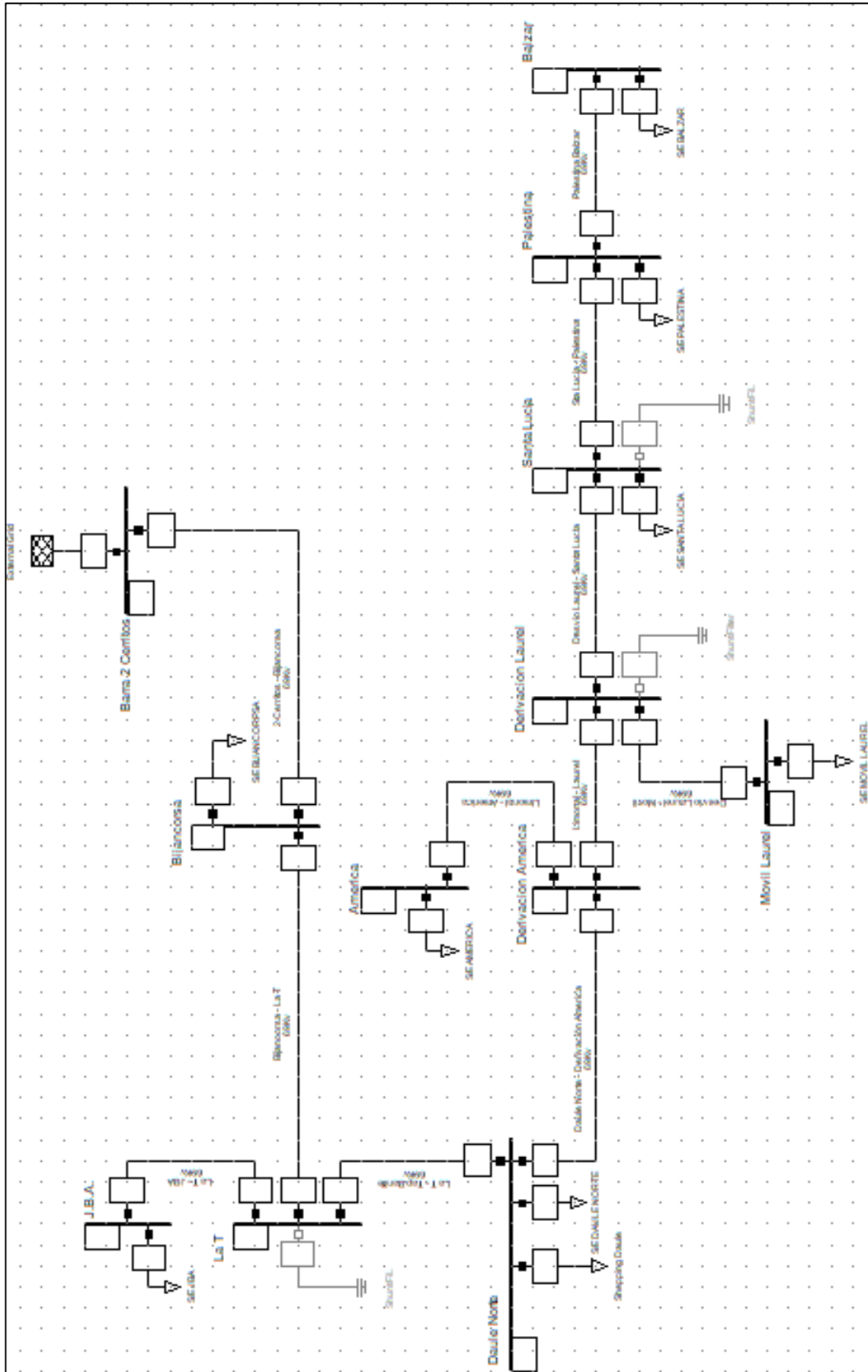


Figura 25: Diagrama del sistema (Autores)

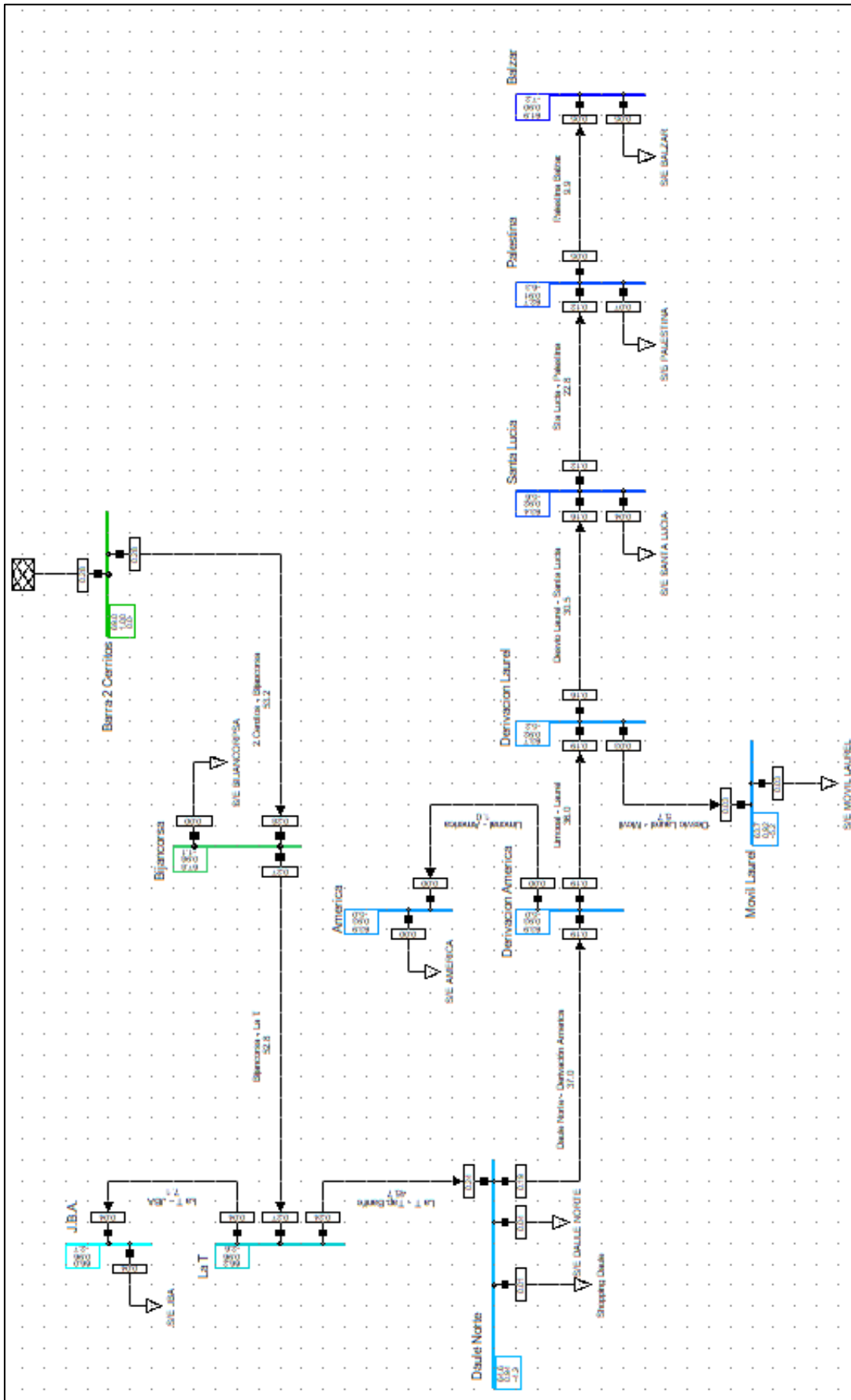


Figura 26: Flujo de potencia del a mínima demanda (Autores)

Los parámetros a mínima demanda se los obtuvo por el aplicativo web de telemetría GLR, tomando de referencia el mes de Diciembre del 2021, estos fueron ingresado a DIgSILENT. En la tabla 5 nos muestra los valores de demanda por barra

DATOS DE LINEA - LINEA A MINIMA DEMANDA					
LINEA- LINEA	Tipo de Conductor	Longitud (Km)	Voltaje Barra - Barra (Kv)	Caida de voltaje (Kv)	Caida de Voltaje %
2 Cerritos - Bijancorsa	ACSR- Linnet	8	67.81	1.19	-1.72
Bijancorsa - La T	ACSR- Linnet	11.15	66.19	2.81	-4.07
La T - Juan Bautista	ACSR- Linnet	8	66.04	2.96	-4.28
La T - T ap Banife	ACSR- Linnet	13	64.62	4.83	-7.00
Daule Norte - Derivación América	ACSR- Linnet	7.6	63.90	5.1	-7.39
Limonal - América	ACSR- Linnet	4.7	63.89	5.11	-7.40
Limonal - Laurel	ACSR- Linnet	1.736	63.74	5.26	-7.62
Desvió Laurel - Móvil	ACSR- Linnet	0.6	63.73	5.27	-7.63



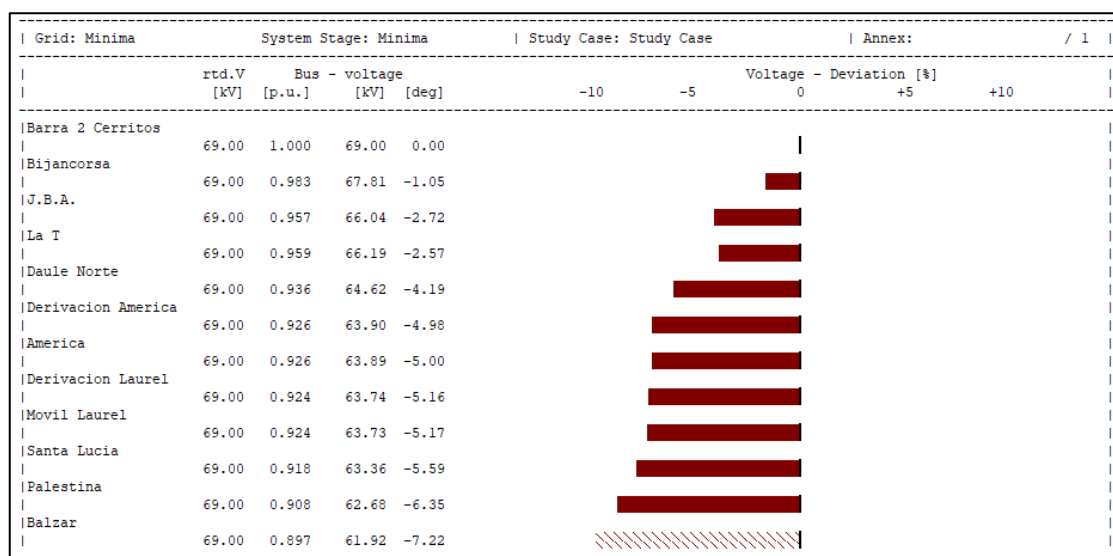
Desvió Laurel - Santa Lucia	ACSR- Linnet	4.915	63.36	5.64	-8.17
Santa Lucia - Palestina	ACSR- Linnet	11.54	62.68	6.32	-9.15
Palestina - Balzar	ACSR- Linnet	30	61.92	7.08	-10.26

**Tabla 1:** Datos de la caída de tensión en las líneas del sistema a mínima demanda. (Autores)

DATOS MINIMOS DE CARGA EN CADA BARRA				
BARRA	Carga P (MW)	Carga Q (Mvar)	Voltaje (Kv)	Corriente (Ka)
2 Cerritos	-	-	69	0.28
Bijancorsa	0.194	0.0486	68.8	0.0016
La T	-	-	67.2	0.27
Juan Bautista	3.95	1.48	67.1	0.04
Daule	3.73	0.2	65.7	0.01
Norte	3.73	1.64		0.04
Derivación América	-	-	65	0.19
América	0.52	0.18	65	0.0048
Derivación Laurel	-	-	64.8	0.18

Móvil Laurel	3.2	0.5	64.8	0.03
Santa Lucia	4.173	1.249	64.5	0.04
Palestina	6.94	2.09	63.8	0.07
Balzar	5.3	1.59	63.1	0.05

**Tabla 5:** Datos de carga a mínima demanda por barra del sistema. (Autores)

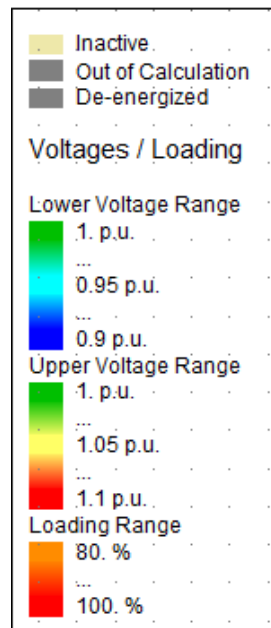


**Figura 27:** Desviación de Voltaje en las Barras del Sistema en el programa DIGSILENT a (Autores)

Según los datos obtenidos en la TABLA 4. Tenemos unos valores porcentuales excesivos a partir de la línea La T - Tap Banife. Superando los rangos permitidos según ARCONEL 005/018 que nos indica que las caídas de voltaje no deben ser mayor ni inferior al 5.0 %.

Estas caídas de voltaje corresponden mayormente a cargas residenciales en horario de 18:30 a 07:30. Debido al crecimiento de la población y la línea ya hace más de 50 años que no es repotenciada.

En la Figura 26 muestra la simulación de flujo de carga realizado en el programa de DIGSILENT. Esta nos indica que las barras están de colores verdes, celeste y azul. La representación de colores nos permite identificar de manera instantánea si tenemos los voltajes bajos.



**Figura 28:** Rangos de niveles de voltaje (Autores)

En caso de que el color sea amarillo, naranja o rojo, nos indicaría que la carga de la línea es mayor o igual al 80% y que nuestro nivel de voltaje es mayor al 5%.

Como se observa en la Fig. 27. Solo las Barras 2 Cerritos y Bijancorsa se encuentran en valores no menores al 5%. A diferencia del resto que superan una caída del 5%. Resaltando que en la Barra Balzar ya supera el 10% de pérdida.

Este proyecto se enfoca en mejorar el sistema y lograr un nivel de tensión normalizado. Y para ello colocamos tres bancos de capacitores.

- El primero colocado en la S/E La T con una capacidad de 6 Mvar con un máximo de 3 pasos.
- El segundo ubicado en la S/E Laurel Santa Lucia con una capacidad de 6 Mvar con un máximo de 3 pasos.
- El tercero ubicado en S/E Santa Lucia con una capacidad de 6 Mvar con un máximo de 3 pasos.

Al instalar estos bancos de capacitores consumen energía reactiva para convertirla y entregar energía activa. De esta forma mejora el factor de potencia, la corriente, reduce pérdidas y estabilizando el sistema.

