

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA, INFORMÁTICA Y
MECÁNICA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA



INFORME TÉCNICO:

Para optar el título profesional de **Ingeniero Electrónico**

**“AMPLIACIÓN DEL SISTEMA DE UTILIZACIÓN EN 10KV DE 800KW A
1400KW PARA LA EMPRESA ANDINA PLAST S.R.L.”**

RESPONSABLE:

Br. Olga Surco Ochoa

Consejero:

Ing. Mgt. Milton Jhon Velásquez Curo

Cusco, enero 2019

TITULO:

**AMPLIACIÓN DEL SISTEMA DE UTILIZACIÓN EN
10KV DE 800KW A 1400KW PARA LA EMPRESA
ANDINA PLAST S.R.L.**

DEDICATORIA

El presente trabajo está dedicado a mi familia por haber sido mi apoyo a lo largo de toda mi carrera universitaria y a lo largo de mi vida. A todas las personas especiales que me acompañaron en esta etapa, aportando a mi formación tanto profesional y como ser humano.

Olga.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por guiarme en mi camino y por permitirme concluir con mi objetivo.

A mis padres quienes son mi motor y mi mayor inspiración, que a través de su amor, paciencia, buenos valores, ayudan a trazar mi camino.

Y por supuesto a mi querida Universidad y a todas las autoridades, por permitirme concluir con una etapa de mi vida, gracias por la paciencia, orientación y guiarme en el desarrollo de este trabajo.

Cada uno de ellos son mi motivación y mi fuerza para seguir adelante.

INTRODUCCION

El adecuado suministro de energía eléctrica en cualquier actividad industrial es un factor preponderante en la obtención de productos o servicios de calidad, dicho suministro influye en la vida útil de los equipos, maquinarias e inclusive en el comportamiento del personal que labora en estas industrias.

Se ha observado que el suministro de energía eléctrica de la planta industrial termoplástico ANDINA PLAST S.R.L. es deficiente debido a las constantes caídas de voltaje, esto se debe a que la empresa contaba con un suministro de tensión en alimentación de 10kV para una demanda máxima de 800kW, el incremento de maquinarias en la línea de producción de PVC ha ocasionado que haya un rebalse en la potencia contratada con un consumo medido de 1000kW, de tal manera que los tableros de distribución de cada lugar en la línea de producción sufrían paradas intempestivas por la voladura del fusible externo; esto implica un aumento en los costos de producción y una disminución de las utilidades de los trabajos que frecuentemente se realizan dentro del proceso en mención, los cuales son: a. línea de mezclado de materiales, desgasificado y conformado, b. línea de tensionado, relajación e enfriamiento, c. línea de extrusión y corte de tuberías. Es necesario mencionar que todas las líneas de producción de PVC son alimentadas con energía eléctrica por la sub-estación de transformación.

El método de trabajo se ha elaborado sobre la base del equipamiento y personal que cuenta ANDINA PLAST S.R.L., considerando los proyectos en ejecución por los talleres; es decir se ajustó la programación de trabajos teniendo en cuenta la capacidad instalada de la empresa.

RESUMEN

El desarrollo de este informe técnico refiere a la implementación de la ampliación del sistema de utilización en 10 KV de 800 KW a 1400 KW para la empresa “ANDINA PLAST S.R.L” dedicada a la fabricación de productos de PVC, el cual se encuentra ubicado en la calle Isidro Bonifaz N°415 Urb. Industrial Panamericana Norte en la provincia de Lima, departamento de Lima.

El proyecto de ampliación del suministro de energía eléctrica fue un requerimiento en razón de que en cualquier actividad industrial es un factor preponderante en la obtención de productos o servicios de calidad, dicho suministro influye en la vida útil de los equipos, maquinarias e inclusive en el comportamiento del personal que labora en estas industrias. Por tal motivo en el tiempo que labore en la empresa tome parte en la implementación del sistema de ampliación del sistema de utilización de 10 KV como supervisora, a fin de lograr mayor eficiencia en los trabajos de producción y una mayor utilidad para la empresa. Previamente se realizó una evaluación de la red de 10 KV y el equipamiento y maquinarias en la planta de producción como base para la justificación del proyecto a implementar.

El proyecto de ampliación contemplo el diseño de una sub-estación particular para suministrar energía eléctrica a la planta industrial termoplástico ANDINA PLAST S.R.L., así como también se realizó los cálculos justificativos eléctricos de demanda para el dimensionamiento de los elementos de la red en M.T. particular de 10kV, red de baja tensión particular, sistema de puesta a tierra. Dentro del proyecto se detalla las características mínimas requeridas que deberán cumplir los equipos y materiales a emplearse en la instalación de las redes del sistema de utilización en M.T., la subestación tipo caseta y el sistema de puesta a tierra de acuerdo con los estándares del CNE (Código nacional de electricidad).

Al término de este informe se adjunta planos, inventario, formatos usados para implementación de la ampliación del sistema de utilización de energía y demás documentos que se llevaron en el proceso.

INDICE

TITULO:	ii
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
INTRODUCCION	v
RESUMEN	vi
INDICE	viii
CAPÍTULO I: Generalidades	1
1.1 PRESENTACIÓN DE LA ORGANIZACIÓN	2
1.2 DE LA EMPRESA - ANDINA PLAST S.R.L.	2
1.3 UBICACIÓN GEOGRÁFICA	3
1.4 ANTECEDENTES DEL PROYECTO	4
1.5 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	5
1.5.1 Red de media tensión particular 10 KV	6
1.5.2 Demanda máxima de potencia	6
1.5.3 Subestación de transformación	6
1.5.4 Red de baja tensión particular (existente)	7
1.5.5 Red de baja tensión particular (proyectado)	7
1.5.6 Sistema de puesta tierra	7
1.6 OBJETIVOS	8
1.6.1 Objetivo General del Proyecto	8
1.6.2 Objetivos Específicos	8
1.7 ALCANCES DEL PROYECTO	9
1.8 IMPORTANCIA	9
1.9 JUSTIFICACIÓN	10
CAPÍTULO II: Descripción de las Instalaciones de la Planta de Producción	11
2.1 PLANTA INDUSTRIAL	12
2.1.1 Tipo de Planta	12
2.1.2 Proceso de Producción	12
2.1.3 Sistemas de automatización dentro de la planta industrial (PLC)	33
CAPÍTULO III: Consumo de Suministro Eléctrico	42
3.1 SUMINISTRO ELÉCTRICO	43
3.1.1 Suministros de energía eléctrica	43

3.1.2	Celda de Transformación con Transformador de 800kVA, 10 / 0.23 kV.....	45
a)	Aisladores Porta barras Poliméricos:.....	45
b)	Barras Colectoras, de Derivación y de Tierra	45
c)	Base porta fusible:.....	46
d)	Transformador Trifásico (800 kVA)	46
3.1.3	Modelamiento del sistema.....	49
3.1.4	Consumo de Energía Eléctrica de Acuerdo a Facturación.....	50
3.1.5	Esquema de Tableros Eléctricos	57
CAPÍTULO IV: Características del Diseño del Sistema Eléctrico Proyectado.....		58
4.1	CONDICIONES GENERALES DE DISEÑO.....	59
4.2	CÁLCULOS ELÉCTRICOS PARA EL DIMENSIONAMIENTO DEL CABLE DE M.T.....	59
4.2.1	Selección por corriente de carga nominal	60
4.2.2	Cálculo por Caída de Tensión	61
4.3	CALCULO DE LA CORRIENTE DE CORTO CIRCUITO EN EL CABLE ...	62
4.4	CÁLCULO DE LA CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO TÉRMICAMENTE ADMISIBLE EN EL CABLE EXISTENTE (I _{km}).....	62
4.5	DETERMINACIÓN DE LA CORRIENTE DE CORTO CIRCUITO (I _{cc2}) EN LA SUBESTACIÓN PARTICULAR EXISTENTE	63
4.6	BARRAS COLECTORA Y DE DERIVACIÓN EN 10 kV EXISTENTES.	64
4.6.1	Selección de la sección mínima por corriente nominal	64
4.6.2	Selección de la sección mínima por esfuerzos electrodinámicos	64
a)	Cálculo de la corriente de cortocircuito	64
b)	Cálculo de la Corriente de Choque.....	64
c)	Cálculo de la F _{max} entre Barra.....	65
d)	Cálculo del Momento Flector máximo actuante (M)	65
e)	Cálculo del Momento Resistente de la barra (W _r).....	66
f)	Esfuerzo de flexión de trabajo (σ _t)	66
4.6.3	Cálculo y verificación de Efectos Térmicos	67
4.6.4	Cálculo y verificación de Efectos de Resonancia	68
4.6.5	Dimensiones de Aisladores	69
4.7	SELECCIÓN DE LOS ELEMENTOS DE PROTECCIÓN DE LA SUBESTACIÓN EN 10KV	70
4.7.1	Selección del Interruptor en Vacío	70
4.7.2	Selección de Fusibles	71

