



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL
Facultad Regional Concordia

PROYECTO FINAL

ENERGIZACIÓN NUEVO PARQUE INDUSTRIAL MONTE CASEROS - CORRIENTES

**"Línea en 33kV desde la ET Monte Caseros
hasta El Nuevo Parque Industrial"**



Alumno: Ponzoni; Alejandro Martín
Prof: Ing. Schattenhofer, Federico
Febrero de 2016

INDICE GENERAL

1. Introducción	5
2. Memoria Descriptiva	6
2.1 Antecedentes	6
2.2 Alcances y Objetivos del proyecto	7
2.3 Análisis y formulación del problema	7
2.4 Estimación de la Demanda	8
2.5 Solución del problema	13
2.6 Normas y Reglamentación Aplicable	13
2.7 Condiciones Climatológicas y Ambientales	15
2.7.1 Características climatológicas	15
2.7.2 Presión del viento	16
2.8 Instalaciones existentes	16
2.9 Descripción de la traza de la Línea	17
2.9.1 Criterio para la selección de la traza de la línea	17
2.9.2 Descripción de la traza	18
2.9.3 Interferencias en su recorrido y soluciones planteadas	19
2.9.4 Planimetría y Altimetría	20
2.10 Características generales de la Línea	20
2.11 Criterio de Diseño	21
2.11.1 Códigos y Normas	21
2.11.2 Distancias Mínimas de Seguridad	21
2.11.3 Franja de Servidumbre	23
2.11.4 Paralelismo con alambrados	23
2.12 Cálculo Eléctrico de la Línea	24
2.12.1 Corriente Máxima permanente	24
2.12.2 Características Conductores de fase	24
2.12.3 Cálculo del Cable de Guardia	24
2.12.3.1 Cantidad de cables de guardia	24
2.12.3.2 Material y Sección del cable de Guardia	26
2.12.3.3 Ubicación Cable de Guardia	27
2.13 Calculo Mecánico de Conductores de fase e hilo de guardia	27
2.14 Dimensionamiento geométrico de las Estructuras	30
2.14.1 Altura de las Estructuras	30
2.14.2 Diseño eléctrico del cabezal de las estructuras de suspensión	31
2.14.3 Cálculo Mecánico Aisladores de Suspensión	33
2.14.4 Diseño eléctrico del cabezal de las estructuras de Retención	33
2.14.5 Calculo Mecánico Aisladores de Retención	34
2.14.6 Calculo Mecánico de las Estructuras	34
2.14.6.1 Cálculo del Tiro en la Cima del Soporte	35
2.14.6.2 Cargas de Cálculo	35
2.14.6.3 Hipótesis de Carga	36
2.14.6.4 Separación entre vínculos en estructuras dobles	47

2.14.6.5 Ménsulas y Crucetas de Hº Aº	47
2.14.7 Cálculo de Fundaciones y Empotramientos	47
2.14.7.1 Consideraciones Generales	47
2.14.7.2 Empotramientos	48
2.14.7.3 Dimensiones mínima para fundaciones	49
2.14.7.4 Coeficiente de compresibilidad "C"	49
2.14.7.5 Tipo de suelo	50
2.14.7.6 Momento Volcador	50
2.14.7.7 Momento Estabilizante	51
2.14.7.8 Coeficiente de seguridad	51
2.14.7.9 Formas usuales de fundaciones	52
2.14.7.10 Fundación Monobloque – Método Sulzberger	52
2.14.7.11 Fundación Monobloque – Método Pöhl	52
2.14.7.11.1 Principios de cálculo	53
2.15 Diseño Puesta a Tierra	55
2.15.1 Puesta a tierra de las estructuras	55
2.15.2 Puesta a tierra del hilo de guardia	56
2.15.3 Requisitos de la instalación de tierra	56
2.15.4 Tensiones máximas admisibles	56
2.15.5 Requerimientos para conductores de puesta a tierra	57
2.15.6 Diseño de la toma de tierra	57
2.15.6.1 Consideraciones Generales	57
2.15.6.2 Tensiones de paso y de contacto aplicadas al cuerpo humano	57
2.15.6.3 Resistividad del terreno	58
2.15.6.4 Electrodo de puesta a tierra	59
2.15.6.5 Conductor de Protección	59
2.15.6.6 Sección mínima del conductor de protección	59
2.16 Dimensionamiento Cable Subterráneo de MT	60
2.16.1 Consideraciones Generales	60
2.16.2 Característica conductor subterráneo	60
2.16.3 Tendido Subterráneo	61
2.16.4 Determinación de la sección	61
2.17 Tabla de Tendido	63
2.18 Parámetros Eléctricos de la Línea	63
2.19 Estudio de Cortocircuito	65
2.20 Caída de Tensión y Pérdida de potencia	65
2.21 Equipos de Maniobra, protección y medición	66
2.21.1 Dimensionamiento Equipos de Maniobra	66
2.21.2. Dimensionamiento de Descargadores	68
2.21.3 Dimensionamiento de Equipos de protección y medición	72
2.21.3.1 Reconector automático aislado en SF6	72
2.21.3.2 Celdas 33kV aisladas en SF6	78
2.21.3.3 Transformador de Tensión Inductivo (TT)	88
2.21.3.4 Transformador de Corriente (TI)	91
3. Memoria de Cálculo	94
3.1 Cálculo de la distancia de aislamiento	94