Para este caso optamos por accionar el banco de capacitores #2 ubicado en S/E Laurel trabajando a dos pasos entregándonos un total de 12 Mvar y el banco de capacitores #3

ubicado en la S/E Santa Lucía a un paso entregando 6 Mvar. Con un total de 18 Mvar logramos que se estabilizara el sistema a mínima demanda.

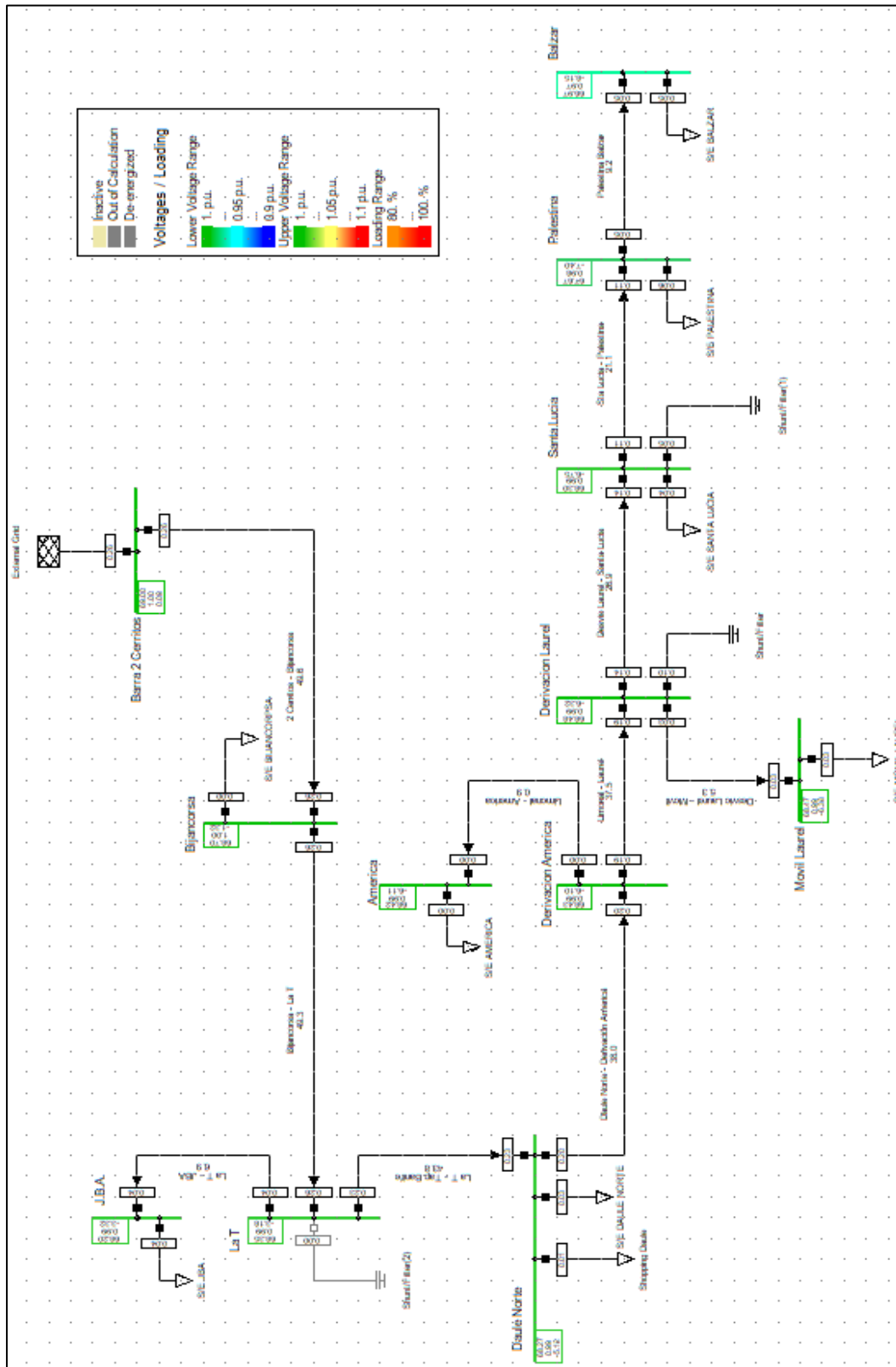


Figura 29: Flujo de potencia a mínima demanda mejorado (Autores)

Grid: Minima	System Stage: Minima				Study Case: Study Case		Annex: / 1		
	rtd.V [kV]	Bus - voltage [p.u.]	[kV]	[deg]	-10	-5	Voltage - Deviation [%]		
							0	+5	+10
Barra 2 Cerritos	69.00	1.000	69.00	0.00					
Bijancorsa	69.00	0.996	68.70	-1.32			■		
J.B.A.	69.00	0.988	68.20	-3.32			■		
La T	69.00	0.991	68.35	-3.18			■		
Daule Norte	69.00	0.989	68.27	-5.12			■		
Derivacion America	69.00	0.992	68.43	-6.10			■		
America	69.00	0.992	68.42	-6.11			■		
Derivacion Laurel	69.00	0.992	68.48	-6.32			■		
Movil Laurel	69.00	0.992	68.47	-6.33			■		
Santa Lucia	69.00	0.990	68.30	-6.75			■		
Palestina	69.00	0.981	67.67	-7.40			■		
Balzar	69.00	0.971	66.97	-8.15			■		

**Figura 30:** Desviación de voltaje en las barras del sistema en el programa DlgSILENT. Mejorado  
(Autores)

DATOS DE LINEA A MINIMA DEMANDA MEJORADO					
LINEA - LINEA	Tipo de Conductor	Longitud (Km)	Voltaje Barra - Barra (Kv)	caída o aumento de voltaje (Kv)	± 5 %
2 Cerritos - Bijancorsa	ACSR- Linnet	8	68.70	0.30	-0.43
Bijancorsa - La T	ACSR- Linnet	11.15	68.35	0.65	-0.94
La T - Juan Bautista	ACSR- Linnet	8	68.20	0.8	-1.15

La T - T tap Banife	ACSR- Linnet	13	68.27	0.73	-1.05
Daule Norte - Derivación América	ACSR- Linnet	7.6	68.43	0.57	-0.82
Limonal - América	ACSR- Linnet	4.7	68.42	0.58	-0.84
Limonal - Laurel	ACSR- Linnet	1.736	68.48	0.52	-0.75
Desvió Laurel - Móvil	ACSR- Linnet	0.6	68.47	0.53	-0.76
Desvio Laurel - Santa Lucia	ACSR- Linnet	4.915	68.30	0.7	-1.01
Santa Lucia - Palestina	ACSR- Linnet	11.54	67.67	1.33	-1.92
Palestina - Balzar	ACSR- Linnet	30	66.97	2.03	-2.94

**Tabla 6:** Datos de la caída de tensión en las líneas del Sistema a mínima demanda mejorado (Autores)

De esta forma logramos cumplir con el reglamento de ARCONEL 005/018. Obteniendo caídas que no superan  $\pm 5\%$ .

Para el análisis a máxima demanda en la tabla 7 se detallan los valores de carga por barra.

DATOS DE CARGA A MAXIMA DEMANDA EN CADA BARRA				
BARRA	Carga P (MW)	Carga Q (Mvar)	Voltaje (Kv)	Corriente (Ka)
2 Cerritos	-	-	69	0.41
Bijancorsa	0.388	0.0972	67.19	0.003
La T	-	-	64.77	0.41
Juan Bautista	4.47	1.18	64.61	0.04
Daule	0.8	0.1	62.32	0.007
Norte	5.3	1.8		0.052
Derivación América	-	-	61.17	0.31
América	1.29	0.3	61.13	0.012
Derivación Laurel	-	-	60.93	0.29
Móvil Laurel	5.2	1.15	60.91	0.052
Santa Lucia	6.173	1.449	60.37	0.061
Palestina	10.16	2.09	59.39	0.10
Balzar	7.26	1.78	58.37	0.07

**Tabla 7:** Datos de demanda máxima por barra del sistema. (Autores)

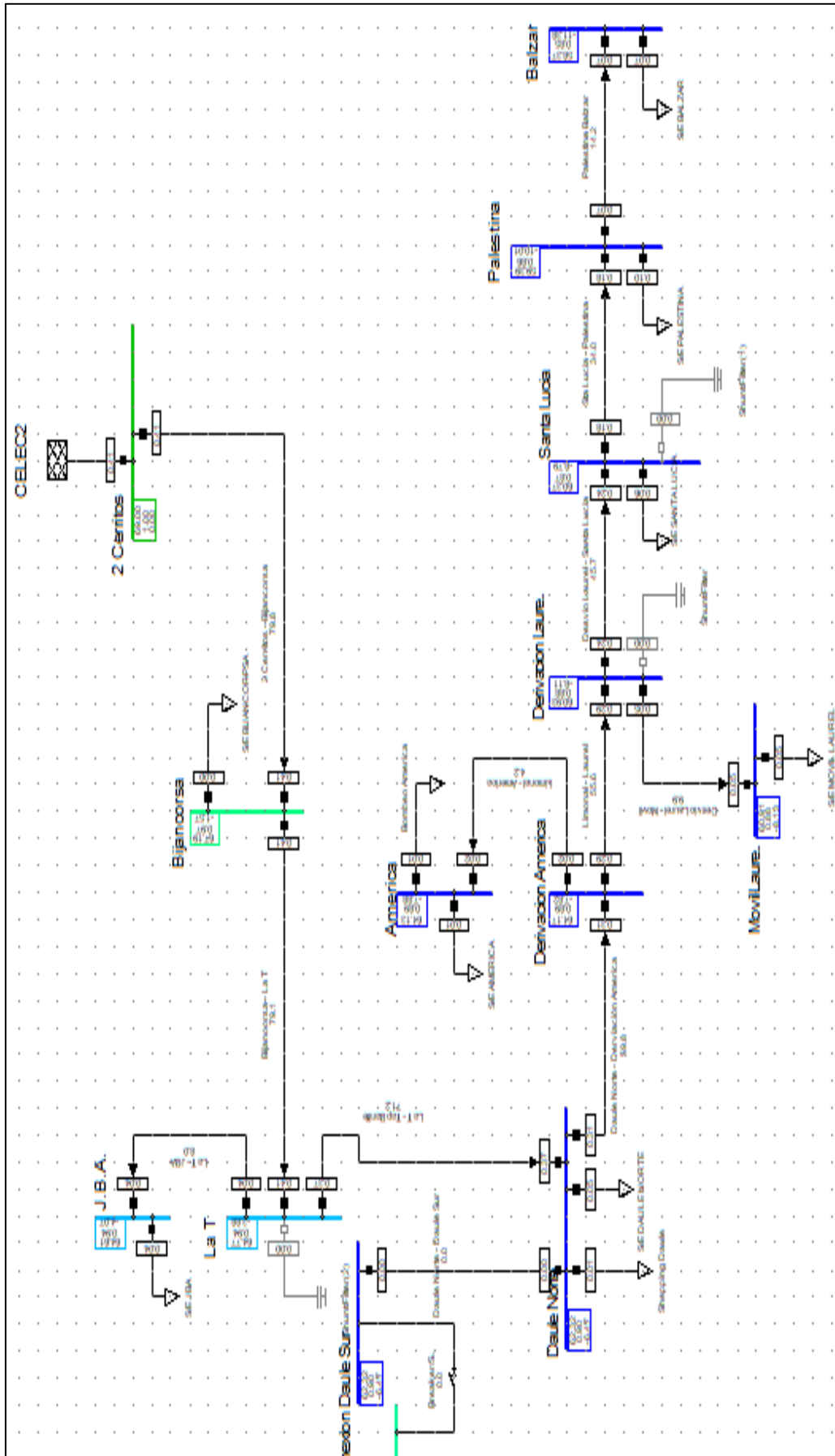


Figura 31: Flujo de potencia a máxima demanda de la LST 5 (Autores)



Como se observa en la figura 31, todo el sistema a partir de la barra de La T se encuentra superando los valores establecidos por la ARCONEL. Estas cargas corresponden a horarios de 7:00 - 18:30. Debido que a este horario la mayor carga no corresponde a la residencial. Son cargas industriales agropecuarias. Por ende, las empresas industriales ponen en funcionamiento su maquinaria y las caídas de voltaje aumenta abismalmente. En la tabla 8 se detalla las caídas de voltaje porcentual por cada línea del sistema.

La línea LST 5 dos cerritos tiene interconexión con la línea LST 2 pascuales. Esta nos permite transferir carga en casos de fallas, mantenimiento o sobre cargas. Para este caso tomamos este disyuntor en estado abierto.

Grid: Maxima		System Stage: Maxima			Study Case: Study Case		Annex: / 1		
	rtd.V	Bus - voltage			Voltage - Deviation [%]				
	[kV]	[p.u.]	[kV]	[deg]	-10	-5	0	+5	+10
Bijancorsa	69.00	0.974	67.19	-1.57					
La T	69.00	0.939	64.77	-3.88					
J.B.A.	69.00	0.936	64.61	-4.07					
Daule Norte	69.00	0.903	62.32	-6.47					
Derivacion America	69.00	0.887	61.17	-7.82					
America	69.00	0.886	61.13	-7.88					
Derivacion Laurel	69.00	0.883	60.93	-8.11					
Movil Laurel	69.00	0.883	60.91	-8.13					
Santa Lucia	69.00	0.875	60.37	-8.79					
Palestina	69.00	0.861	59.39	-10.01					

**Figura 32:** Desviación de voltaje en las barras del sistema en el programa DIGSILENT a máxima demanda. (Autores)

DATOS DE LINEA A MAXIMA DEMANDA					
LINEA-LINEA	Tipo de Conductor	Longitud (Km)	Voltaje Barra - Barra (Kv)	caída o aumento de voltaje (Kv)	± 5 %

2 Cerritos - Bijancorsa	ACSR- Linnet	8	67.19	1.02	- 1.48
Bijancorsa - La T	ACSR- Linnet	11.15	64.77	4.23	- 6.13
La T - Juan Bautista	ACSR- Linnet	8	64.61	4.39	- 6.36
La T - T ap Banife	ACSR- Linnet	13	62.32	6.68	- 9.68
Daule Norte - Derivación América	ACSR- Linnet	7.6	61.17	7.38	- 10.69
Limonal - América	ACSR- Linnet	4.7	61.13	7.87	- 11.40
Limonal - Laurel	ACSR- Linnet	1.736	60.93	8.07	- 11.69
Desvió Laurel - Móvil	ACSR- Linnet	0.6	60.91	8.09	- 11.72
Desvió Laurel - Santa Lucia	ACSR- Linnet	4.915	60.37	8.63	- 12.50
Santa Lucia - Palestina	ACSR- Linnet	11.54	59.39	9.61	- 13.92

Palestina - Balzar	ACSR- Linnet	30	58.37	10.63	- 15.40
-----------------------	-----------------	----	-------	-------	---------

**Tabla 2:** Datos de la caída de tensión en las líneas del sistema a máxima demanda. (Autores)

Como observamos en la figura 32 y en la tabla 8 los valores porcentuales del sistema llegan a superar el 10 % de caída en las zonas de S/E Daule Norte, S/E América, S/E Laurel, S/E Santa Lucía, S/E, S/E Palestina y S/E Balzar esto se debe a que en todas esas zonas donde se encuentran ubicadas las subestaciones esta la mayor parte de agroindustrias del sistema LST5.