a)	Calculo de coordinación de la protección:	71
4.8	DISEÑO DEL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA	72
a)	Puesta a tierra utilizando varilla para media tensión	74
b)	Puesta a tierra utilizando varilla para baja tensión.	75
c)	Dosis proyectada para los pozos a tierra:	76
4.9	VENTILACIÓN DE LA SUBESTACIÓN	80
4.9.1	Determinación del Volumen de Aire necesario que debe ingresar a la Subestación para evacuar 44.1 kW (Qe)	80
4.9.2	Determinación del Volumen de aire a la salida de la Subestación (Qs)	81
4.9.3	Determinación de la Fuerza de Ascensión del Aire (Po)	81
4.9.4	Determinación de la pérdida de presión al ingreso del aire por la Subestación:	82
4.9.5	Determinación de la pérdida de presión en el canal de ingreso	84
4.9.6	Determinación de la pérdida de presión del aire al pasar por la celda de transformación	84
4.9.7	Determinación de la pérdida de presión del aire por frotamiento en el área interior de la cabina	85
4.9.8	Determinación de la pérdida de presión del aire al salir por la ventana de ventilación	86
	CAPÍTULO V: Implementación del Sistema de Utilización de 10 kV	87
5.1	GENERALIDADES DE LA IMPLEMENTACION	88
5.2	MONTAJE DE LOS CONDUCTORES:	88
5.2.1	Red Subterránea	89
a)	Especificaciones del Conductor:	89
b)	Zanjas	90
c)	Cinta señalizadora	91
d)	Terminales Termo contraíbles.	92
5.2.2	Sub Estación y la Puesta a Tierra de la Red.	93
5.2.2.1	Subestación de Transformación	93
a)	Celda de Recepción o llegada 10 kV, 60 Hz	94
b)	Celda de Transformación con Transformador de 800kVA, 10 / 0.23 kV (existente)	96
c)	Celda de Transformación con un Transformador de 2000 kVA, 10 / 0.40 - 0.23 kV (proyectado)	98
5.2.2.2	Pozos de Puesta a Tierra de la Subestación	101
5.3	PRUEBAS	105

5.3.1	Introducción.....	105
5.3.2	Determinación de la secuencia de fase.....	106
5.3.3	Pruebas de continuidad y resistencia eléctrica.....	106
5.3.4	Prueba de aislamiento de línea.....	107
5.3.5	Pruebas de la puesta a tierra.....	107
5.3.6	Reglas de la seguridad.....	107
CONCLUSIONES.....		109
RECOMENDACIONES.....		110
REFERENCIAS		111
ANEXOS		112
ANEXO 1: ESPECIFICACIONES CONDUCTORES TIPO N2XSY 8.7 / 15 kV		113
ANEXO 2: FACTORES DE CORRECIÓN DE LA CAPACIDAD DE CORRIENTE RELATIVOS A LA RESISTIVIDAD TÉRMICA DEL SUELO		114
ANEXO 3: FACTORES DE CORRECCIÓN RELATIVOS A LA TEMPERATURA DEL SUELO		115
ANEXO 4: FACTORES DE CORRECIÓN DE LA CAPACIDAD DE CORRIENTE RELATIVOS A LA PROFUNDIDAD DEL TENDIDO		115
ANEXO 5: AISLADOR APE-C.....		116
ANEXO 6: ESPECIFICACIONES DE FUSIBLES DE ALTO VOLTAJE		117
ANEXO 7: CURVAS DE FUSIBLES PARA 10 kV		118
ANEXO 8: INTERRUPTOR DE VACIO.....		119
ANEXO 9: RELÉ DE PROTECCIÓN DE SOBREENTENSIDAD.....		120
ANEXO 10: MODO DE CONEXIÓN CON TRANSFORMADOR DE CORRIENTE TOROIDAL		122
ANEXO 11: VALORES DE TENSION EN LOS TABLEROS GENERAL Y DE CONTROL.....		123
ANEXO 12: PROTECCION DE SOBRECORRIENTE.....		125
ANEXO 13: VARIADOR DE FRECUENCIA		127
ANEXO 14: TURBOMEZCLADORES – CIRCUITOS DE CONTROL ELECTRONICO Y AUTOMATIZACION.....		129
ANEXO 12: PROTECCION DE SOBRECORRIENTE ... ;Error! Marcador no definido.		
ANEXO 13: VARIADOR DE FRECUENCIA ;Error! Marcador no definido.		
ANEXO 14: TURBOMEZCLADORES – CIRCUITOS DE CONTROL ELECTRONICO Y AUTOMATIZACION..... ;Error! Marcador no definido.		

CONTENIDO DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Exportaciones totales de productos plásticos por empresa y tipo de producto	3
Ilustración 2 Localización de planta.....	4
Ilustración 3 Proceso General para la Producción de PVC y similares.....	13
Ilustración 4 Distribución de la planta de producción.....	14
Ilustración 5 Línea de producción Hangar 1	155
Ilustración 6 Hangar 1	16
Ilustración 7 Hangar 2.....	20
Ilustración 8 Hangar 3	21
Ilustración 9 Hangar 4.....	24
Ilustración 10 Layout compresores	26
Ilustración 11 Hangar 5.....	27
Ilustración 12 Hangar 2 – Almacén de planta.	28
Ilustración 13 Diagrama de bloques línea de extrusión	28
Ilustración 14 Layout Turbomezcladores.....	311
Ilustración 15 PLC S7 - 1200.....	33
Ilustración 16 Distribucion de PLCs dentro de la planta industrial.....	34
Ilustración 17 Sistema de automatizacion: Componentes habituales (PLC).....	13
Ilustración 18 Concepto grafico de PLC.....	14
Ilustración 19 Arquitectura típica de un PLC.....	36
Ilustración 20 Aspecto típico de un automata programable	36
Ilustración 21 Partes de la arquitectura del PLC	20
Ilustración 22 EL PLC y su entorno.....	21
Ilustración 23 Hangar 5, ubicación del PLC	24
Ilustración 24a Lenguaje de programación Cscape.....	40
Ilustración 24b Lenguaje de programacion Step 7.....	41
Ilustración 25 Plano de acometida de la línea 10KV	43
Ilustración 26 Celda de llegada de 10kV.....	44
Ilustración 27 Diagrama unifilar de subestación de llegada.....	48
Ilustración 28 Modelo de una Línea trifásica.....	49
Ilustración 29 Diagrama Unifilar simplificado del Sistema Eléctrico.....	50
Ilustración 30 Disposición de líneas de producción.....	53
Ilustración 31 Disposición de tableros eléctricos.....	57
Ilustración 32 Resistividad del terreno.....	73
Ilustración 33 Pozos a tierra MT y BT.....	77
Ilustración 34 Detalle eléctrico del pozo a tierra.....	78
Ilustración 35 Red de distribucion.....	78
Ilustración 36 Funcionamiento de una puesta a tierra.....	79
Ilustración 37 Detalle acometida de cable de 10 kV	90
Ilustración 38 Detalle de zanja x-x.....	92
Ilustración 39 Sub estación de transformación.....	93
Ilustración 40 Detalle de celdas de la subestación – transformadores	100
Ilustración 41 Pozos a tierra MT y BT.....	103
Ilustración 42 Detalle eléctrico del pozo a tierra.....	105
Ilustración 43 Diagrama Unifilar del Sistema de Ampliación	106