3.1.1	<i>Distancias entre conductores de Fase</i>	94
3.1.2	<i>Distancias entre conductores de Fases e Hilo de Guardia</i>	94
3.1.3	<i>Distancia Fase – Tierra</i>	94
3.1.4	<i>Distancia Verticales a tierra, a objetos bajo la línea y aplicables en cruce de línea</i>	94
3.2	<i>Corriente máxima permanente</i>	95
3.3	<i>Cálculo mecánico de conductores</i>	96
3.4	<i>Cálculo mecánico aisladores de suspensión</i>	129
3.5	<i>Cálculo mecánico aisladores de retención</i>	129
3.6	<i>Cálculo mecánico de estructuras</i>	129
3.6.1	<i>Estructura de Suspensión Simple “S”</i>	129
3.6.2	<i>Estructura de Retención Angular “RA”</i>	153
3.6.3	<i>Estructura de Retención Terminal “T”</i>	177
3.7	<i>Separación entre vínculos en estructuras dobles</i>	195
3.8	<i>Cálculo de Fundaciones – Método de Sulzberger</i>	195
3.9	<i>Cálculo de Fundaciones – Método de Pöhl</i>	215
3.10	<i>Diseño de puesta a tierra</i>	219
3.11	<i>Parámetros Eléctricos de la Línea (Software: “Paralat”)</i>	222
3.12.	<i>Cálculo de Cortocircuito</i>	225
3.13.	<i>Caída de tensión y pérdida de potencia</i>	229
3.14.	<i>Dimensionamiento Descargador de Sobretensión</i>	233
3.15	<i>Dimensionamiento Celdas MT</i>	238
4.	<i>Planos</i>	241
	<i>Plano Nº 01: Planimetría General de la Línea 33kV</i>	
	<i>Plano Nº 02: Altimetría de la Línea 33kV</i>	
	<i>Plano Nº 03: Cruce de Línea I</i>	
	<i>Plano Nº 04: Cruce de Línea II</i>	
	<i>Plano Nº 05: Diagrama Unifilar de línea 33kV</i>	
	<i>Plano Nº 06: Diseño del Cabezal – Sistema Suspensión “S”</i>	
	<i>Plano Nº 07: Diseño del Cabezal – Sistema Retención Terminal “T”</i>	
	<i>Plano Nº 08: Diseño del Cabezal – Sistema Retención Angular “RA”</i>	
	<i>Plano Nº 09: Estructura de Suspensión “S”</i>	
	<i>Plano Nº 10: Estructura de Suspensión Angular “SA”</i>	
	<i>Plano Nº 11: Estructura de Retención Angular “RA”</i>	
	<i>Plano Nº 12: Estructura de Retención Terminal “T”</i>	
	<i>Plano Nº 13: Vínculos de Hormigón Armado</i>	
	<i>Plano Nº 14: Media Cruceta Retención Angular – 33kV</i>	
	<i>Plano Nº 15: Media Cruceta Retención C/Gancho – 33kV</i>	
	<i>Plano Nº 16: Cruceta Retención C/Gancho – 33kV</i>	
	<i>Plano Nº 17: Sujeción Cable de Guardia en estructuras de suspensión</i>	
	<i>Plano Nº 18: Sujeción Cable de guardia en estructura de Retención</i>	
	<i>Plano Nº 19: Detalle Puesta a Tierra de Ménsulas y Soportes</i>	
	<i>Plano Nº 20: Detalle Puesta a Tierra sobre columnas de hormigón</i>	
	<i>Plano Nº 21: Acometida Subterránea Estructura Terminal 33kV</i>	
	<i>Plano Nº 22: Derivación Subterránea en cruce de línea II</i>	

<i>Plano Nº 23: Detalle de Zanjeo Común para MT</i>	
<i>Plano Nº 24: Esquema de bases para fundaciones</i>	
<i>Plano Nº 25: Derivación Subterránea en cruce de línea I</i>	
<i>Plano Nº 26: Caída de Tensión y Pérdida de Potencia</i>	
<i>Plano Nº 27: Seccionador unipolar a cuchilla 33kV</i>	
<i>Plano Nº 28: Descargador de sobretensión 33kV</i>	
<i>Plano Nº 29: Reconectador 33kV</i>	
<i>Plano Nº 30: Disposición Celdas 33kV</i>	
<i>Plano Nº 31: Transformador de Tensión Inductivo</i>	
<i>Plano Nº 32: Transformador de Corriente</i>	
5. Tablas	288
<i>Tabla Nº 1: Postes de Hormigón - Resistencia, Ø en la cima y peso aproximado</i>	288
<i>Tabla Nº 2: Número y separación entre vínculos en estructuras dobles o triples</i>	289
<i>Tabla Nº 3: Tabla de Tendido de Conductores</i>	290
6. Estudio de Impacto ambiental	298
<i>6.1 Análisis de Alternativas</i>	298
<i>6.2 Metodología</i>	298
<i>6.3 Proceso de Análisis</i>	298
<i>6.4 Conclusión</i>	302
7. Planificación de obra	303
<i>7.1 Descripción de Recursos</i>	303
<i>7.2 Descripción de actividades</i>	304
<i>7.3 Diagrama de Gantt</i>	307
8. Factibilidad Económica	308
<i>8.1 Cómputo y Costo de Materiales</i>	308
<i>8.2 Montaje y Mano de Obra</i>	309
<i>8.3 Presupuesto</i>	311
<i>8.4 Ingresos</i>	312
<i>8.4.1 Cuadro Tarifario para el cálculo de los ingresos</i>	312
<i>8.5 Egresos</i>	313
<i>8.5.1 Cuadro Tarifario para el cálculo de los egresos</i>	313
9. Factibilidad Financiera	315
<i>9.1 Escenarios Económicos</i>	315
<i>9.2 Alternativas de Financiación</i>	315
<i>9.3 Flujo de Fondos</i>	318
<i>9.4 Análisis de Rentabilidad</i>	331
<i>9.5 Conclusiones</i>	332
10. Bibliografía	333