Como solución y con el objetivo de mejorar las caídas de voltaje en el sistema en máxima demanda. Optamos por poner en funcionamiento los tres bancos de capacitores entregando un total de 36 Mvar. De esta forma llegamos a solución del proyecto. Logrando optimizar el sistema de la LST 5 dos cerritos y cumpliendo con las normas que dispone el ARCONEL.

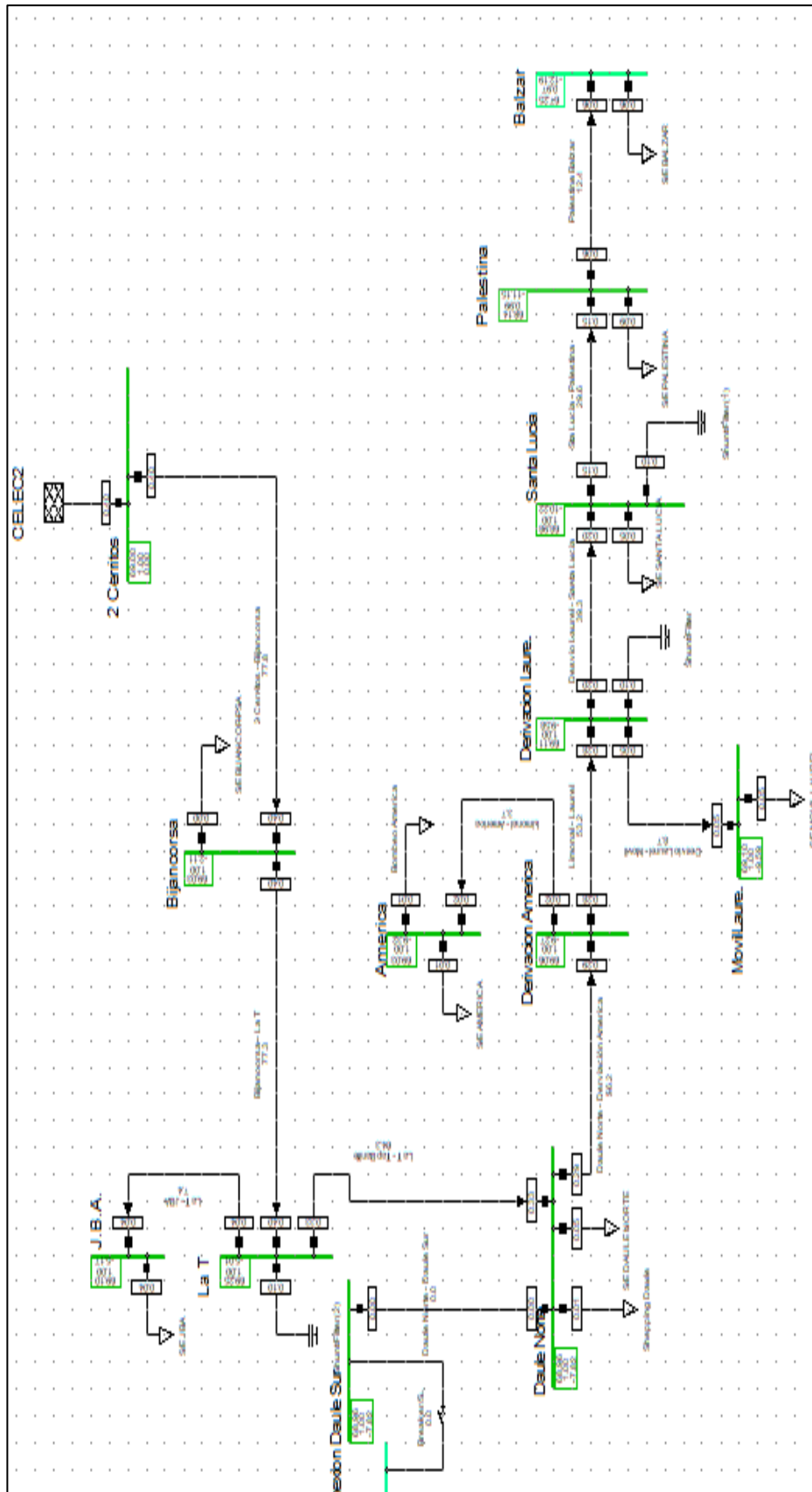


Figura 33: Flujo de potencia del sistema a máxima demanda mejorado (Autores)

Load Flow Calculation				Complete System Report: Voltage Profiles, Grid Interchange			
AC Load Flow, balanced, positive sequence				Automatic Model Adaptation for Convergence	No		
Automatic Tap Adjust of Transformers	No			Max. Acceptable Load Flow Error for			
Consider Reactive Power Limits	No			Nodes		1.00 kVA	
				Model Equations		0.10 %	
Grid: Maxima	System Stage: Maxima	Study Case: Study Case	Annex: / 1				
	rtd.V [kV]	Bus - voltage [p.u.]	[kV] [deg]	-10	-5	Voltage - Deviation [%]	0 +5 +10
Bijancorsa	69.00	1.000	69.03 -2.11				
La T	69.00	1.004	69.25 -5.01				
J.B.A.	69.00	1.001	69.10 -5.17				
Daule Norte	69.00	0.999	68.96 -7.82				
Derivacion America	69.00	1.001	69.06 -9.27				
America	69.00	1.000	69.03 -9.32				
Derivacion Laurel	69.00	1.002	69.11 -9.58				
Movil Laurel	69.00	1.001	69.10 -9.59				
Santa Lucia	69.00	1.000	68.98 -10.22				
Palestina	69.00	0.988	68.14 -11.15				
Balzar	69.00	0.975	67.25 -12.19				

**Figura 34:** Desviación de voltaje en las barras del Sistema en el programa DigSILENT a máxima demanda corregido (Autores)

DATOS DE LINEA A MAXIMA DEMANDA MEJORADO					
LINEA-LINEA	Tipo de Conductor	Longitud (Km)	Voltaje Barra - Barra (Kv)	caída o aumento de voltaje (Kv)	± 5 %
2 Cerritos - Bijancorsa	ACSR-Linnet	8	69.03	0.3	+0.43
Bijancorsa - La T	ACSR-Linnet	11.15	69.25	0.25	+0.36
La T - Juan Bautista	ACSR-Linnet	8	69.10	0.10	+0.14

La T - T tap Banife	ACSR- Linnet	13	68.96	0.04	-0.05
Daule Norte - Derivación América	ACSR- Linnet	7.6	69.06	0.06	+0.86
Limal - América	ACSR- Linnet	4.7	69.03	0.03	+0.04
Limal - Laurel	ACSR- Linnet	1.736	69.11	0.11	+0.15
Desvió Laurel - Móvil	ACSR- Linnet	0.6	69.10	0.10	+0.14
Desvió Laurel - Santa Lucia	ACSR- Linnet	4.915	68.98	0.02	-0.02
Santa Lucia - Palestina	ACSR- Linnet	11.54	68.14	0.86	-1.24
Palestina - Balzar	ACSR- Linnet	30	67.25	1.75	-2.53

**Tabla 3:** Datos de la caída de tensión en las líneas del sistema a máxima demanda mejorado. (Autores)

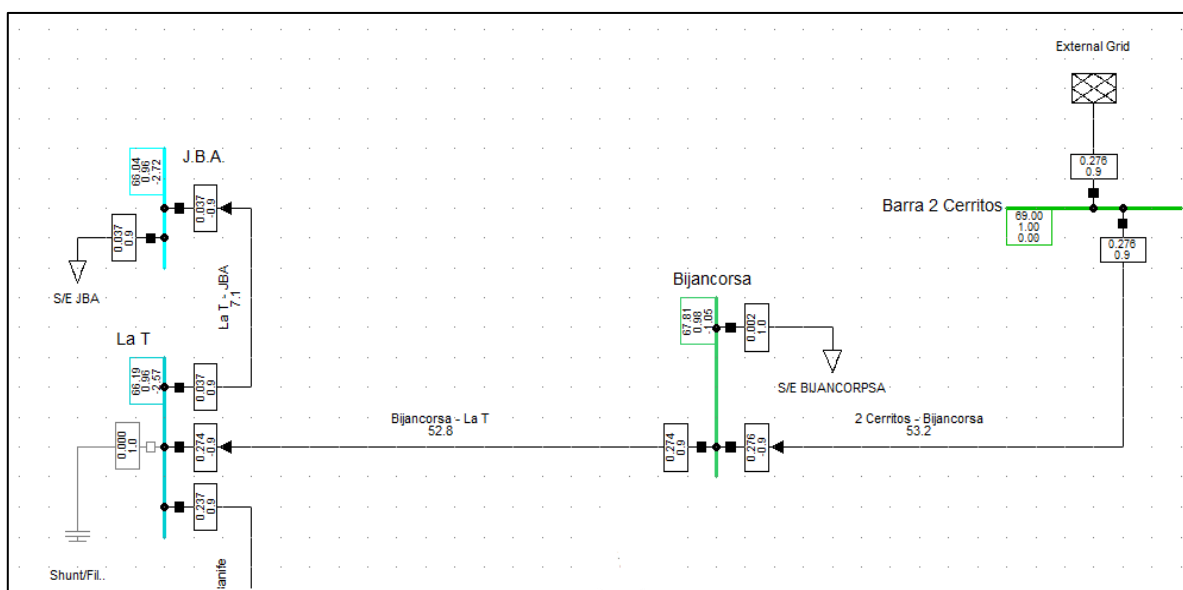
## CAPÍTULO IV

### 4.1 ANÁLISIS DE RESULTADOS

#### 4.1.1 SIMULACIÓN A MINIMA DEMANDA

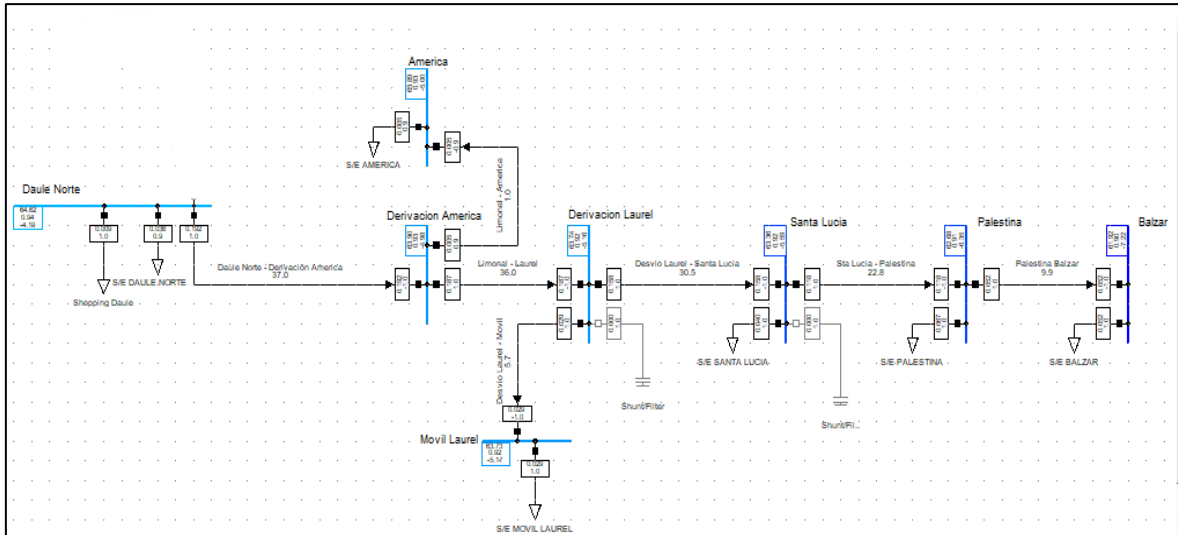
Realizando la simulación a mínima demanda de la LST 5 se toma como referencias las tablas 4 que nos indica los valores de caída de tensión porcentual a mínima demanda, la tabla 5 nos detalla los valores de carga ingresados en el software para la respectiva simulación y la tabla 6 nos muestra el resultado de caída de tensión porcentual mejorado.

El primer tramo que parte de la Barra 2 Cerritos y culmina en la barra Juan Bautista como se muestra en la fig. 35 la cargabilidad de la línea se encuentra en óptimas condiciones rodeando el 53%. Con respecto al nivel de voltaje de las barras se mantienen en el rango establecido por ARCONEL.



**Figura 35:** Tramo barra 2 Cerritos – barra JBA mínima demanda (Autores)

Para el segundo tramo la caída de tensión que existe la barra La T afecta al resto del sistema. Debido a que el voltaje que llega a la S/E Daule Norte oscila entre 63 kv y 65 kv teniendo un volteje en la S/E Balzar de hasta 60 kv lo que nos indica que el sistema se encuentra en situación crítica superando el rango de desviación de voltaje que establece ARCONEL.



**Figura 36:** Tramo Daule Norte – Balzar mínima demanda (Autores)

Como evidencia del correcto mejoramiento del sistema se muestra en la siguiente tabla la comparación de corriente y pérdidas en la línea.