CONTENIDO DE TABLAS

Tabla 1 Parámetros para la red de media tensión que suministra EDELNOR	5
Tabla 2 Dimensiones subestación 1	6
Tabla 3 Bomba centrífuga ubicado en Hangar 1	166
Tabla 4 Bomba 2 centrífuga ubicado en Hangar 1	177
Tabla 5 Bomba 3 centrífuga ubicado en Hangar 1	177
Tabla 6 Compresor de aire Hangar 1	177
Tabla 7 Compresor 2 de aire Hangar 1	188
Tabla 8 Compresor 3 de aire Hangar 1	18
Tabla 9 Enfriador de agua tipo Dry Blend - Hangar 1	18
Tabla 10 Enfriador de agua tipo Dry Blend 2 - Hangar 1	19
Tabla 11 Enfriador de Pellets - Hangar 1	19
Tabla 12 Enfriador de Pellets 2 - Hangar 1	19
Tabla 13 Bomba centrífuga ubicado en Hangar 3.....	22
Tabla 14 Bomba 2 centrífuga ubicado en Hangar 3.....	22
Tabla 15 Enfriador de agua tipo Dry Blend - Hangar 3.....	22
Tabla 16 Enfriador de Pellets - Hangar 3.....	23
Tabla 17 Enfriador de Pellets 2 - Hangar 3.....	23
Tabla 18 Compresor de aire Hangar 4.....	25
Tabla 19 Enfriador de Pellets - Hangar 4.....	25
Tabla 20 Extrusora Hangar 1	29
Tabla 21 Extrusora lado izquierdo Hangar 3.....	30
Tabla 22 Extrusora lado derecho Hangar 3.....	30
Tabla 23 Extrusora Hangar 4	30
Tabla 24 Turbomezcladora Hangar 1.....	322
Tabla 25 Turbomezcladora Hangar 3.....	322
Tabla 26 Turbomezcladora Hangar 4.....	322
Tabla 27 Consumo de energía de la planta de producción 2010 - 2011.....	50
Tabla 28 Consumo de energía Hangar 1	51
Tabla 29 Consumo de energía Hangar 3.....	51
Tabla 30 Consumo de energía Hangar 4 y oficinas.....	52
Tabla 31 Resumen de consumo de energía	52
Tabla 32 Detalle de equipos en áreas de oficina	54
Tabla 33 Parámetros para el dimensionamiento de cable de M.T.....	60
Tabla 34 Condiciones del Terreno	60
Tabla 35 Factores de corrección.....	60
Tabla 36 Operación de fusible a 10 kV	72
Tabla 37 Mediciones de resistividad	73
Tabla 38 Dosis aplicada a los pozos a tierra	76
Tabla 39 Características del conductor	89
Tabla 40 Características de los pozos a tierra	101

CONTENIDO DE ECUACIONES

Ecuación 1 <i>Factor de Corrección equivalente</i>	60
Ecuación 2 <i>Corriente de diseño</i>	60
Ecuación 3 <i>Caída de tensión</i>	61
Ecuación 4 <i>Corriente de cortocircuito térmicamente admisible</i>	62
Ecuación 5 <i>Impedancia total</i>	63
Ecuación 6 <i>Momento resistente</i>	66
Ecuación 7 <i>Esfuerzo de reflexión</i>	66
Ecuación 8 ΔT	67
Ecuación 9.....	67
Ecuación 10 <i>Sobreelevación de temperatura</i>	67
Ecuación 11 <i>Frecuencia de resonancia</i>	68
Ecuación 12 <i>Fuerza ascensional</i>	81
Ecuación 13 <i>Perdidas de presión al ingreso de aire</i>	83

CAPÍTULO I: Generalidades

1.1 PRESENTACIÓN DE LA ORGANIZACIÓN

ANDINA PLAST S.R.L. es una empresa peruana constituida el 14 de enero de 1991 en la ciudad de Lima por los hermanos Británico, Jorge, Jaime y Carlos Alarcón Castro pero sus orígenes se remontan al año 1988, cuando se adquiere la línea de extrusión Bausano MD-88 y el Turbomezclador CACCIA, los cuales empiezan a operar en el año 1996 en la dirección actual en un área de 10000 m² y con 15 trabajadores.

La empresa inicia sus operaciones ofreciendo el servicio de pelletizado, su primer cliente fue Milano Plast. Posteriormente incursiona en la fabricación de compuestos de PVC para suelas de calzado y luego para envases. Otro logro importante para la consolidación de la empresa fue la apertura de la línea de productos para cables eléctricos.

En la actualidad la empresa se dedica a la fabricación de compuestos de PVC rígidos, semirrígidos y flexibles para diferentes sectores de la industria a nivel nacional e internacional y además compuestos de XLPE para el sector de cables eléctricos.

1.2 DE LA EMPRESA - ANDINA PLAST S.R.L.

ANDINA PLAST es una empresa peruana dedicada a la fabricación de compuestos rígidos, semirrígido y flexibles de PVC, los cuales cumplen adecuadamente los requerimientos de calidad, seguridad, conservación del medio ambiente en igualdad de condiciones con los de Europa, Norteamérica y Suramérica. Actualmente es líder nacional en producción y atiende al mercado de Bolivia, Ecuador, Chile y Colombia. Tiene participación en las innumerables aplicaciones de las industrias usuarias de los compuestos de PVC, como la industrial, doméstica, comercial y recreativa, que

transforman la materia prima en diversos artículos de uso práctico de la vida moderna y cotidiana (Quimicoplasticos, 2017).

EMPRESAS / PRODUCTOS PRIMARIOS	Valor FOB (millones de US\$)				Peso Neto (Toneladas)			
	2013	2014	2015	ene-16	2013	2014	2015	ene-16
ANDINA PLAST S R L	12	14	15	1	6 237	7 858	8 672	613
IBEROAMERICANA DE PLASTICOS SAC	7	11	8	0	6 160	10 645	9 557	510
OPP FILM S.A.	9	8	7	0	6 428	5 195	5 044	337
SAN MIGUEL INDUSTRIAS PET S.A.	2	5	4	0	1 773	4 916	4 378	346
BASF PERUANA S A	3	3	4	0	2 243	1 917	2 917	206
RECIEXPORTA S.A.C	7	5	3	0	9 831	6 316	4 557	262
PLASTICOS AGREGADOS S.A.	0	0	3	0	0	381	3 583	212
PLASTIC & METALS PACIFIC S.A.C.	4	3	2	0	4 921	4 164	2 338	0
PERU MUNDO AMBIENTAL SOCIEDAD ANONIMA CE	0	1	1	0	0	1 147	2 142	169
LIN YI S.A.C.	6	4	1	0	6 388	4 306	1 926	159
Resto de empresas	18	21	13	1	13 880	15 493	9 052	637
TOTAL	69	75	62	4	57 861	62 339	54 167	3 451

Ilustración 1 *Exportaciones totales de productos plásticos por empresa y tipo de producto*

Fuente: Infotrade («Resumen_reporte-sectorial-plásticos.pdf», s. f.)

1.3 UBICACIÓN GEOGRÁFICA

La empresa ANDINA PLAST S.R.L. se dedica a la fabricación compuestos de policloruro de vinilo y se encuentra ubicada en la Calle Isidro Bonifaz N°415 Urb. Industrial Panamericana Norte en la Provincia de Lima, Departamento de Lima. Con suministro N° 0092018 en EDELNOR S.A.A. (Universidad de Peru, 2018)



Ilustración 2 Localización de planta

Fuente: Propia

El Punto de alimentación fue fijado por el concesionario de la zona, EDELNOR S.A.A. que corresponde al PMI N°133, a la Tensión de 10kV, la cual se mantiene vigente para el incremento de carga según carta de EDELNOR S.A.A. N° SGMNR-CL-2693-2010 de fecha 01 de febrero del 2010.

1.4 ANTECEDENTES DEL PROYECTO

La Empresa ANDINA PLAST S.R.L. solicitó a la distribuidora EDELNOR S.A.A. el incremento de carga a la tensión de alimentación de 10kV de una demanda existente de 800kW hasta una demanda máxima de 1400kW.

El Punto de alimentación en 10 KV, fijado por EDELNOR S.A.A. mediante carta SGMNR-CL-2693-2010, en la cual se mantiene vigente el punto de alimentación en el PMI N°133 como se muestra en el plano IE-01 y de acuerdo con el croquis proporcionado por EDELNOR S.A.A.

EDELNOR S.A.A. informa que para efectos de diseño de la Red de media tensión particular se considere:

Tabla 1 Parámetros para la red de media tensión que suministra EDELNOR

Punto de entrega	PMI proyectado
Potencia de cortocircuito (PCC) en 10 KV	200 MVA
Tiempo de apertura de la protección	0.02 seg.

1.5 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

Para cumplir con los requerimientos de la carga instalada del predio la empresa ANDINA PLAST S.R.L. ha proyectado instalar un transformador adicional de 2000kVA (para abastecer al aumento de carga) en la subestación particular tipo caseta instalada, adecuando la celda de transformación para la instalación de dicho transformador. En una celda de Transformación se encuentra instalado un transformador de 800kVA, en la celda de transformación que se está proyectando se instalará un transformador de 2000kVA, de 10 / 0.40 - 0.23 kV.

La alimentación de media tensión será suministrada por EDELNOR S.A.A. al nivel de tensión de 10 kV trifásico, 60 Hz que es el sistema eléctrico típico utilizado en la ciudad de Lima.

El desarrollo del proyecto se divide en las partes que se detallan a continuación:

1.5.1 Red de media tensión particular 10 KV

Un sistema trifásico de tres hilos, tensión nominal de 10 kV, frecuencia 60 Hz. La red de media tensión comprende una red aérea de unos 45m aproximadamente con cable de Cu desnudo de 3-1x35mm², y una red subterránea de unos 30m, dicha red subterránea está instalado con cable tipo N2XSY de 3-1x35 mm² 8.7/15 kV.

1.5.2 Demanda máxima de potencia

Para efectos de diseño se ha considerado la suma de la potencia de los dos transformadores que es de 2800 kVA como se indica a continuación.

1.5.3 Subestación de transformación

El proyecto comprende el equipamiento y montaje de 01 Subestación tipo caseta, con las siguientes dimensiones interiores:

Tabla 2 Dimensiones subestación 1

Altura	3.50m
Ancho	4.50m
Profundidad	3.70m

Equipada con:

- **Celda de Llegada o Recepción:**

Que comprende un Interruptor en Vacío de 12kV, 630A. Además, tendrá una protección contra fallas a tierra por lo que se utilizarán los siguientes equipos adicionales:

Equipo de protección: Relé de protección de fallas a Tierra, IPR-D ORIÓN 50n/51n (0.05 a 1) In - 5 Amp., Transformador de corriente toroidal 10 VA, 600 voltios.

- **Celda de Transformación existente (800kVA):**

Aloja un Transformador de 800kVA, que transforma la tensión de 10kV a 230 V, con grupo de conexión Delta estrella (Dy5). Además, el transformador está protegido por una base porta fusibles de 24kV, 400 A con fusibles de 63 A /12 kV.

- **Celda de Transformación proyectado (2000kVA):**

Alojará un Transformador de 2000 KVA, que transformará la tensión de 10kV a 400V con neutro 230 V, con grupo de conexión Delta estrella (Dyn5). Además, el transformador estará protegido por una base porta fusibles de 24kV, 400 A con fusibles de 160 A /12kV para el nivel de tensión de 10 kV.

1.5.4 Red de baja tensión particular (existente)

Los cables de energía que interconecta los bornes de Baja Tensión del transformador de 800kVA (existente) para 230 V, es con cable del tipo NYY de 4 x (3 – 1 x 240 mm²). El tablero de baja tensión está protegido por un interruptor de 3 x 2500 A para 230V.

1.5.5 Red de baja tensión particular (proyectado)

Los cables de energía que interconecte los bornes de Baja Tensión del transformador de 2000kVA (proyectado) para 400 V, será con cable del tipo NYY de 6 x (3 – 1 x 240 mm²). El tablero de baja tensión estará protegido por un interruptor de 3 x 4000 A para 400V.

1.5.6 Sistema de puesta tierra

Se instalará un Sistema de Puesta a Tierra para Media Tensión, otro para Baja Tensión, dicho sistema estará compuesto por una toma y su línea correspondiente a aquellas partes metálicas que no conducen corriente.

1.6 OBJETIVOS

1.6.1 Objetivo General del Proyecto

Ampliar del suministro de energía eléctrica del sistema de utilización en 10kV de 800kW a 1400kW, mediante la instalación de una Sub-Estación, a fin de lograr mayor eficiencia en los trabajos de producción y una mayor utilidad para la empresa ANDINA PLAST S.R.L.

1.6.2 Objetivos Específicos

- 1 Hacer la evaluación de la red de 10kV y los equipos que se encuentran dentro de la subestación tipo caseta, para atender el aumento de carga a la planta industrial termoplástico ANDINA PLAST S.R.L.
- 2 Implementar la Sub-Estación particular para suministrar energía eléctrica a la planta industrial termoplástico ANDINA PLAST S.R.L.
- 3 Realizar los cálculos justificativos eléctricos de demanda para el dimensionamiento de los elementos de la red en M.T. particular de 10kV, red de baja tensión particular, sistema de puesta a tierra.
- 4 Detallar las características mínimas que deberán cumplir los equipos y materiales a emplearse en la instalación de las redes del sistema de utilización en M.T., la Subestación tipo caseta y el sistema de puesta a tierra.
- 5 Detallar las especificaciones de montaje referidas a los trabajos a efectuar por el Contratista para la construcción de la subestación y redes de M.T. particular.
- 6 Seleccionar los elementos adecuados capaces de soportar la corriente de corto circuito y cuya caída de tensión máxima esté de acuerdo con los estándares del CNE (Código nacional de electricidad).

1.7 ALCANCES DEL PROYECTO

El proyecto comprende lo siguiente:

- a. Red de media tensión particular en 10 kV, instalado desde el PMI N°133 instalado por EDELNOR S.A.A. (ver plano IE-01) para llegar a la Subestación tipo caseta particular instalada del cliente, la conexión a la subestación particular es de forma aérea los primeros 45m con cable de Cu desnudo de 3-1x35mm² y subterránea los últimos 30m del recorrido de la red con cable del tipo N2XSY de 3-1x35 mm², 8.7/15kV.
- b. La Subestación tipo caseta se encuentra construida, en la celda de llegada se adecuará para la instalación de un interruptor en vacío de 12kV, 630A con un relé de falla a tierra 50N/51N, 5 A, un transformador de corriente toroidal, se adicionara una celda de transformación, por lo tanto una de ellas (la existente) está equipada con un transformador de 800kVA, con relación de transformación de 10/0.23kV, con grupo de conexión Dy5, está protegido por una base porta fusibles tripolar de 12 kV, 400A con fusibles de 63 A, la otra celda de transformación se proyectará para alojar un transformador de 2000kVA, con relación de transformación de 10/0.40 – 0.23kV, con grupo de conexión Dyn5, estará protegido por una base porta fusibles tripolar de 12 kV, 400A con fusibles de 160A.
- c. El proyecto incluye el montaje electromecánico de los equipos que comprende la subestación particular.

1.8 IMPORTANCIA

Como tarea cotidiana y de mayor demanda en el NADINA PLAST S.R.L. es la producción de plásticos PVC, las cuales dan una gran rentabilidad para la empresa. Esta

producción requiere de una línea de producción activa con cero paradas ocasionadas por problemas de suministro de energía adecuado.

La planta termoplástica ANDINA PLAST S.R.L. cuenta con tres líneas principales: -línea de mezclado, -línea de enfriamiento y -la línea de extrusión y corte, cada línea del sistema de producción tiene su red eléctrica de distribución, donde los tableros de distribución sufrían aleatoriamente y de manera imprevista el quedar sin energía debido a que se sobrepasaba la potencia contratada a EDELNOR. Es por ello que la empresa se ve en la necesidad de ampliar el suministro de los servicios eléctricos. Este proyecto se puntualiza a la ampliación del suministro de energía eléctrica, para satisfacer la demanda de la planta termoplástica de producción.

1.9 JUSTIFICACIÓN

La capacidad actual de la planta termoplástica ANDINA PLAST S.R.L. no está preparada para abastecer la demanda de energía a la línea de producción de PVC, debido a que su potencia instalada no tiene previsto el incremento de maquinarias para el aumento de producción instaladas, además los cables de suministro que salen de la Sub-Estación de 800 kVA hacia las tomas se encuentran recalentados por sus años de operación, esto provoca constantes caídas de tensión, las cuales se encuentran debajo de los límites permitidos por el CNE. Por ello se ha planteado la necesidad de ampliar los servicios eléctricos de dicha planta.