CORRIENTES Y PERDIDAS A MINIMA DEMANDA					
LINEA-LINEA	Longitud (Km)	normal (Ka)	mejorado (Ka)	normal (kw)	mejorado (kw)
2 Cerritos - Bijancorsa	8	0.28	0.26	303.21	264.38
Bijancorsa - La T	11.15	0.27	0.26	417.44	364.15
La T - Juan Bautista	8	0.04	0.036	5.42	5.08
La T - tap Banife	13	0.24	0.23	364.58	334.84
Daule Norte - Derivación América	7.6	0.19	0.20	139.57	147.58

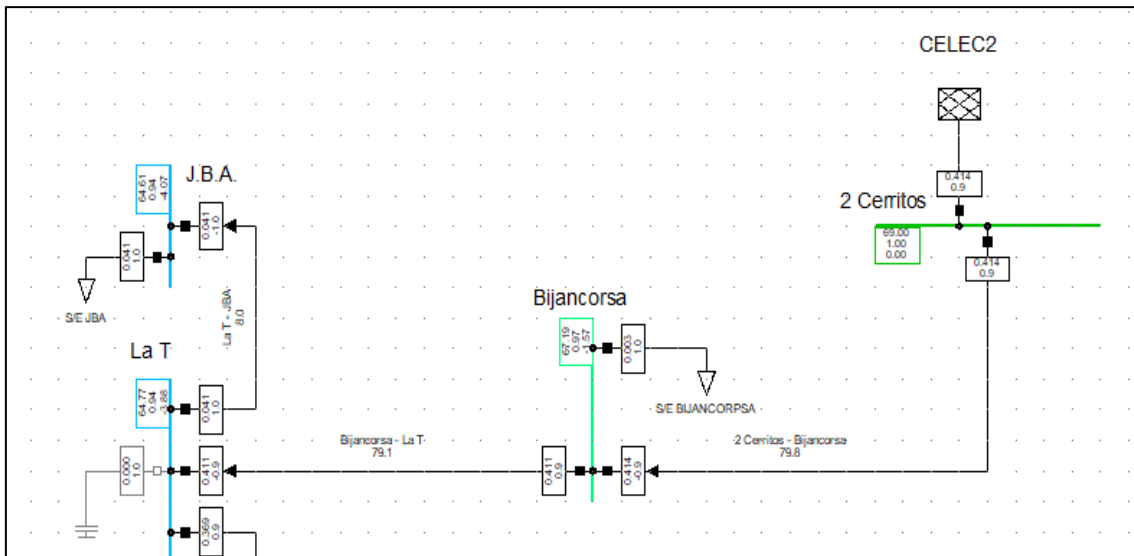


Limonal - América	4.7	0.005	0.005	0.06	0.04
Limonal - Laurel	1.736	0.19	0.194	30.25	32.69
Desvió Laurel - Móvil	0.6	0.034	0.030	0.26	0.22
Desvió Laurel - Santa Lucia	4.915	0.16	0.14	61.13	47.80
Santa Lucia - Palestina	11.54	0.12	0.11	80.49	68.95
Palestina - Balzar	30	0.054	0.050	39.77	33.99

**Tabla 4:** Comparación de corriente y perdida a mínima demanda. (Autores)

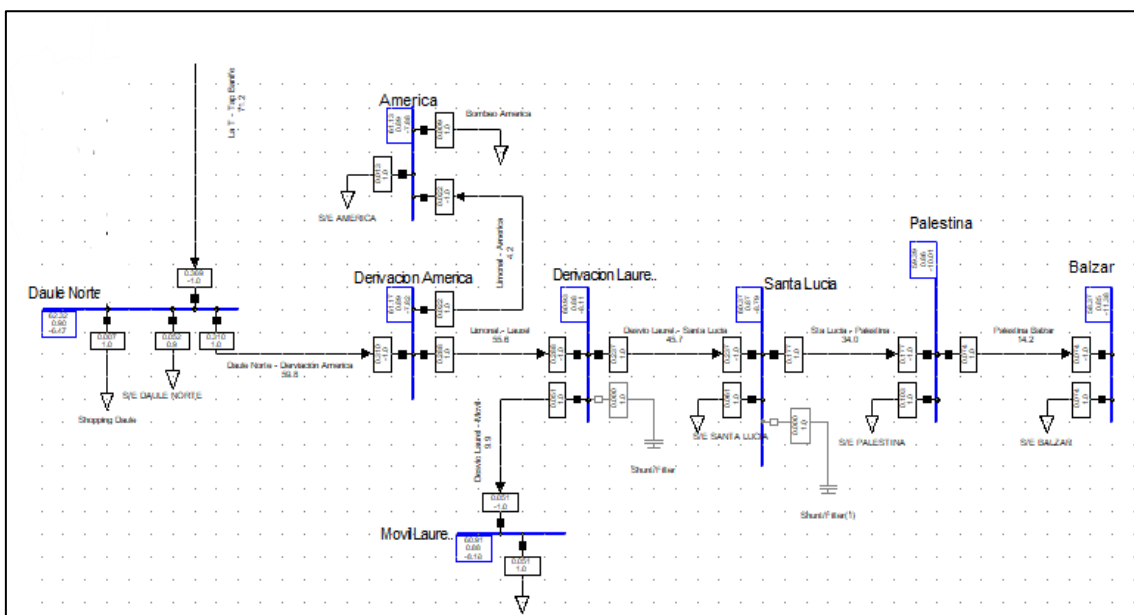
#### 4.1.2 SIMULACIÓN A MAXIMA DEMANDA

Para el caso de máxima demanda tenemos el primer trayecto que parte de la Barra 2 Cerritos y culmina en la barra Juan Bautista. A diferencia de la mínima demanda en este caso a partir de la barra La T existe ya una caída de voltaje superior a lo establecido por ARCONEL. Esto se debe a que las agroindustrias se encuentran en funcionamiento a esto se le suma las cargas urbanas y rurales.



**Figura 37:** Tramo barra 2 Cerritos – barra JBA máxima demanda (Autores)

A raíz de la caída de voltaje que se viene generando desde La T esto afecta a todo el resto del sistema como se muestra en la siguiente figura.



**Figura 38:** Tramo Daule Norte – Balzar mínima demanda (Autores)

Se realiza la siguiente comparación de corriente y pérdida con el fin de reflejar el mejoramiento del sistema a máxima demanda.

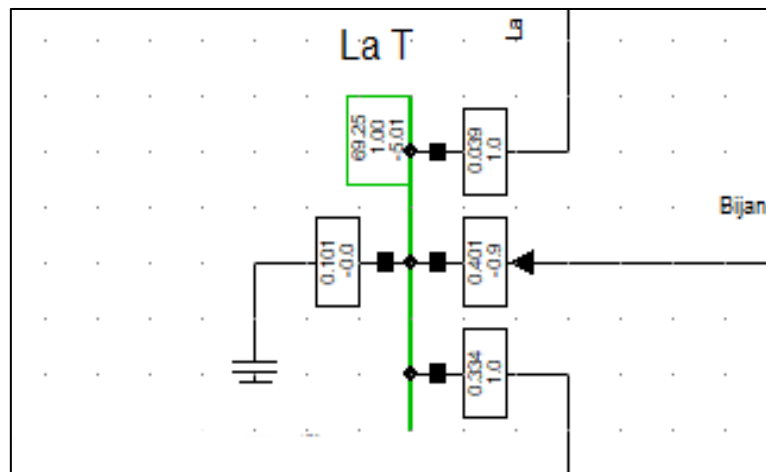
CORRIENTES Y PERDIDAS A MAXIMA DEMANDA					
LINEA- LINEA	Longitud (Km)	normal (Ka)	mejorado (Ka)	normal (kw)	mejorado (kw)
2 Cerritos - Bijancorsa	8	0.41	0.40	683.02	649.19
Bijancorsa - La T	11.15	0.41	0.40	936.37	892.94
La T - Juan Bautista	8	0.044	0.040	6.80	5.94
La T - tap Banife	13	0.37	0.33	883.87	720.07
Daule Norte - Derivación América	7.6	0.31	0.29	364.44	321.68
Limal - América	4.7	0.024	0.020	1.13	0.88
Limal - Laurel	1.736	0.29	0.28	71.95	65.83
Desvió Laurel - Móvil	0.6	0.054	0.05	0.79	0.61
Desvió Laurel - Santa Lucia	4.915	0.24	0.20	137.72	101.97

Santa Lucia - Palestina	11.54	0.18	0.15	179.33	135.75
Palestina - Balzar	30	0.07	0.06	81.68	61.52

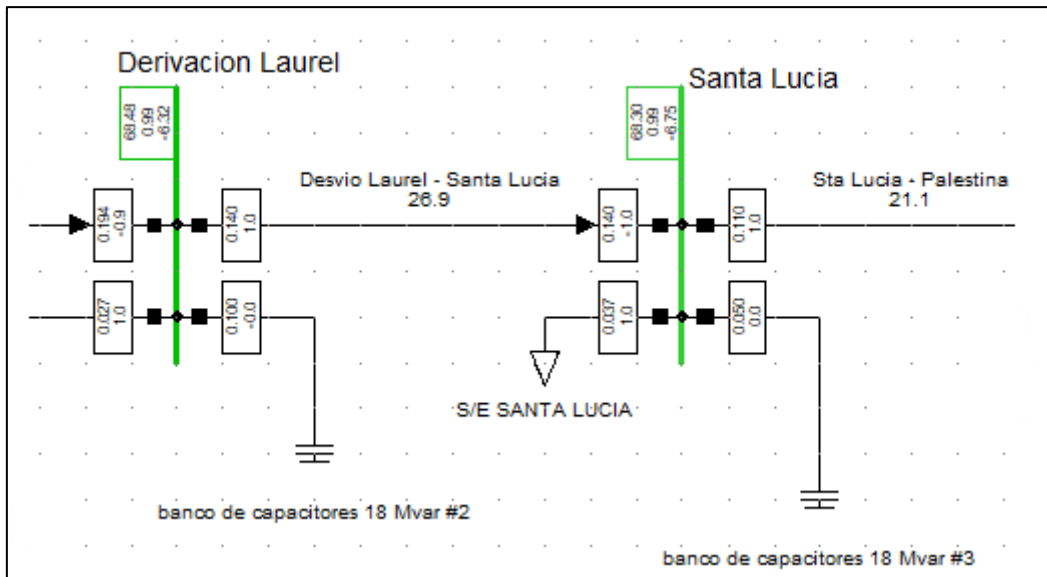
**Tabla 5:** Comparación de corriente y pérdida a máxima demanda (Autores)

Tomando en cuenta que para ambas situaciones alta demanda y mínima demanda existen muchas pérdidas y caídas de voltaje debido a que la línea no ha sido cambiada hace ya más de 50 años a esto sumándole el crecimiento urbano, rural e industrial provocando una desestabilización en la línea de subtransmisión

Como mejora se colocaron banco de capacitores en la barra La T, S/E Laurel y S/E Santa Lucia entregando un máximo de 54 Mvar como se muestra en la fig.27 y fig. 28. logrando tener menos pérdida y caída de tensión. De esta manera constituyendo un método insustituible para el mejoramiento de la calidad de servicio en cualquier momento del día así evitando penalización y cumpliendo las estrictas reglamentaciones de los entes reguladores.



**Figura 39:** Banco de capacitores ubicado en la barra La T (Autores)



**Figura 40:** Banco de capacitores ubicado en las S/E Laurel y S/E Santa Lucia (Autores)

## CAPÍTULO V

### 5.1 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### CONCLUSIONES

- La información y datos que sirvió para diseñar y analizar la línea LST 5 de la S/E Dos cerritos fueron tomados del sistema web de telemetría de CNEL EP en lo que corresponde a las variables de carga, voltaje. Para la distancia de línea se utilizó el Geoportal de CNEL EP y para complementar con la corrida de flujo realizado en el software DIgSILENT otorgándonos datos de pérdidas de potencia y corriente.
- Al usar el software DIgSILENT se ingresaron los valores como se muestra en la tabla 5 y tabla 7 que corresponden del lunes 6 de diciembre al viernes 10 de diciembre del año 2021 que nos permitió conocer sus escenarios a mínima demanda y máxima demanda.
- Acordé al diseño y simulación en el software DIgSILENT, se demostró mediante el análisis de flujo de carga las caídas de tensión en distintos puntos de las barras, al implementar los bancos de capacitores se reducen las caídas de tensión cumpliendo con la normativa dada por ARCONEL 005/018.
- Los valores que nos dio la simulación del programa DIgSILENT en condiciones normales comparados con los valores en condiciones mejoradas nos dio como resultado una eficiencia ideal en el sistema eléctrico de potencia de la LST 5 de la S/E Dos cerritos.
- Con lo antes mencionado estaríamos cumpliendo con los estándares de servicio, entregando al usuario la mayor calidad posible de energía a bajo costo.

## RECOMENDACIONES

- Se sugiere realizar como primera opción la instalación de equipos capacitores en las S/E que se encuentran a mitad de línea donde se tiene mayor demanda en las horas pico.
- Se recomienda la construcción de una nueva S/E para realizar maniobras de transferencia de carga ubicada en el sector conocido como “La T” de la parroquia Juan Bautista Aguirre.
- Se aconseja repotenciar a doble terna con calibre de conductor de aluminio con alma de acero 500 MCM ASCR la LST 5 desde la S/E Dos cerritos hasta la S/E Daule Norte.
- Se recomienda al personal de mantenimiento de la empresa eléctrica CNEL EP realizar el recorrido frecuente con la carama termográfica en las estructuras tipo “H” donde existan cortes en la línea, cambiar de conectores de pernos ajustable por conectores de compresión tipo H.
- Para finalizar, este proyecto realizado mediante el programa DIgSILENT se puede emplear para futuros diseños y análisis beneficiando a estudiantes de ingeniería eléctrica.

## REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

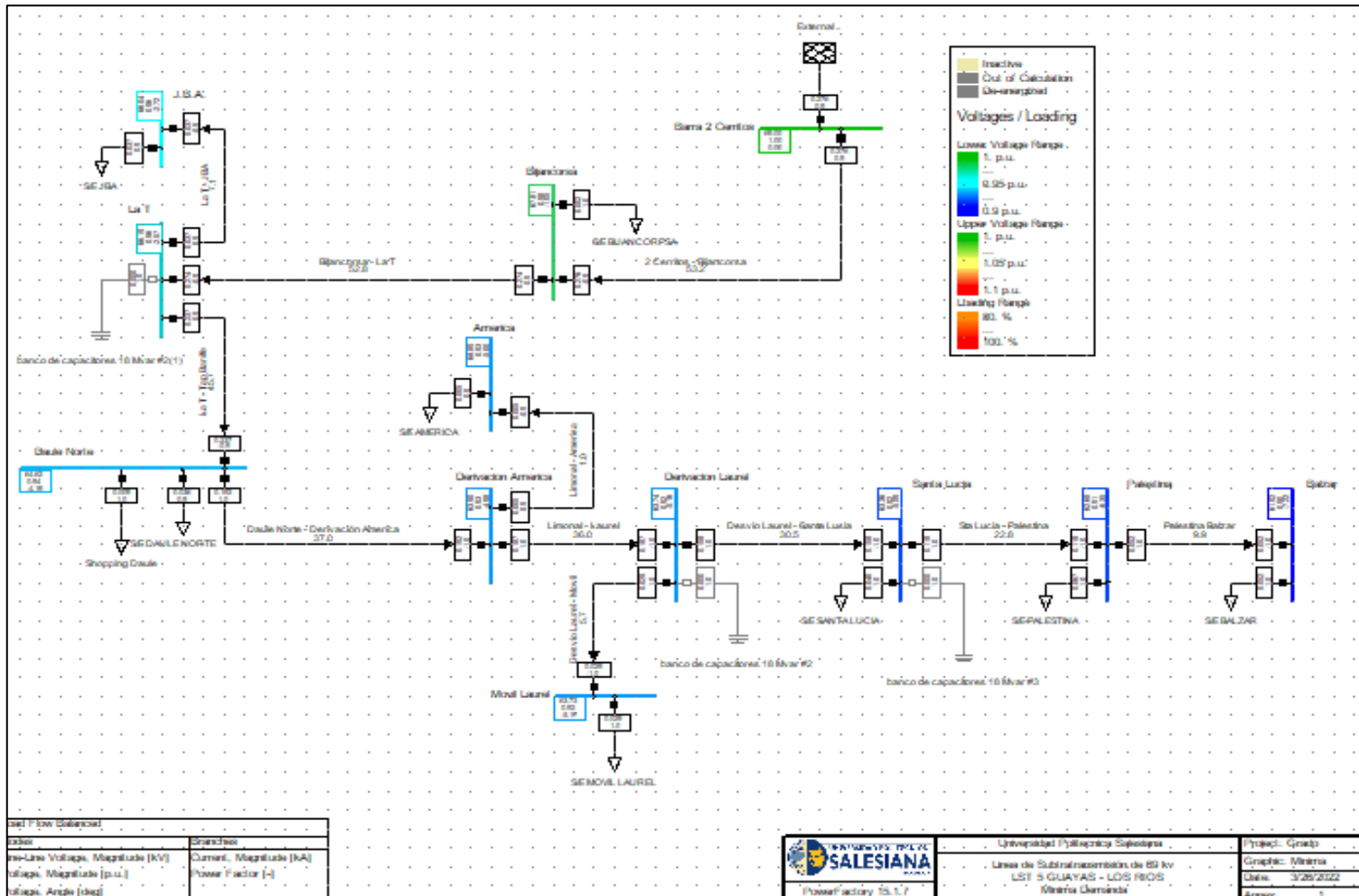
- [1] Transelectric, “Glosario de terminos,” p. 7, 2010.
- [2] J. Figueroa, “Generalidades y Estudio De las Líneas de Transmisión En Régimen Permanente,” p. 116, 2021.
- [3] E. Aguirre, “No Title,” *Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo*. <https://www.uaeh.edu.mx/scige/boletin/prepa2/n4/p2.html>.
- [4] M. Agudo, “Resistencia De La Piel Al Paso De La Corriente Eléctrica En Adultos Trabajadores,” *Univ. Madrid*, p. 405, 1998.
- [5] Sector electricidad, “¿Qué es la inductancia?,” *electricidad, sector*, 2017. .
- [6] F. Gonzales, “Impedancia Serie de Sistemas de Transmisión,” no. 4, p. 30, 2016.
- [7] Illustrationprize, “Inductancia de la línea de transmisión.” <https://illustrationprize.com/es/481-inductance-of-transmission-line.html>.
- [8] Electro cable, “Electrocables - Catálogo de Productos,” *Electro cable*, p. 182, 2018.
- [9] Procables, “Catalogo de productos.” p. 144, 2008.
- [10] Electricidad, “Conductores.” [https://www.edu.xunta.gal/espazoAbalar/sites/espazoAbalar/files/datos/1464947843/contido/312\\_conductores.html](https://www.edu.xunta.gal/espazoAbalar/sites/espazoAbalar/files/datos/1464947843/contido/312_conductores.html).
- [11] Structuralia, “Aisladores en líneas eléctricas: materiales, tipos y características principales,” 2018. <https://blog.structuralia.com/aisladores-en-lineas-electricas-materiales-tipos-y-caracteristicas-principales>.
- [12] S&C Electric, “Cortacircuito Fusible Tipo XS.” <https://www.sandc.com/es/productos-y-servicios/productos/cortacircuito-fusible-tipo-xs/>.
- [13] Alibaba, “Seccionadores.” <https://m.spanish.alibaba.com/p-detail/Outdoor-3-Phase-3-Pole-Horizontal-62067718117.html?language=spanish&redirect=1>.
- [14] ET8, “Seccionado tripolar de MT y AT para instalaciones aéreas y subestaciones de transformación,” p. 5.
- [15] Enersis, “Seccionadores de Media Tensión,” p. 17, 2019, [Online]. Available: <https://insite.com.co/seccionadores-de-media-tension/>.
- [16] Leyden, “Bancos de capacitores para MT.”
- [17] B. PQ, “Bancos de Capacitores Fijos, con Reactor de Rechazo y Filtros Fijos de Armónicas Soluciones.”
- [18] Santiago Bonilla, “Bancos de Capacitores,” *Arteche*, p. 4, 2012, [Online]. Available: <https://constructorelectrico.com/bancos-de-capacitores/>.
- [19] FLIR, “Cámaras termográficas FLIR,” 2019.
- [20] SAFER, “Cámaras termográficas.”



- <https://www.saferinstrument.com/index.php/productos/camaras-termograficas>.
- [21] DIgSILENT, “DIgSILENT.” <https://www.digsilent.de/en/>.
- [22] ARCONEL, “Regulacion No. ARCONEL-005-2018.pdf,” *Arconel*. p. 38, 2019.
- [23] Cnel, “Cnel.” .
- [24] Ministerio de Energía, “Plan De Expansion De La Transmision,” p. 39, 2020.
- [25] Cnel, “Electricidad.” <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/>.

ANEXOS

Anexo 1: Flujo de potencia en DIGSILENT de la línea LST5 en condiciones de mínima demanda



**Anexo 2:** Elementos del Flujo de potencia en DIGSILENT de la línea LST5 en condiciones de mínima demanda.

Load Flow Calculation		Edge Elements						
AC Load Flow, balanced, positive sequence	Automatic Model Adaptation for Convergence	No	No					
Automatic Tap Adjust of Transformers	Max. Acceptable Load Flow Error for Nodes	No	1.00 kVA					
Consider Reactive Power Limits	Model Equations	No	0.10 \$					
DIGSILENT   Project:     PowerFactory       15.1.7   Date: 3/26/2022								
Grid: Minima		System Stage: Minima   Study Case: Study Case   Annex: / 1						
Name	Type	Loading [\$]	Busbar	Active Power [MW]	Reactive Power [Mvar]	Power factor [-]	Current [kA]	Current [p.u.]
S/E AMERICA	Lod		America	0.520	0.180	0.94	0.005	1.080
S/E BALZAR	Lod		Balzar	5.300	1.590	0.96	0.052	1.114
S/E BIJANCORPSA	Lod		Bijancorsa	0.194	0.049	0.97	0.002	1.018
S/E DAULE NORTE	Lod		Daule Norte	3.730	1.640	0.92	0.036	1.068
S/E JBA	Lod		J.B.A.	3.950	1.480	0.94	0.037	1.045
S/E MOVIL LAUREL	Lod		Movil Laurel	3.200	0.500	0.99	0.029	1.083
S/E PALESTINA	Lod		Palestina	6.940	2.090	0.96	0.067	1.101
S/E SANTA LUCIA	Lod		Santa Lucia	4.173	1.249	0.96	0.040	1.089
Shopping Daule	Lod		Daule Norte	1.000	0.200	0.98	0.009	1.068
banco de capacitores 18 Mvar #2				0.000	0.000	1.00	0.000	0.000
banco de capacitores 18 Mvar #2(1)				0.000	0.000	1.00	0.000	0.000
banco de capacitores 18 Mvar #3				0.000	0.000	1.00	0.000	0.000
External Grid	Xnet			0.000	0.000	1.00	0.000	0.000
2 Cerritos - Bijancorsa Lne	Lne	53.15	Barra 2 Cerritos	30.449	12.644	0.92	0.276	0.532
Bijancorsa - La T	Lne	52.83	Barra 2 Cerritos	30.449	12.644	0.92	0.276	0.532
			Bijancorsa	-30.146	-11.873	-0.93	0.276	0.532
			Bijancorsa	29.952	11.824	0.93	0.274	0.528
			La T	-29.535	-10.763	-0.94	0.274	0.528
Daule Norte - Derivación America	Lne	37.00	Daule Norte	20.485	6.503	0.95	0.192	0.370
			Derivacion America	-20.345	-6.148	-0.96	0.192	0.370

Anexo 3: Reporte Completo del sistema del Flujo de potencia en DigSILENT de la línea LST5 en condiciones de mínima demanda

Load Flow Calculation		Complete System Report: Voltage Profiles, Grid Interchange			
AC Load Flow, balanced, positive sequence	No	Automatic Model Adaptation for Convergence	No		
Automatic Tap Adjust of Transformers	No	Max. Acceptable Load Flow Error for Nodes	1.00 kVA		
Consider Reactive Power Limits	No	Model Equations	0.10 \$		
Grid: Minima		System Stage: Minima	Study Case: Study Case	Annex: / 1	
rtd.V [kV]	Bus - voltage [p.u.]	[kV]	[deg]	Voltage - Deviation [%]	
					-10 -5 0 +5 +10
Barra 2 Cerritos	69.00	1.000	69.00	0.00	
Bijancorsa	69.00	0.983	67.81	-1.05	
J.B.A.	69.00	0.957	66.04	-2.72	
La I	69.00	0.959	66.19	-2.57	
Daule Norte	69.00	0.936	64.62	-4.19	
Derivacion America	69.00	0.926	63.90	-4.98	
America	69.00	0.926	63.89	-5.00	
Derivacion Laurel	69.00	0.924	63.74	-5.16	
Movil Laurel	69.00	0.924	63.73	-5.17	
Santa Lucia	69.00	0.918	63.36	-5.59	
Palestina	69.00	0.908	62.68	-6.35	
Balzar	69.00	0.897	61.92	-7.22	

Daule Norte - Derivación America	Lne	37.00	La I	-29.535	-10.763	-0.94	0.274	0.528
Daule Norte			Daule Norte	20.485	6.503	0.95	0.192	0.370
Derivacion America			Derivacion America	-20.345	-6.148	-0.96	0.192	0.370
Desvio Laurel - Movil	Lne	5.65	Movil Laurel	3.200	0.501	0.99	0.029	0.057
Desvio Laurel - Santa Lucia	Lne	30.45	Derivacion Laurel	-3.200	-0.500	-0.99	0.029	0.057
La I - JBA	Lne	7.11	Santa Lucia	16.594	5.390	0.95	0.158	0.305
La I - Tap Banife	Lne	45.72	La I	-16.533	-5.235	-0.95	0.158	0.305
Limonal - America	Lne	0.96	J.B.A.	3.955	1.494	0.94	0.037	0.071
Limonal - Laurel	Lne	36.04	La I	-3.950	-1.480	-0.94	0.037	0.071
Palestina Balzar	Lne	9.94	Daule Norte	25.579	9.269	0.94	0.237	0.457
			Derivacion America	-25.215	-8.343	-0.95	0.237	0.457
			America	0.520	0.180	0.94	0.005	0.010
			Derivacion America	-0.520	-0.180	-0.94	0.005	0.010
			Derivacion Laurel	19.825	5.968	0.96	0.187	0.360
			Palestina	-19.795	-5.891	-0.96	0.187	0.360
				5.340	1.691	0.95	0.052	0.099

System Stage: Minima		Study Case: Study Case		Annex:		/ 2	
Name	Type	Loading [%]	Busbar	Active Power [MW]	Reactive Power [Mvar]	Power factor [-]	Current [p.u.]
Balzar				-5.300	-1.590	-0.96	0.052
Sta Lucia - Palestina	Lne	22.80	Santa Lucia	12.360	3.986	0.95	0.118
			Palestina	-12.280	-3.781	-0.96	0.118

Complete System Report: Voltage Profiles, Grid Interchange										
Load Flow Calculation										
System Stage: Minima   Study Case: Study Case   Annex: / 2										
Volt. Level	Generation [MW]/[Mvar]	Motor Load [MW]/[Mvar]	Load [MW]/[Mvar]	Compen-sation [MW]/[Mvar]	External Infeed [MW]/[Mvar]	Interchange to	Power Interchange [MW]/[Mvar]	Total Losses [MW]/[Mvar]	Load Losses [MW]/[Mvar]	NoLoad Losses [MW]/[Mvar]
69.00	0.00	0.00	29.01	0.00	30.45			1.44	1.44	0.00
	0.00	0.00	8.98	0.00	12.64			3.67	3.67	0.00
<b>Total:</b>	0.00	0.00	29.01	0.00	30.45		0.00	1.44	1.44	0.00
	0.00	0.00	8.98	0.00	12.64		0.00	3.67	3.67	0.00
-----										
DIGSILENT   Project:										
PowerFactory										
15.1.7   Date: 3/26/2022										
-----										
Complete System Report: Voltage Profiles, Grid Interchange										
Load Flow Calculation										
System Stage: Minima   Study Case: Study Case   Annex: / 3										
Volt. Level	Generation [MW]/[Mvar]	Motor Load [MW]/[Mvar]	Load [MW]/[Mvar]	Compen-sation [MW]/[Mvar]	External Infeed [MW]/[Mvar]	Inter Area Flow [MW]/[Mvar]	Total Losses [MW]/[Mvar]	Load Losses [MW]/[Mvar]	NoLoad Losses [MW]/[Mvar]	
69.00	0.00	0.00	29.01	0.00	30.45	0.00	1.44	1.44	0.00	
	0.00	0.00	8.98	0.00	12.64	0.00	3.67	3.67	0.00	
<b>Total:</b>	0.00	0.00	29.01	0.00	30.45	0.00	1.44	1.44	0.00	
	0.00	0.00	8.98	0.00	12.64	0.00	3.67	3.67	0.00	
-----										
DIGSILENT   Project:										
PowerFactory										
15.1.7   Date: 3/26/2022										
-----										
Complete System Report: Voltage Profiles, Grid Interchange										
Total System Summary										
System Stage: Minima   Study Case: Study Case   Annex: / 3										
Volt. Level	Generation [MW]/[Mvar]	Motor Load [MW]/[Mvar]	Load [MW]/[Mvar]	Compen-sation [MW]/[Mvar]	External Infeed [MW]/[Mvar]	Inter Area Flow [MW]/[Mvar]	Total Losses [MW]/[Mvar]	Load Losses [MW]/[Mvar]	NoLoad Losses [MW]/[Mvar]	
69.00	0.00	0.00	29.01	0.00	30.45	0.00	1.44	1.44	0.00	
	0.00	0.00	8.98	0.00	12.64	0.00	3.67	3.67	0.00	
<b>Total:</b>	0.00	0.00	29.01	0.00	30.45	0.00	1.44	1.44	0.00	
	0.00	0.00	8.98	0.00	12.64	0.00	3.67	3.67	0.00	