CAPÍTULO II: Descripción de las Instalaciones de la Planta de Producción

2.1 PLANTA INDUSTRIAL

2.1.1 Tipo de Planta

ANDINA PLAST S.R.L. es una empresa dedicada a la fabricación y comercialización de todo tipo de plásticos, compuestos de PVC, compuestos XLPE y cauchos a nivel nacional e internacional.

La calidad del producto de esta empresa se garantiza dado que cuenta con normas de certificación ISO 9001, normas de protección del medio ambiente ISO14001, y norma de seguridad OSHAS 18001, toda la planta de producción ocupa un área de aproximadamente 10.000 m² incluyendo el área de Administración y un perímetro rectangular de 430 m como se muestra en la ilustración 2 (Anexo plano general) donde se distribuye 5 hangares para el proceso de producción, y es aquí que se desarrolla la implementación de la ampliación del sistema de utilización de energía. Y un nuevo local enfrente IPERC de 6000 m² y un perímetro de 310 m (Anexo plano local IPERC).

2.1.2 Proceso de Producción

Esta planta de producción se encuentra en un régimen de operación permanente, el proceso de transformación para la obtención de PVC se lleva a cabo tal como se puede observar en la ilustración 3 el cual es el diagrama del proceso productivo, donde se indica la secuencia de proceso y los equipos que se encuentran en cada área. (Emprendedor, 2018)

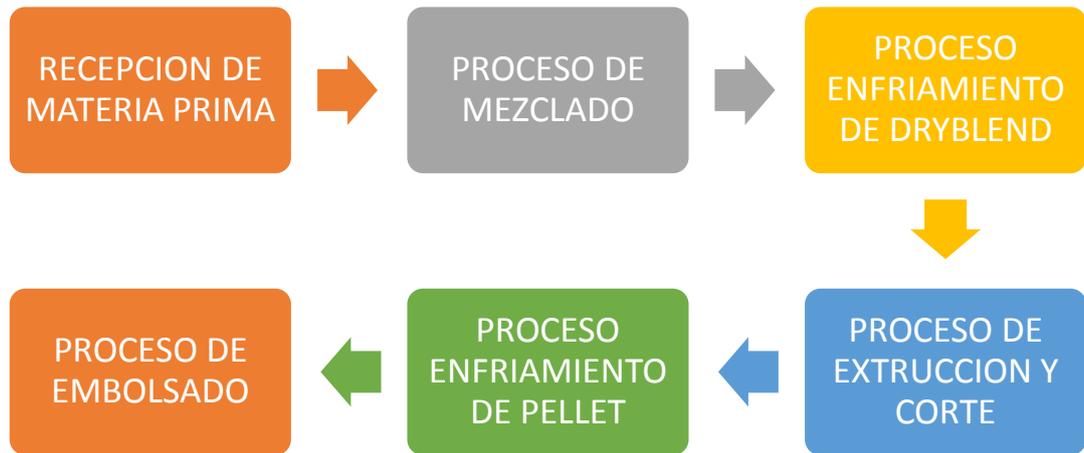


Ilustración 3 *Proceso General para la Producción de PVC y similares*

Fuente:

<http://www.contactopyme.gob.mx/guiasempresariales/guias.asp?s=14&guia=104&giro=10&ins=985>

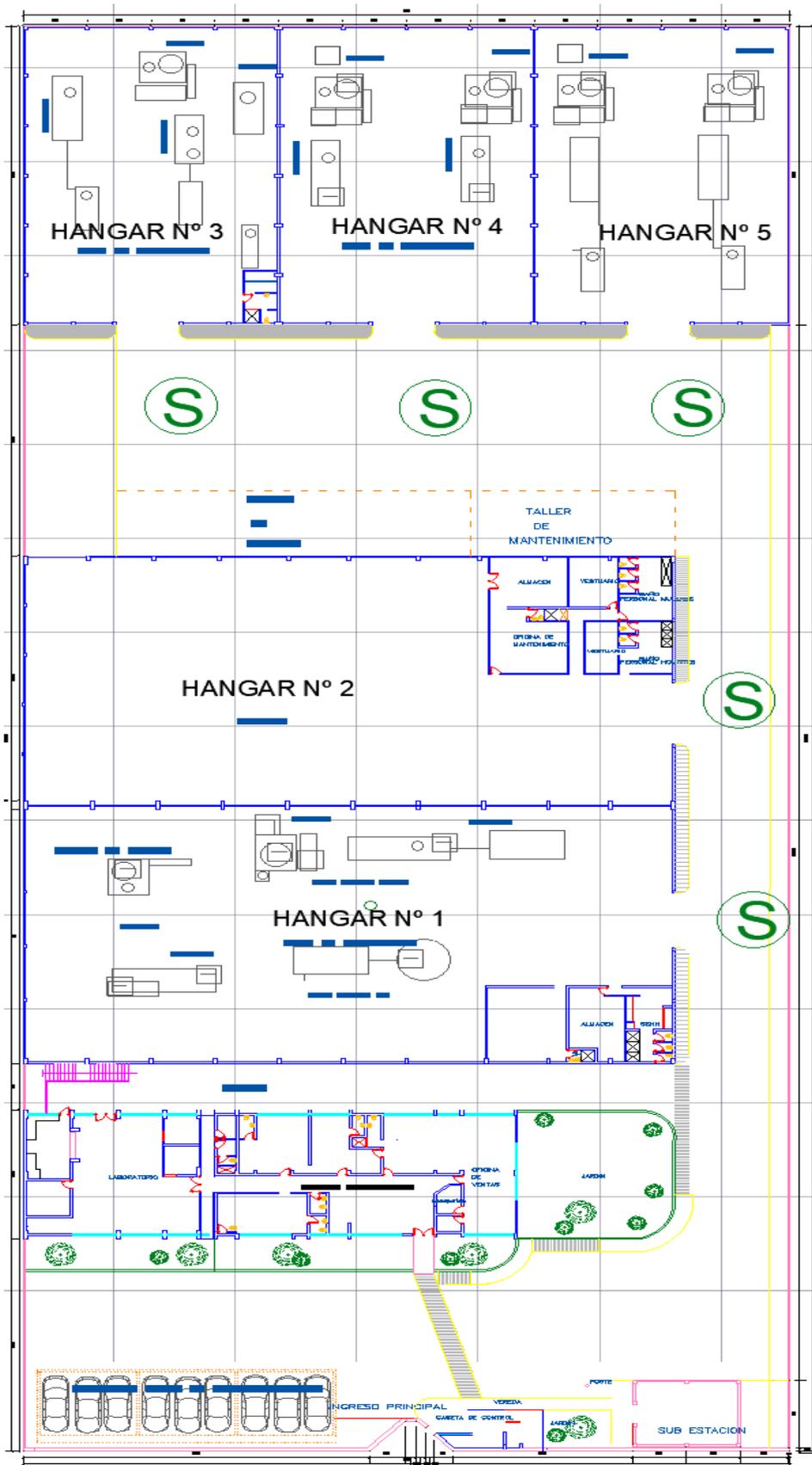


Ilustración 4 Distribución de la planta de producción.

Fuente: Elaboración propia

Cada Hangar dentro del esquema tiene una función específica en la producción general que es PVC, caucho, plásticos y compuestos XLPE.

a. Sistema auxiliar del proceso

Dentro del sistema auxiliar del proceso se encuentran los sistemas de bombeo, aire comprimido y enfriamiento de agua, estos subsistemas tienen una función importante la cual es de entregar agua, aire acondicionados a temperatura y presiones adecuadas para la producción óptima. Y se encuentran distribuidos en los diferentes Hangares de producción como se muestra:

HANGAR 1.- Área de producción de compuesto de PVC, donde se encuentra instalada la línea de producción MD 125, MD 115, cada línea de producción está conformada por un turbomezclador, un extrusor y una zaranda, la característica MD 115 o Md 125 señala la capacidad en litros que contiene el turbomezclador, también dentro de este ambiente se encuentra compresores de aire, tableros eléctricos, sistemas de enfriamiento.



Ilustración 5 Línea de producción Hangar 1

Fuente: Instalaciones de la empresa ANDINA PLAST.

Esta área es compartida con las oficinas de producción donde especialistas en sistemas de calidad, procesos, formulación y archivo se concentran.