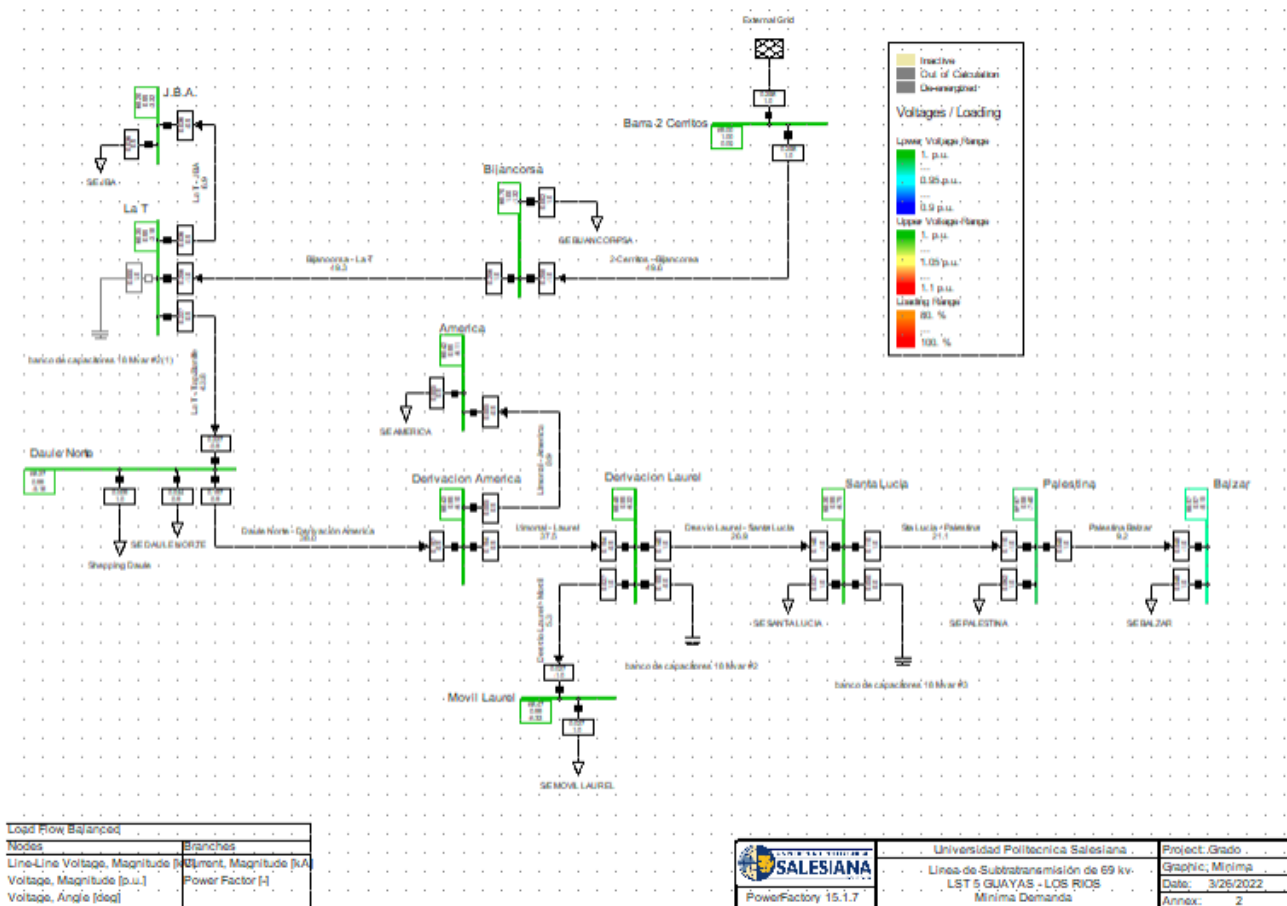




Grid: Minima		System Stage: Minima				Study Case: Study Case				Annex:									
rated	Voltage	Bus-voltage	Active Power	Reactive Power	Power Factor	Current	Loading	Additional Data											
[kV]	[p.u.]	[kV]	[MW]	[Mvar]	[-]	[kA]	[%]												
Derivacion America																			
69.00	0.93	63.90	-4.98																
Cub_1 /Lne		Daule Norte - Deri	-20.34	-6.15	-0.96	0.19	37.00	Pv:	139.57 kW	cLod:	0.00 Mvar	L:	7.60 km						
Cub_2 /Lne		Limonal - America	0.52	0.18	0.94	0.00	0.96	Pv:	0.06 kW	cLod:	0.00 Mvar	L:	4.70 km						
Cub_3 /Lne		Limonal - Laurel	19.82	5.97	0.96	0.19	36.04	Pv:	30.25 kW	cLod:	0.00 Mvar	L:	1.74 km						
America																			
69.00	0.93	63.89	-5.00																
Cub_2 /Lod		S/E AMERICA	0.52	0.18	0.94	0.00		P10:	0.52 MW	Q10:	0.18 Mvar								
Cub_1 /Lne		Limonal - America	-0.52	-0.18	-0.94	0.00	0.96	Pv:	0.06 kW	cLod:	0.00 Mvar	L:	4.70 km						
Derivacion Laurel																			
69.00	0.92	63.74	-5.16																
Cub_4 /Shnt		banco de capacitor	0.00	0.00	1.00	0.00													
Cub_1 /Lne		Limonal - Laurel	-19.79	-5.89	-0.96	0.19	36.04	Pv:	30.25 kW	cLod:	0.00 Mvar	L:	1.74 km						
Cub_2 /Lne		Desvio Laurel - Mo	3.20	0.50	0.99	0.03	5.65	Pv:	0.26 kW	cLod:	0.00 Mvar	L:	0.60 km						
Cub_3 /Lne		Desvio Laurel - Sa	16.59	5.39	0.95	0.16	30.45	Pv:	61.13 kW	cLod:	0.00 Mvar	L:	4.91 km						
Movil Laurel																			
69.00	0.92	63.73	-5.17																
Cub_2 /Lod		S/E MOVIL LAUREL	3.20	0.50	0.99	0.03		P10:	3.20 MW	Q10:	0.50 Mvar								
Cub_1 /Lne		Desvio Laurel - Mo	-3.20	-0.50	-0.99	0.03	5.65	Pv:	0.26 kW	cLod:	0.00 Mvar	L:	0.60 km						
Santa Lucia																			
69.00	0.92	63.36	-5.59																
Cub_3 /Lod		S/E SANTA LUCIA	4.17	1.25	0.96	0.04		P10:	4.17 MW	Q10:	1.25 Mvar								
Cub_5 /Shnt		banco de capacitor	0.00	0.00	1.00	0.00													
Cub_1 /Lne		Desvio Laurel - Sa	-16.53	-5.23	-0.95	0.16	30.45	Pv:	61.13 kW	cLod:	0.00 Mvar	L:	4.91 km						
Cub_4 /Lne		Sta Lucia - Palest	12.36	3.99	0.95	0.12	22.80	Pv:	80.49 kW	cLod:	0.00 Mvar	L:	11.54 km						
Palestina																			
69.00	0.91	62.68	-6.35																
Cub_3 /Lod		S/E PALESTINA	6.94	2.09	0.96	0.07		P10:	6.94 MW	Q10:	2.09 Mvar								
Cub_2 /Lne		Palestina Balzar	5.34	1.69	0.95	0.05	9.94	Pv:	39.77 kW	cLod:	0.00 Mvar	L:	30.00 km						
Cub_4 /Lne		Sta Lucia - Palest	-12.28	-3.78	-0.96	0.12	22.80	Pv:	80.49 kW	cLod:	0.00 Mvar	L:	11.54 km						
Balzar																			
69.00	0.90	61.92	-7.22																
Cub_2 /Lod		S/E BALZAR	5.30	1.59	0.96	0.05		P10:	5.30 MW	Q10:	1.59 Mvar								
Cub_1 /Lne		Palestina Balzar	-5.30	-1.59	-0.96	0.05	9.94	Pv:	39.77 kW	cLod:	0.00 Mvar	L:	30.00 km						



### Anexo 5: Flujo de potencia en DIGSILENT de la línea LST5 en condiciones de mínima demanda mejorado

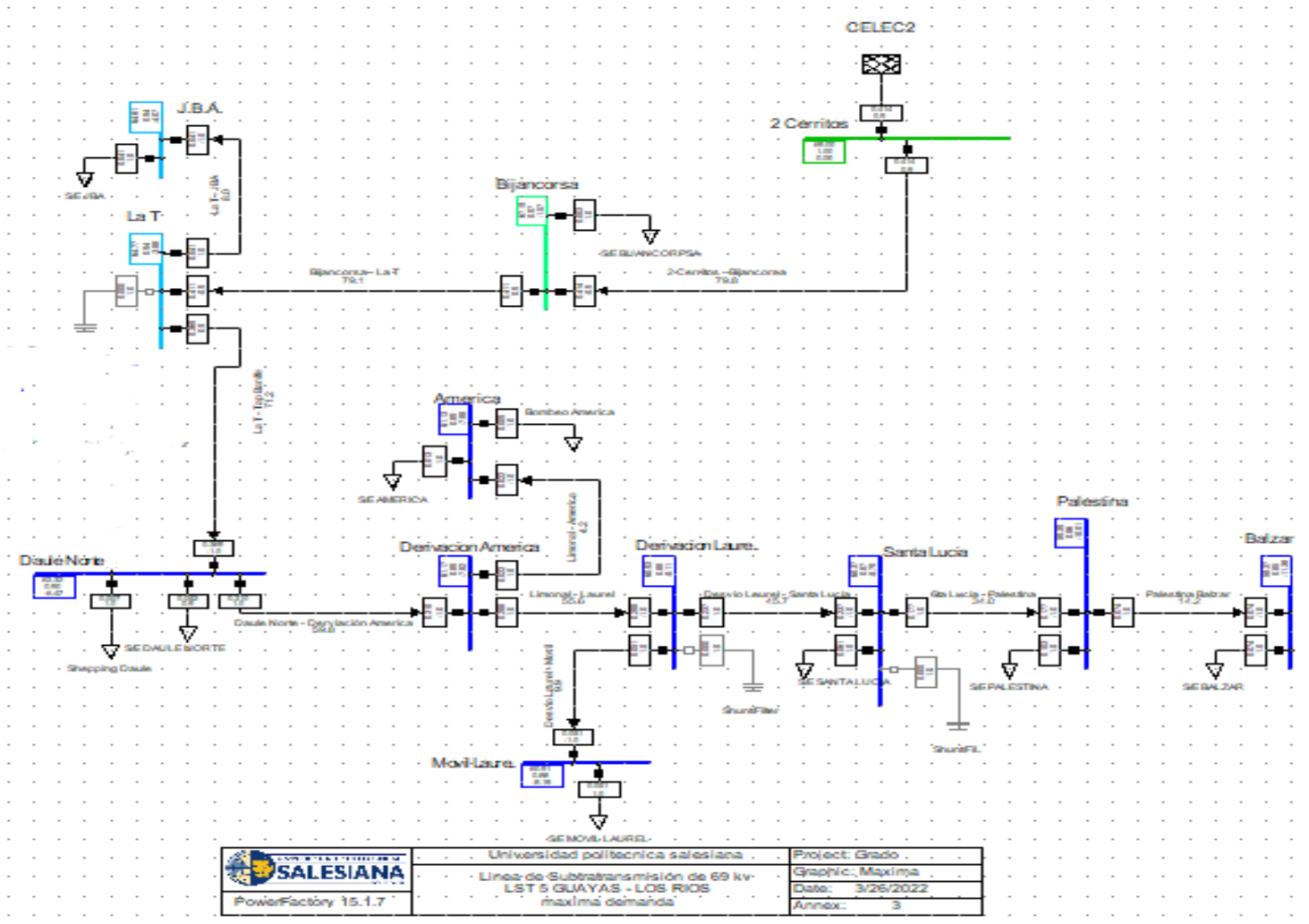



**Anexo 6:** Reporte Completo del sistema del Flujo de potencia en DigSILENT de la línea LST5 en condiciones de mínima demanda mejorado

Load Flow Calculation		Complete System Report: Voltage Profiles, Grid Interchange			
AC Load Flow, balanced, positive sequence	No	Automatic Model Adaptation for Convergence	No		No
Automatic Tap Adjust of Transformers	No	Max. Acceptable Load Flow Error for Modes	1.00 kVA		
Consider Reactive Power Limits	No	Model Equations	0.10 %		
-----					
Grid: Minima	System Stage: Minima	Study Case: Study Case	Annex:	/ 1	
-----					
std.V [kV]	Bus - voltage [kV] [deg]	std.V [p.u.]	Bus - voltage [deg]	Voltage - Deviation [%]	
					-5    0    +5    +10
-----					
Barra 2 Cerritos	69.00	1.000	69.00	0.00	
Bijancoras	69.00	0.996	68.70	-1.32	
J.B.A.	69.00	0.988	68.20	-3.32	
La T	69.00	0.991	68.35	-3.18	
Deale Norte	69.00	0.989	68.27	-5.12	
Derivacion America	69.00	0.992	68.43	-6.10	
America	69.00	0.992	68.42	-6.11	
Derivacion Laurel	69.00	0.992	68.48	-6.32	
Novil Laurel	69.00	0.992	68.47	-6.33	
Santa Lucia	69.00	0.990	68.30	-6.75	
Falestina	69.00	0.981	67.67	-7.40	
Balzar	69.00	0.971	66.97	-8.15	



Anexo 8: Flujo de potencia en DIGSILENT de la línea LST5 en condiciones de máxima demanda



 Universidad Politécnica Salesiana PowerFactory 15.1.7	Universidad Politécnica Salesiana	Project: Grado
	Línea de Subtransmisión de 69 kv- LST 5 GUAYAS - LOS RIOS máxima demanda	Graphic: Maxima
		Date: 3/26/2022 Annex: 3



Grid: Maxima		System Stage: Maxima		Study Case: Study Case		Annex: / 2	
rtd.V [kV]	Bus - voltage [p.u.]	[kV]	[deg]	-10	-5	0	+5
Voltage - Deviation [\$]							
							+10
Avisic	69.00	0.961	66.28	-3.24			
Pedro Carbo	69.00	0.960	66.22	-3.32			
2 Cerritos	69.00	0.958	66.07	-3.53			
Daule Sur	69.00	1.000	69.00	0.00			
Interconexión Daule Sur	69.00	0.964	66.53	-2.90			
Pascuales	69.00	0.903	62.32	-6.47			
	69.00	1.000	69.00	0.00			

Grid: Maxima		System Stage: Maxima		Study Case: Study Case		Annex: / 2	
DIGSILENT PowerFactory	Project	DIGSILENT PowerFactory	Project	Date	Date		
				15.1.7	3/26/2022		

Grid: Maxima		System Stage: Maxima		Study Case: Study Case		Annex: / 3	
DIGSILENT PowerFactory	Project	DIGSILENT PowerFactory	Project	Date	Date		
				15.1.7	3/26/2022		