Dentro del Hangar 1 se tiene la siguiente distribución:

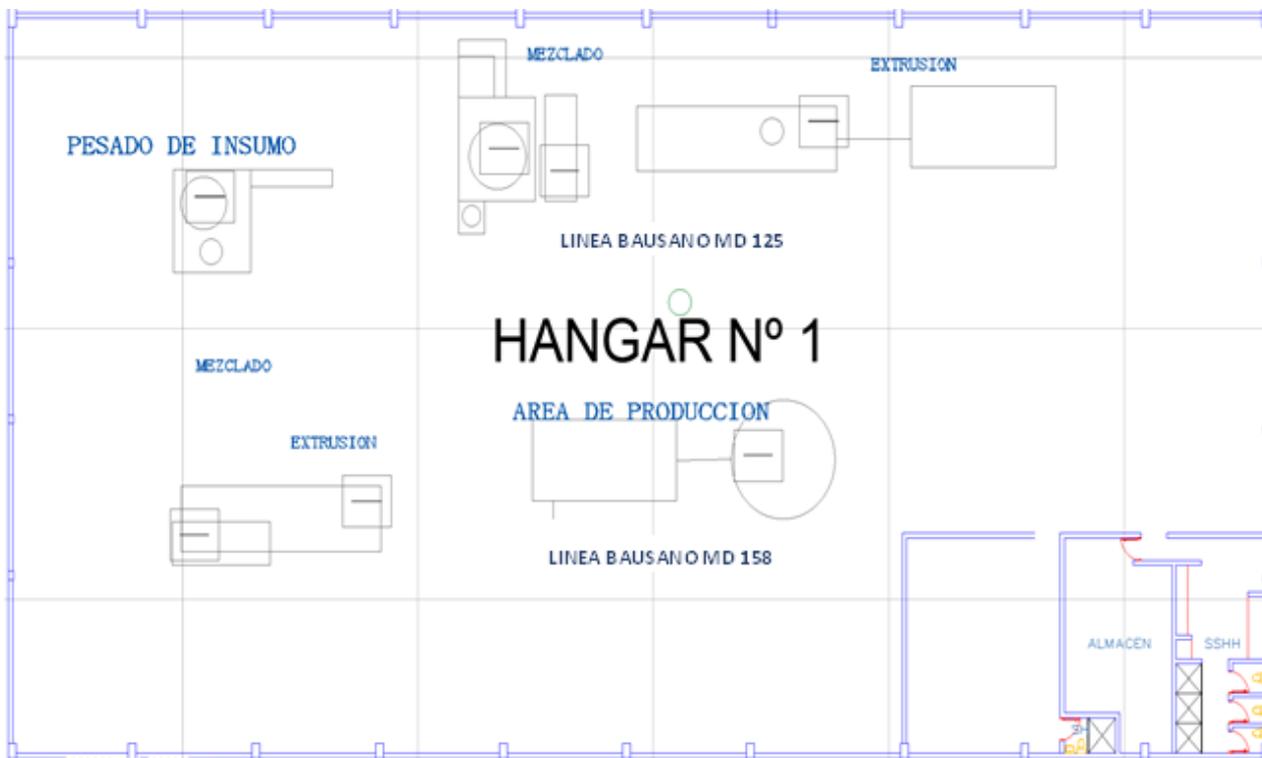


Ilustración 6 Hangar 1

Fuente: Elaboración propia

Bombas centrifugas de agua:

Tabla 3 Bomba centrifuga ubicado en Hangar 1

NOMBRE	BOMBA CENTRIFUGA DE AGUA	
FUNCIÓN	Bombear líquidos, aumenta la velocidad del fluido	
UBICACIÓN	Lado Izquierdo del Hangar 1	
TAMAÑO		
PESO		
POTENCIA	2HP	
VOLTAJE	220 VOL	
CAPACIDAD	130 L/MIN	
VELOCIDAD	3450 RPM	
MARCA	PEDROLO	
MODELO	CPM660M	
N° DE SERIE		

Tabla 4 Bomba 2 centrifuga ubicado en Hangar 1

NOMBRE	BOMBA CENTRIFUGA DE AGUA	
FUNCIÓN	Bombear liquidos, aumenta la velocidad del fluido	
UBICACIÓN	Lado Izquierdo del Hangar 1	
TAMAÑO		
PESO	24.6 KG	
POTENCIA	1.9 HP	
VOLTAJE	220 VOL	
CAPACIDAD		
VELOCIDAD	3450 RPM	
MARCA	HIDROSTAL	
MODELO	B1.1/2x2-1.9 T	
N° DE SERIE		

Tabla 5 Bomba 3 centrifuga ubicado en Hangar 1

NOMBRE	BOMBA CENTRIFUGA DE AGUA	
FUNCIÓN	Bombear liquidos, aumenta la velocidad del fluido	
UBICACIÓN	Lado Izquierdo del Hangar 1	
TAMAÑO		
PESO	24.6 KG	
POTENCIA	1.9 HP	
VOLTAJE	220 VOL	
CAPACIDAD		
VELOCIDAD	3450 RPM	
MARCA	HIDROSTAL	
MODELO	B1.1/2x2-1.9 T	
N° DE SERIE		

Compresores de aire Hangar 1:

Tabla 6 Compresor de aire Hangar 1

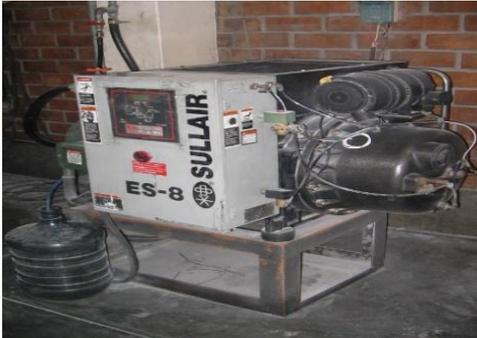
NOMBRE	COMPRESOR DE AIRE	
FUNCIÓN	Elevar la presión del aire para su posterior uso en las máquinas.	
UBICACIÓN	Lado Derecho del Hangar 1	
TAMAÑO	1351x 800x 1351	
PESO	474 kg	
POTENCIA	14.9 HP	
VOLTAJE	380 VOL	
MARCA	SULLAIR	
MODELO	ES-8 15hp	
N° DE SERIE	1982766049	

Tabla 7 Compresor 2 de aire Hangar 1

NOMBRE	COMPRESOR DE AIRE	
FUNCIÓN	Eleva la presión del aire para su posterior uso en las máquinas.	
UBICACIÓN	Lado Derecho del Hangar 1	
TAMAÑO		
PESO		
POTENCIA		
VOLTAJE		
CAPACIDAD		
VELOCIDAD		
MARCA	ATLAS COPCO	
MODELO		
Nº DE SERIE		

Tabla 8 Compresor 3 de aire Hangar 1

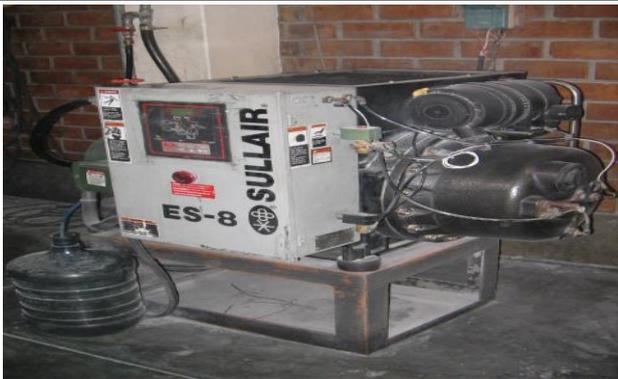
NOMBRE	COMPRESOR DE AIRE	
FUNCIÓN	Eleva la presión del aire para su posterior uso en las máquinas.	
UBICACIÓN	Lado Derecho del Hangar 1	
TAMAÑO	1351x 800x 1351	
PESO	474 kg	
POTENCIA	14.9 HP	
VOLTAJE	380 VOL	
CAPACIDAD		
VELOCIDAD		
MARCA	SULLAIR	
MODELO	ES-8 15hp	
Nº DE SERIE	1982766049	

Tabla 9 Enfriador de agua tipo Dry Blend - Hangar 1

NOMBRE	ENFRIADOR DE DRY BLEND	
FUNCIÓN	Disminuir la temperatura del producto mezclado en el turbomezclador	
UBICACIÓN	Lado Izquierdo del Hangar 1	
TAMAÑO	760x2150x2160 mm	
PESO	800 Kg	
POTENCIA	4 KW	
VOLTAJE	220 V	
CAPACIDAD	600 lt	
VELOCIDAD	-	
PROCESO	Línea 88	
MARCA	CACCIA	
MODELO	AG-600	
Nº DE SERIE	9023090	