Complete System Report: Voltage Profiles, Grid Interchange

Load Flow Calculation	Voltage Profiles		Grid Interchange	
AC Load Flow, balanced, positive sequence	Automatic Model Adaptation for Convergence	No	Max. Acceptable Load Flow Error for Nodes	No
Automatic Tap Adjust of Transformers	Consider Reactive Power Limits	No	Model Equations	1.00 kVA
				0.10 \$

Grid: Maxima		System Stage: Maxima		Study Case: Study Case		Annex: / 3	
Volt. Level [kV]	Generation [MW]/[Mvar]	Motor Load [MW]/[Mvar]	Compen-sation [MW]/[Mvar]	External Infeed [MW]/[Mvar]	Interchange to [MW]/[Mvar]	Interchange from [MW]/[Mvar]	Total Losses [MW]/[Mvar]
69.00	0.00	0.00	69.30	0.00	73.25	3.95	3.95
	0.00	0.00	17.50	0.00	27.53	10.03	10.03
<b>Total:</b>	0.00	0.00	69.30	0.00	73.25	3.95	3.95
	0.00	0.00	17.50	0.00	27.53	10.03	10.03

## Anexo 7: Reporte del Flujo de potencia de las barras en DIGSILENT de la línea LST5

en condiciones de máxima demanda

Load Flow Calculation										Busbars/Terminals	
AC Load Flow, balanced, positive sequence										Automatic Model Adaptation for Convergence	
Automatic Tap Adjust of Transformers										Max. Acceptable Load Flow Error for	
Consider Reactive Power Limits										Nodes	
										Model Equations	
System Stage: Maxima										Study Case: Study Case	
										Annex:	
										/ 1	
rated	Active Power	Reactive Power	Power Factor	Current Loading	Additional Data						
Voltage [kV]	Power [MW]	Power [Mvar]	[-]	[kA]	[\$]						
[p.u.]	[deg]										
Bus-voltage [kV]	[deg]										
Bijancorsa											
69.00	0.97	67.19	-1.57								
Cub_3 /Lod	S/E BIJANCORPSA	0.39	0.10	0.97	0.00	P10:	0.39 MW	Q10:	0.10 Mvar		
Cub_1 /Lne	2 Cerritos - Bijan	-44.70	-17.98	-0.93	0.41	Pv:	683.02 kW	cLod:	-0.00 Mvar L:	8.00 km	
Cub_2 /Lne	Bijancorsa - La T	44.32	17.88	0.93	0.41	Pv:	936.37 kW	cLod:	0.00 Mvar L:	11.15 km	
La T											
69.00	0.94	64.77	-3.88								
Cub_4 /Shnt	Shunt/Filter(2)	0.00	0.00	1.00	0.00						
Cub_1 /Lne	Bijancorsa - La T	-43.38	-15.50	-0.94	0.41	Pv:	936.37 kW	cLod:	0.00 Mvar L:	11.15 km	
Cub_2 /Lne	La T - JBA	4.48	1.20	0.97	0.04	Pv:	6.80 kW	cLod:	0.00 Mvar L:	8.00 km	
Cub_3 /Lne	La T - Tap Banife	38.90	14.30	0.94	0.37	Pv:	883.87 kW	cLod:	0.00 Mvar L:	13.00 km	
J.B.A.											
69.00	0.94	64.61	-4.07								
Cub_2 /Lod	S/E JBA	4.47	1.18	0.97	0.04	P10:	4.47 MW	Q10:	1.18 Mvar		
Cub_1 /Lne	La T - JBA	-4.47	-1.18	-0.97	0.04	Pv:	6.80 kW	cLod:	0.00 Mvar L:	8.00 km	



System Stage: Maxima   Study Case: Study Case   Annex: / 2														
Daule Norte	69.00	/Lod	S/E DAULE NORTE	0.90	62.32	-6.47	5.30	1.80	0.95	0.05	P10:	5.30 MW	Q10:	1.80 Mvar
Cub_3 /Lod	69.00	/Lod	Shopping Daule	0.80	0.10	0.99	0.01	P10:	0.80 MW	Q10:	0.10 Mvar	0.80 MW	Q10:	0.10 Mvar
Cub_4 /Lod	69.00	/Lod	Daule Norte - Derv	31.92	10.16	0.95	0.31	P10:	364.44 kW	P10:	59.79	364.44 kW	cLod:	0.00 Mvar L: 7.60 km
Cub_5 /Lne	69.00	/Lne	Daule Norte - Daul	0.00	0.00	1.00	0.00	P10:	0.00 kW	P10:	0.00	0.00 kW	cLod:	0.00 Mvar L: 4.10 km
Cub_6 /Lne	69.00	/Lne	La T - Tap Banife	-38.02	-12.06	-0.95	0.37	P10:	883.87 kW	P10:	71.19	883.87 kW	cLod:	0.00 Mvar L: 13.00 km
Total														
Load:				6.10	1.90									
-----														
System Stage: Maxima   Study Case: Study Case   Annex: / 2														
rated	Voltage [kV]	[p.u.]	Bus-voltage [kV]	[deg]	Active Power [MW]	Reactive Power [Mvar]	Power Factor [-]	Current [kA]	Loading [%]	Additional Data				
											Derivacion America			
69.00	/Lne	0.89	61.17	-7.82	-31.56	-9.23	-0.96	0.31	59.79	P10:	364.44 kW	cLod:	0.00 Mvar L: 7.60 km	
Cub_1 /Lne	/Lne	Limonal - America	2.29	0.40	0.98	4.23	P10:	1.13 kW	P10:	4.23	1.13 kW	cLod:	0.00 Mvar L: 4.70 km	
Cub_2 /Lne	/Lne	Limonal - Laurel	29.26	8.83	0.96	55.59	P10:	71.95 kW	P10:	55.59	71.95 kW	cLod:	0.00 Mvar L: 1.74 km	
America	69.00	/Lod	0.89	61.13	-7.88									
Cub_2 /Lod	/Lod	S/E AMERICA	1.29	0.30	0.97	0.01	P10:	1.29 MW	P10:	0.30	1.29 MW	Q10:	0.30 Mvar	
Cub_3 /Lod	/Lod	Bombo America	1.00	0.10	1.00	0.01	P10:	1.00 MW	P10:	0.10	1.00 MW	Q10:	0.10 Mvar	
Cub_1 /Lne	/Lne	Limonal - America	-2.29	-0.40	-0.99	0.02	P10:	1.13 kW	P10:	4.23	1.13 kW	cLod:	0.00 Mvar L: 4.70 km	
Total														
Load:					2.29	0.40								
-----														
System Stage: Maxima   Study Case: Study Case   Annex: / 2														
Derivacion Laurel	69.00	/Shnt	Shunt/Filter	0.88	60.93	-8.11	0.00	1.00	0.00	55.59 <th rowspan="2">  P10: <th rowspan="2">  71.95 kW <th rowspan="2">  cLod: <th rowspan="2">  0.00 Mvar L: 1.74 km</th> </th></th></th>	P10: <th rowspan="2">  71.95 kW <th rowspan="2">  cLod: <th rowspan="2">  0.00 Mvar L: 1.74 km</th> </th></th>	71.95 kW <th rowspan="2">  cLod: <th rowspan="2">  0.00 Mvar L: 1.74 km</th> </th>	cLod: <th rowspan="2">  0.00 Mvar L: 1.74 km</th>	0.00 Mvar L: 1.74 km
Cub_1 /Lne	/Lne	Limonal - Laurel	-29.19	-8.64	-0.96	0.29	P10:	0.29	P10:	55.59	71.95 kW	cLod:	0.00 Mvar L: 1.74 km	
Cub_2 /Lne	/Lne	Desvio Laurel - Mo	5.20	1.50	0.96	0.05	P10:	0.79 kW	P10:	9.88	0.79 kW	cLod:	0.00 Mvar L: 0.60 km	
Cub_3 /Lne	/Lne	Desvio Laurel - Sa	23.99	7.14	0.96	0.24	P10:	137.72 kW	P10:	45.70	137.72 kW	cLod:	0.00 Mvar L: 4.91 km	
Movil Laurel	69.00	/Lod	0.88	60.91	-8.13									
Cub_2 /Lod	/Lod	S/E MOVIL LAUREL	5.20	1.50	0.96	0.05	P10:	5.20 MW	P10:	9.88	5.20 MW	Q10:	1.50 Mvar	
Cub_1 /Lne	/Lne	Desvio Laurel - Mo	-5.20	-1.50	-0.96	0.05	P10:	0.79 kW	P10:	9.88	0.79 kW	cLod:	0.00 Mvar L: 0.60 km	
Santa Lucia	69.00	/Lod	0.87	60.37	-8.79									
Cub_3 /Lod	/Lod	S/E SANTA LUCIA	6.17	1.45	0.97	0.06	P10:	6.17 MW	P10:	1.45	6.17 MW	Q10:	1.45 Mvar	
Cub_4 /Shnt	/Shnt	Shunt/Filter(1)	0.00	0.00	1.00	0.00	P10:	0.00	P10:	45.70	137.72 kW	cLod:	0.00 Mvar L: 4.91 km	
Cub_1 /Lne	/Lne	Desvio Laurel - Sa	-23.85	-6.79	-0.96	0.24	P10:	179.33 kW	P10:	34.04	179.33 kW	cLod:	0.00 Mvar L: 11.54 km	
Cub_2 /Lne	/Lne	Sta Lucia - Palest	17.68	5.34	0.96	0.18	P10:	81.68 kW	P10:	14.25	81.68 kW	cLod:	0.00 Mvar L: 30.00 km	
Palestina	69.00	/Lod	0.86	59.39	-10.01									
Cub_3 /Lod	/Lod	S/E PALESTINA	10.16	2.90	0.96	0.10	P10:	10.16 MW	P10:	2.90	10.16 MW	Q10:	2.90 Mvar	
Cub_1 /Lne	/Lne	Sta Lucia - Palest	-17.50	-4.89	-0.96	0.18	P10:	179.33 kW	P10:	34.04	179.33 kW	cLod:	0.00 Mvar L: 11.54 km	
Cub_2 /Lne	/Lne	Palestina Balzar	7.34	1.99	0.97	0.07	P10:	81.68 kW	P10:	14.25	81.68 kW	cLod:	0.00 Mvar L: 30.00 km	
Balzar	69.00	/Lod	0.85	58.37	-11.38									
Cub_2 /Lod	/Lod	S/E BALZAR	7.26	1.78	0.97	0.07	P10:	7.26 MW	P10:	1.78	7.26 MW	Q10:	1.78 Mvar	
Cub_1 /Lne	/Lne	Palestina Balzar	-7.26	-1.78	-0.97	0.07	P10:	81.68 kW	P10:	14.25	81.68 kW	cLod:	0.00 Mvar L: 30.00 km	



**Anexo 10: Reporte del Flujo de potencia de las barras en DIgSILENT de la línea LST5  
en condiciones de máxima demanda**

Load Flow Calculation									
									Barbars/Terminals
AC Load Flow, balanced, positive sequence	Automatic Model Adaptation for Convergence		No						
Automatic Tap Adjust of Transformers	Max. Acceptable Load Flow Error for		1.00 kVA						
Consider Reactive Power Limits	Model Equations		0.10 %						
-----									
Grid: Maxima	System Stage: Maxima		Study Case: Study Case		Annex: / 1				
-----									
rated	Active Power	Reactive Power	Power Factor	Current Loading	Additional Data				
Voltage [KV]	[p.u.] [KV]	[deg]	[MW]	[Mvar]	[-]	[A]	[%]		
Bijancorosa									
69.00	0.97	67.19	-1.57					PF10:	0.99 MW
/Load	S/E BIJANCOROSA		0.39	0.10	0.97	0.00		Q10:	0.10 Mvar
/Line	2 Carrizos - Bijan		-44.70	-17.98	-0.93	0.41	79.78	PFv:	683.02 MW
/Line	Bijancorosa - La T		44.32	17.88	0.93	0.41	79.12	cLoad:	-0.00 Mvar L:
/Line	La T - Tap Benife		38.90	14.30	0.94	0.37	71.19	cLoad:	0.00 Mvar L:
/Line	La T - Tap Benife		38.90	14.30	0.94	0.37	71.19	cLoad:	0.00 Mvar L:
/Line	La T - Tap Benife		38.90	14.30	0.94	0.37	71.19	cLoad:	0.00 Mvar L:
J.B.A.									
69.00	0.94	64.61	-4.07					PF10:	4.47 MW
/Load	S/E JBA		4.47	1.18	0.97	0.04	7.96	Q10:	1.18 Mvar
/Line	La T - JBA		-4.47	-1.18	-0.97	0.04	7.96	cLoad:	0.00 Mvar L:
/Line	La T - JBA		-4.47	-1.18	-0.97	0.04	7.96	cLoad:	0.00 Mvar L:

	0.90	62.82	-6.47																	
(Deule Norte	69.00																			
Cab_3 /Load		5.30	1.80	0.95	0.05															
Cab_4 /Load		0.80	0.10	0.99	0.01															
Cab_2 /Line		31.92	10.16	0.95	0.31	59.79														
Cab_5 /Line		0.00	0.00	1.00	0.00	0.00														
Cab_6 /Line		-38.02	-12.06	-0.95	0.37	71.19														
Total																				
Load:		6.10	1.90																	

-----  
 | Grid: Maxima                    System Stage: Maxima                    | Study Case: Study Case                    | Annex:                    / 2

	rated	Base-voltage	Angle	Active Power	Reactive Power	Factor	Current	Load	Additional Data
	[kV]	[p.u.]	[deg]	[MW]	[MVar]	[-]	[kA]	[W]	
(Derivation America									
Cab_1 /Line	69.00	61.17	-7.82	-31.56	-9.23	-0.96	0.31	59.79	P10: 0.00 Mvar L: 7.60 km
Cab_3 /Line		Limonal - America		2.29	0.40	0.96	0.02	4.23	P10: 0.00 Mvar L: 4.70 km
Cab_3 /Line		Limonal - Laurel		29.26	8.23	0.96	0.29	59.59	P10: 0.00 Mvar L: 1.74 km
(America									
Cab_2 /Load	69.00	61.13	-7.88	1.29	0.30	0.97	0.01		P10: 0.30 Mvar
Cab_3 /Load		S/E AMERICA		1.00	0.10	1.00	0.01		P10: 0.10 Mvar
Cab_1 /Line		Bombéo America		-2.29	-0.40	-0.99	0.02	4.23	P10: 0.00 Mvar L: 4.70 km
Total									
Load:				2.29	0.40				

(Derivation Laurel									
Cab_4 /Shunt	69.00	60.93	-8.11	0.00	0.00	1.00	0.00		
Cab_1 /Line		Shunt/Falzar		-29.19	-8.64	-0.96	0.29	59.59	P10: 0.00 Mvar L: 1.74 km
Cab_2 /Line		Desvio Laurel - Mo		5.20	1.50	0.96	0.05	9.88	P10: 0.00 Mvar L: 0.60 km
Cab_3 /Line		Desvio Laurel - Sa		23.99	7.14	0.96	0.24	45.70	P10: 0.00 Mvar L: 4.91 km

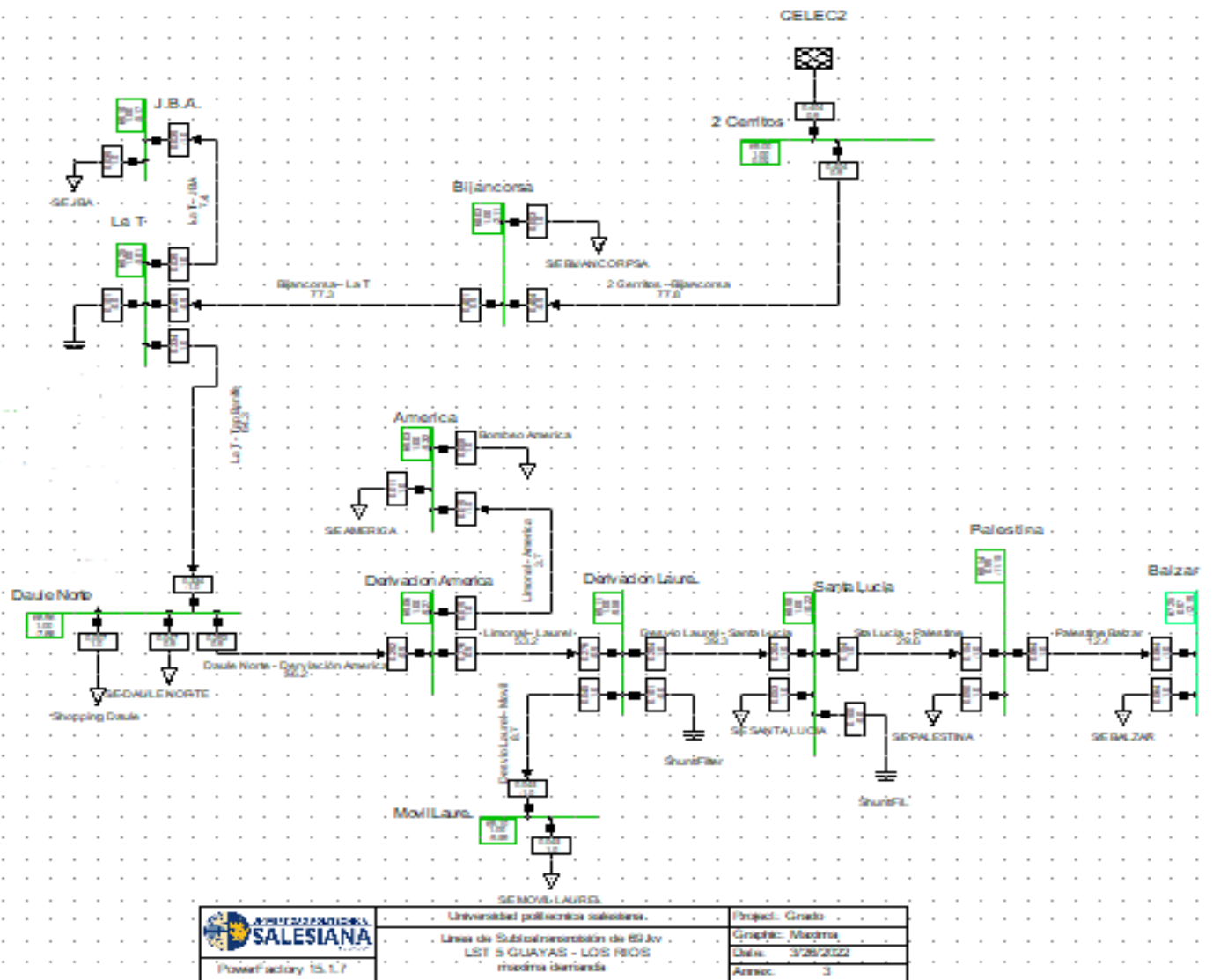
(Movil Laurel									
Cab_2 /Load	69.00	60.91	-8.13	5.20	1.50	0.96	0.05		P10: 1.50 Mvar
Cab_1 /Line		S/E MOVIL LAUREL		-5.20	-1.50	-0.96	0.05	9.88	P10: 0.00 Mvar L: 0.60 km

(Santa Lucia									
Cab_3 /Load	69.00	60.37	-8.79	6.17	1.45	0.97	0.06		P10: 1.45 Mvar
Cab_4 /Shunt		S/E SANTA LUCIA		0.00	0.00	1.00	0.00		
Cab_1 /Line		Shunt/Falzar(1)		-23.85	-6.79	-0.96	0.24	45.70	P10: 0.00 Mvar L: 4.91 km
Cab_2 /Line		Sta Lucia - Palest		17.63	5.34	0.96	0.18	34.04	P10: 0.00 Mvar L: 11.54 km

(Palestina									
Cab_3 /Load	69.00	59.39	-10.01	10.16	2.90	0.96	0.10		P10: 2.90 Mvar
Cab_1 /Line		S/E PALESTINA		-17.50	-4.89	-0.96	0.18	34.04	P10: 0.00 Mvar L: 11.54 km
Cab_2 /Line		Sta Lucia - Palest		7.34	1.99	0.97	0.07	14.23	P10: 0.00 Mvar L: 30.00 km

(Baizar									
Cab_2 /Load	69.00	58.37	-11.38	7.26	1.78	0.97	0.07		P10: 1.78 Mvar
Cab_1 /Line		S/E BAIZAR		-7.26	-1.78	-0.97	0.07	14.23	P10: 0.00 Mvar L: 30.00 km

**Anexo 8:** Flujo de potencia en DIgSILENT de la línea LST5 en condiciones de máxima demanda mejorado



**Anexo 9:** Reporte Completo del sistema del flujo de potencia en DIGSILENT de la línea LST5 en condiciones de máxima demanda mejorado

Load Flow Calculation		Complete System Report: Voltage Profiles, Grid Interchange		
AC Load Flow, balanced, positive sequence	No	Automatic Model Adaptation for Convergence	No	
Automatic Tap Adjust of Transformers	No	Max. Acceptable Load Flow Error for Nodes	1.00 kVA	
Consider Reactive Power Limits	No	Model Equations	0.10 %	
Grid: Maxima				
System Stage: Maxima		Study Case: Study Case	Annex: / 1	
rtd.V [kV]	Bus - voltage [p.u.]	Bus - voltage [kV]	[deg]	Voltage - Deviation [%]
				-10 -5 0 +5 +10
Bijancorsa	69.00	1.000	69.03	-2.11
La I	69.00	1.004	69.25	-5.01
J.B.A.	69.00	1.001	69.10	-5.17
Daule Norte	69.00	0.999	68.96	-7.82
Derivacion America	69.00	1.001	69.06	-9.27
America	69.00	1.000	69.03	-9.32
Derivacion Laurel	69.00	1.004	69.11	-9.50
Movil Laurel	69.00	1.001	69.10	-9.59
Santa Lucia	69.00	1.000	68.98	-10.22
Palestina	69.00	0.988	68.14	-11.15
Balzar	69.00	0.975	67.25	-12.19

**Anexo 10:** Reporte del Flujo de potencia de las barras en DigSILENT de la línea LST5

en condiciones de máxima demanda mejorado

Load Flow Calculation										Busbars/Terminals			
AC Load Flow, balanced, positive sequence										Automatic Model Adaptation for Convergence			
Automatic Tap Adjust of Transformers										Max. Acceptable Load Flow Error for			
Consider Reactive Power Limits										Nodes			
										Model Equations			
System Stage: Maxima										Study Case			
										Annex:			
										/ 1			
Active Reactive Power										Additional Data			
rated	Bus-voltage	Power	Reactive Power	Factor	Current	Loading							
[kV]	[p.u.]	[kV]	[deg]	[MW]	[Mvar]	[-]	[kA]	[%]					
Bijancorsa													
69.00	1.00	69.03	-2.11										
Cub_3 /Lod	S/E BIJANCORPSA	0.39	0.10	0.97	0.00		P10:	0.39 MW	Q10:	0.10 Mvar			
Cub_1 /Line	2 Cerritos - Bijan	-44.35	19.05	-0.92	0.40	77.78	Pv:	649.19 kW	cLod:	-0.00 Mvar L:	8.00 km		
Cub_2 /Line	Bijancorsa - La T	43.96	-19.14	0.92	0.40	77.27	Pv:	892.94 kW	cLod:	0.00 Mvar L:	11.15 km		
La T													
69.00	1.00	69.25	-5.01										
Cub_4 /Shnt	Shunt/Filter(2)	-0.00	-12.09	-0.00	0.10								
Cub_1 /Line	Bijancorsa - La T	-43.07	21.41	-0.90	0.40	77.27	Pv:	892.94 kW	cLod:	0.00 Mvar L:	11.15 km		
Cub_2 /Line	La T - JBA	4.48	1.20	0.97	0.04	7.44	Pv:	5.94 kW	cLod:	0.00 Mvar L:	8.00 km		
Cub_3 /Line	La T - Tap Banife	38.59	-10.52	0.96	0.33	64.26	Pv:	720.07 kW	cLod:	0.00 Mvar L:	13.00 km		
J.B.A.													
69.00	1.00	69.10	-5.17										
Cub_2 /Lod	S/E JBA	4.47	1.18	0.97	0.04		P10:	4.47 MW	Q10:	1.18 Mvar			
Cub_1 /Line	La T - JBA	-4.47	-1.18	-0.97	0.04	7.44	Pv:	5.94 kW	cLod:	0.00 Mvar L:	8.00 km		
Daule Norte													
69.00	1.00	68.96	-7.82										
Cub_3 /Lod	S/E DAULE NORTE	5.30	1.80	0.95	0.05		P10:	5.30 MW	Q10:	1.80 Mvar			
Cub_4 /Lod	Shopping Daule	0.80	0.10	0.99	0.01		P10:	0.80 MW	Q10:	0.10 Mvar			
Cub_2 /Line	Daule Norte - Derv	31.77	-14.25	0.91	0.29	56.17	Pv:	321.68 kW	cLod:	0.00 Mvar L:	7.60 km		
Cub_5 /Line	Daule Norte - Daul	0.00	-0.00	1.00	0.00	0.00	Pv:	0.00 kW	cLod:	0.00 Mvar L:	4.10 km		
Cub_6 /Line	La T - Tap Banife	-37.87	12.35	-0.95	0.33	64.26	Pv:	720.07 kW	cLod:	0.00 Mvar L:	13.00 km		

rated Voltage [kV]	Bus-voltage [p.u.]	[kV]	[deg]	Active Power [MW]	Reactive Power [Mvar]	Power Factor [-]	Current Loading [%]	Additional Data		
								[kA]	[kVA]	[kV]
Derivacion America										
69.00	1.00	69.06	-9.27							
Cub_1 /Lne		Daule Norte - Derv		-31.45	15.07	-0.90	56.17	0.29	321.68 kW	cLod: 0.00 Mvar L: 7.60 km
Cub_2 /Lne		Limonal - America		2.29	0.40	0.98	3.75	0.02	0.88 kW	cLod: 0.00 Mvar L: 4.70 km
Cub_3 /Lne		Limonal - Laurel		29.16	-15.47	0.88	53.17	0.28	65.83 kW	cLod: 0.00 Mvar L: 1.74 km
America										
69.00	1.00	69.03	-9.32							
Cub_2 /Lod		S/E AMERICA		1.29	0.30	0.97		0.01	1.29 MW	Q10: 0.30 Mvar
Cub_3 /Lod		Bombeo America		1.00	0.10	1.00		0.01	1.00 MW	Q10: 0.10 Mvar
Cub_1 /Lne		Limonal - America		-2.29	-0.40	-0.99	3.75	0.02	0.88 kW	cLod: 0.00 Mvar L: 4.70 km
Total										
Load:				2.29	0.40					
Derivacion Laurel										
69.00	1.00	69.11	-9.58							
Cub_4 /Shnt		Shunt/Filter		-0.00	-12.04	-0.00		0.10		
Cub_1 /Lne		Limonal - Laurel		-29.09	15.64	-0.88	53.17	0.28	65.83 kW	cLod: 0.00 Mvar L: 1.74 km
Cub_2 /Lne		Desvio Laurel - Mo		5.20	1.50	0.96	8.71	0.05	0.61 kW	cLod: 0.00 Mvar L: 0.60 km
Cub_3 /Lne		Desvio Laurel - Sa		23.89	-5.10	0.98	39.33	0.20	101.97 kW	cLod: 0.00 Mvar L: 4.91 km
Movil Laurel										
69.00	1.00	69.10	-9.59							
Cub_2 /Lod		S/E MOVIL LAUREL		5.20	1.50	0.96		0.05	5.20 MW	Q10: 1.50 Mvar
Cub_1 /Lne		Desvio Laurel - Mo		-5.20	-1.50	-0.96	8.71	0.05	0.61 kW	cLod: 0.00 Mvar L: 0.60 km
Santa Lucia										
69.00	1.00	68.98	-10.22							
Cub_3 /Lod		S/E SANTA LUCIA		6.17	1.45	0.97		0.05	6.17 MW	Q10: 1.45 Mvar
Cub_4 /Shnt		Shunt/Filter(1)		-0.00	-11.99	-0.00		0.10		
Cub_1 /Lne		Desvio Laurel - Sa		-23.79	5.36	-0.98	39.33	0.20	101.97 kW	cLod: 0.00 Mvar L: 4.91 km
Cub_2 /Lne		Sta Lucia - Palest		17.62	5.18	0.96	29.61	0.15	135.75 kW	cLod: 0.00 Mvar L: 11.54 km
Palestina										
69.00	0.99	68.14	-11.15							
Cub_3 /Lod		S/E PALESTINA		10.16	2.90	0.96		0.09	10.16 MW	Q10: 2.90 Mvar
Cub_1 /Lne		Sta Lucia - Palest		-17.48	-4.84	-0.96	29.61	0.15	135.75 kW	cLod: 0.00 Mvar L: 11.54 km
Cub_2 /Lne		Palestina Balzar		7.32	1.94	0.97	12.36	0.06	61.52 kW	cLod: 0.00 Mvar L: 30.00 km
Balzar										
69.00	0.97	67.25	-12.19							
Cub_2 /Lod		S/E BALZAR		7.26	1.78	0.97		0.06	7.26 MW	Q10: 1.78 Mvar
Cub_1 /Lne		Palestina Balzar		-7.26	-1.78	-0.97	12.36	0.06	61.52 kW	cLod: 0.00 Mvar L: 30.00 km