Tabla 10 *Enfriador de agua tipo Dry Blend 2 - Hangar 1*

NOMBRE	ENFRIADOR DE DRY BLEND	
FUNCIÓN	Disminuir la temperatura del producto mezclado en el turbomezclador.	
UBICACIÓN	Lado Derecho del Hangar 1	
TAMAÑO	1000x2900x4500 mm	
PESO	-	
POTENCIA	15 KW	
VOLTAJE	220/380 V	
CAPACIDAD	2200 lt	
VELOCIDAD	-	
PROCESO	Línea 125	
MARCA	VALTORTA	

Tabla 11 *Enfriador de Pellets - Hangar 1*

NOMBRE	ENFRIADOR DE PELLETS	
FUNCIÓN	Disipar el calor de los pellets salidos del extrusor.	
UBICACIÓN	Lado Izquierdo del Hangar 1	
TAMAÑO	1400x1600x2900 mm	
PESO	-	
POTENCIA	-	
VOLTAJE	220/380 V	
CAPACIDAD	400 kg/hora	
VELOCIDAD	-	
PROCESO	Línea 88	
MARCA	Bausano	
N° DE SERIE	89-RBN-BG48	

Tabla 12 *Enfriador de Pellets 2 - Hangar 1*

NOMBRE	ENFRIADOR DE PELLETS	
FUNCIÓN	Disipar el calor de los pellets salidos del extrusor.	
UBICACIÓN	Lado Derecho del Hangar 1	
TAMAÑO	1200x2200x3900	
PESO	-	
POTENCIA	-	
VOLTAJE	220/380 V	
CAPACIDAD	600 Kg/hora	
VELOCIDAD	-	
PROCESO	Línea 125	
MARCA	BAUSANO	
N° DE SERIE	-	

HANGAR 2.- Esta área está destinada casi en un 85% para el almacenaje del producto final; bolsas de 25 kilos que contienen el PVC en forma de gránulos; esta área esta seccionada por productos rígidos, flexibles, para calzado, para cable, otros.

Dentro del área también encontramos la oficina de mantenimiento y almacén de repuestos básicos para todas las maquinas, así también ambientes adecuados para los gestores del área de almacén.

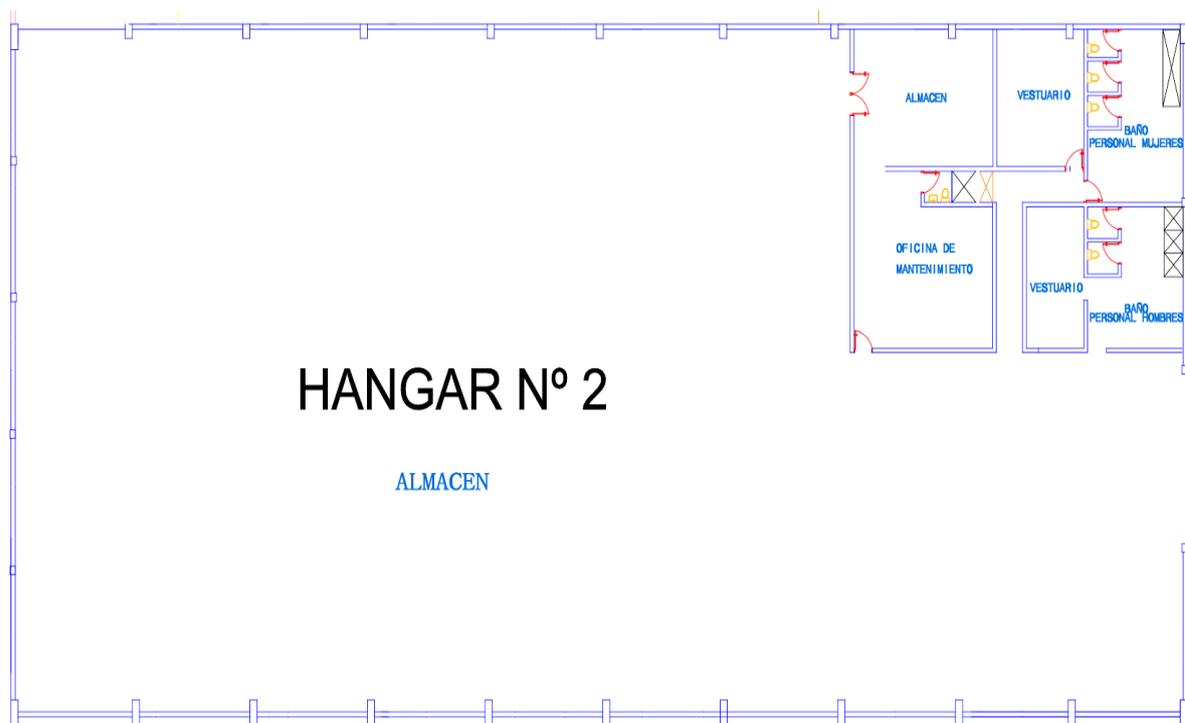


Ilustración 7 Hangar 2

Fuente: Elaboración propia

HANGAR 3.- Dentro de esta área encontramos 02 líneas de producción exclusiva para material de calzado, pero con capacidad menor: Thissen km130 – 1, Thissen km130 – 2, también contemplamos compresor y sistemas de enfriamiento.

Dentro del Hangar 3 se tiene la siguiente distribución:

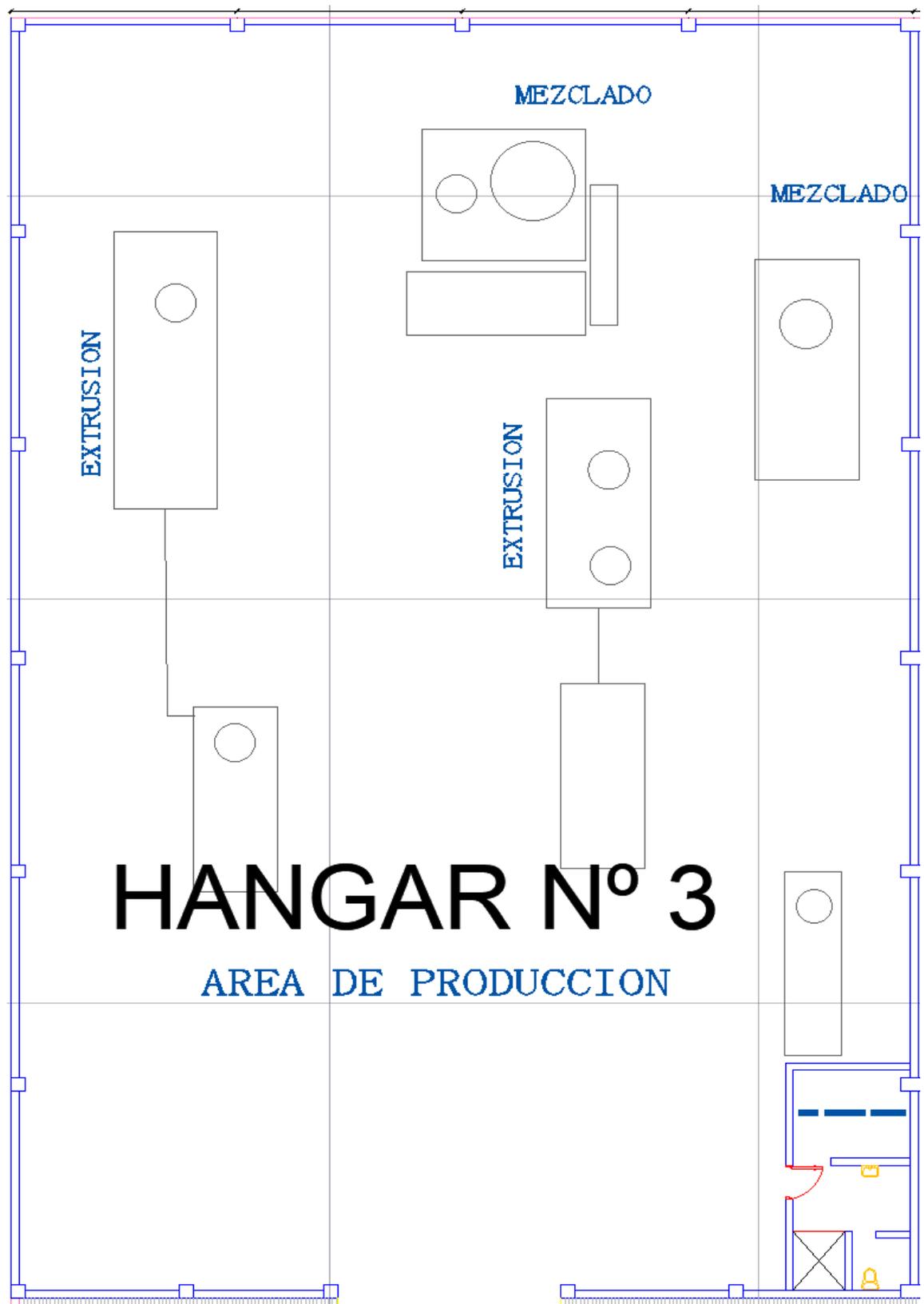


Ilustración 8 Hangar 3

Fuente: Elaboración propia

Conteniendo el siguiente equipamiento:

Tabla 13 Bomba centrífuga ubicado en Hangar 3

NOMBRE	BOMBA CENTRIFUGA DE AGUA	
FUNCIÓN	Bombear líquidos, aumenta la velocidad del fluido	
UBICACIÓN	Lado derecho del Hangar 3	
TAMAÑO		
PESO	24.6 KG	
POTENCIA	1.9 HP	
VOLTAJE	220 VOL	
CAPACIDAD		
VELOCIDAD	3450 RPM	
MARCA	HIDROSTAL	
MODELO	B1.1/2x2-1.9 T	
N° DE SERIE		

Tabla 14 Bomba 2 centrífuga ubicado en Hangar 3

NOMBRE	BOMBA CENTRIFUGA DE AGUA	
FUNCIÓN	Bombear líquidos, aumenta la velocidad del fluido	
UBICACIÓN	Lado derecho del Hangar 3	
TAMAÑO		
PESO	24.6 KG	
POTENCIA	1.9 HP	
VOLTAJE	220 VOL	
CAPACIDAD		
VELOCIDAD	3450 RPM	
MARCA	HIDROSTAL	
MODELO	B1.1/2x2-1.9 T	
N° DE SERIE		

Tabla 15 Enfriador de agua tipo Dry Blend - Hangar 3

NOMBRE	ENFRIADOR DE DRY BLEND	
FUNCIÓN	Disminuir la temperatura del producto mezclado en el turbomezclador.	
UBICACIÓN	Hangar 3	
TAMAÑO	1600X2500X4000 mm	
PESO	-	
POTENCIA	-	
VOLTAJE	220/380 V	
CAPACIDAD	1200 LT	
VELOCIDAD	-	
PROCESO	Línea 130	
MARCA	-	
MODELO	-	
N° DE SERIE	-	

Tabla 16 *Enfriador de Pellets - Hangar 3*

NOMBRE	ENFRIADOR DE PELLETS	
FUNCIÓN	Disipar el calor de los pellets salidos del extrusor.	
UBICACIÓN	Lado Izquierdo del Hangar 3	
TAMAÑO	1500x2500x3100 mm	
PESO	-	
POTENCIA	-	
VOLTAJE	220/380 V	
CAPACIDAD	500 Kg/hora	
VELOCIDAD	-	
PROCESO	Línea 130	
MARCA	-	
MODELO	-	
Nº DE SERIE	-	

Tabla 17 *Enfriador de Pellets 2 - Hangar 3*

NOMBRE	ENFRIADOR DE PELLETS	
FUNCIÓN	Disipar el calor de los pellets salidos del extrusor.	
UBICACIÓN	Lado Derecho del Hangar 3	
TAMAÑO	1500x2500x3100 mm	
PESO	-	
POTENCIA	-	
VOLTAJE	220/380 V	
CAPACIDAD	500 Kg/hora	
VELOCIDAD	-	
PROCESO	Línea 130	
MARCA	-	
MODELO	-	
Nº DE SERIE	-	

HANGAR 4.- dentro de esta área contemplan líneas de producción exclusivas para cables con capacidad de producción mayor a las anteriores, encontrándose la línea Batenfil BT 107 y bausano md 125, cada una de ellas con sus turbomezcladores, extrusores y zarandas, considerándose también las compresoras, tableros eléctricos

Dentro del Hangar 4 se tiene la siguiente distribución:

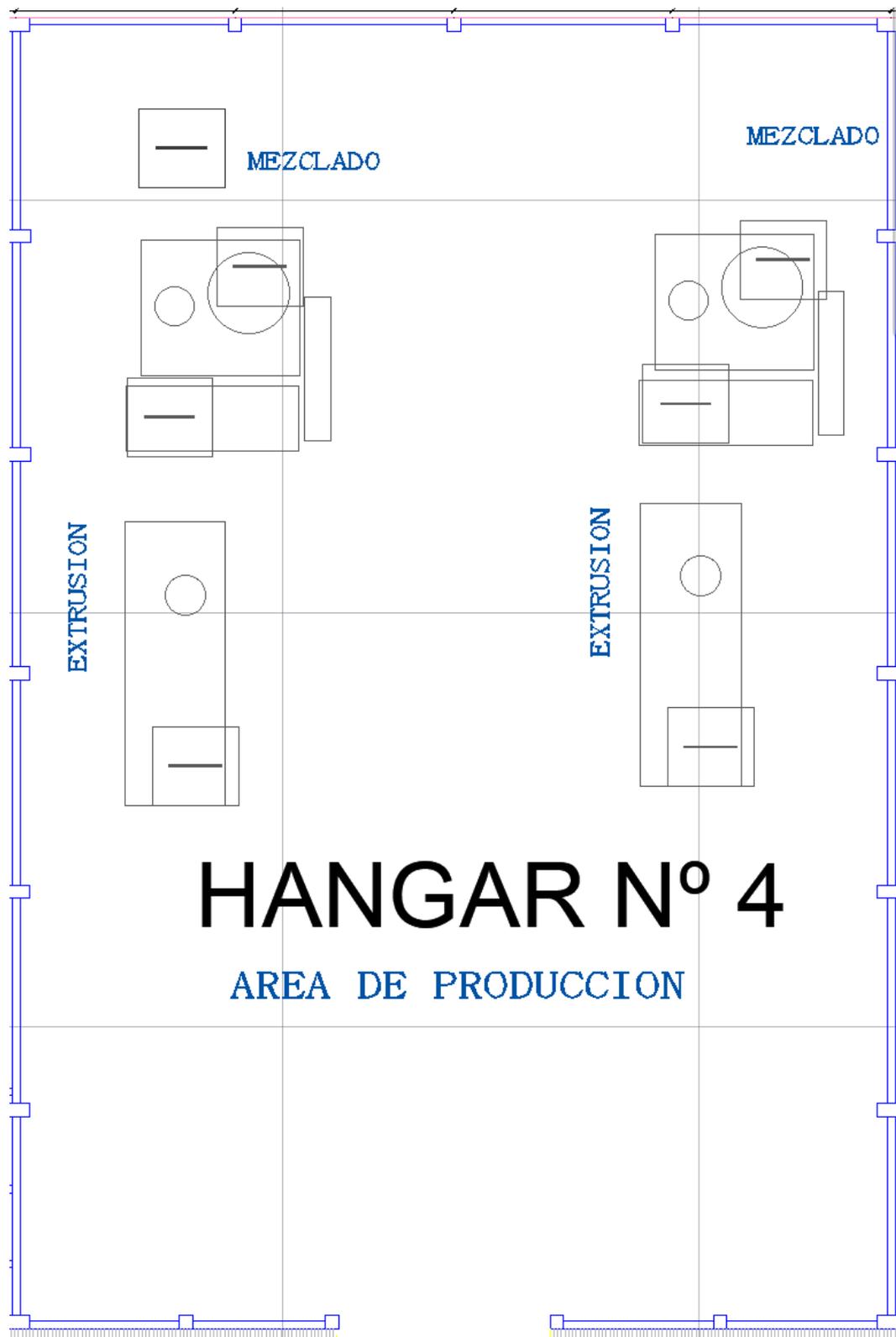


Ilustración 9 Hangar 4

Fuente: Elaboración propia

Conteniendo el siguiente equipamiento:

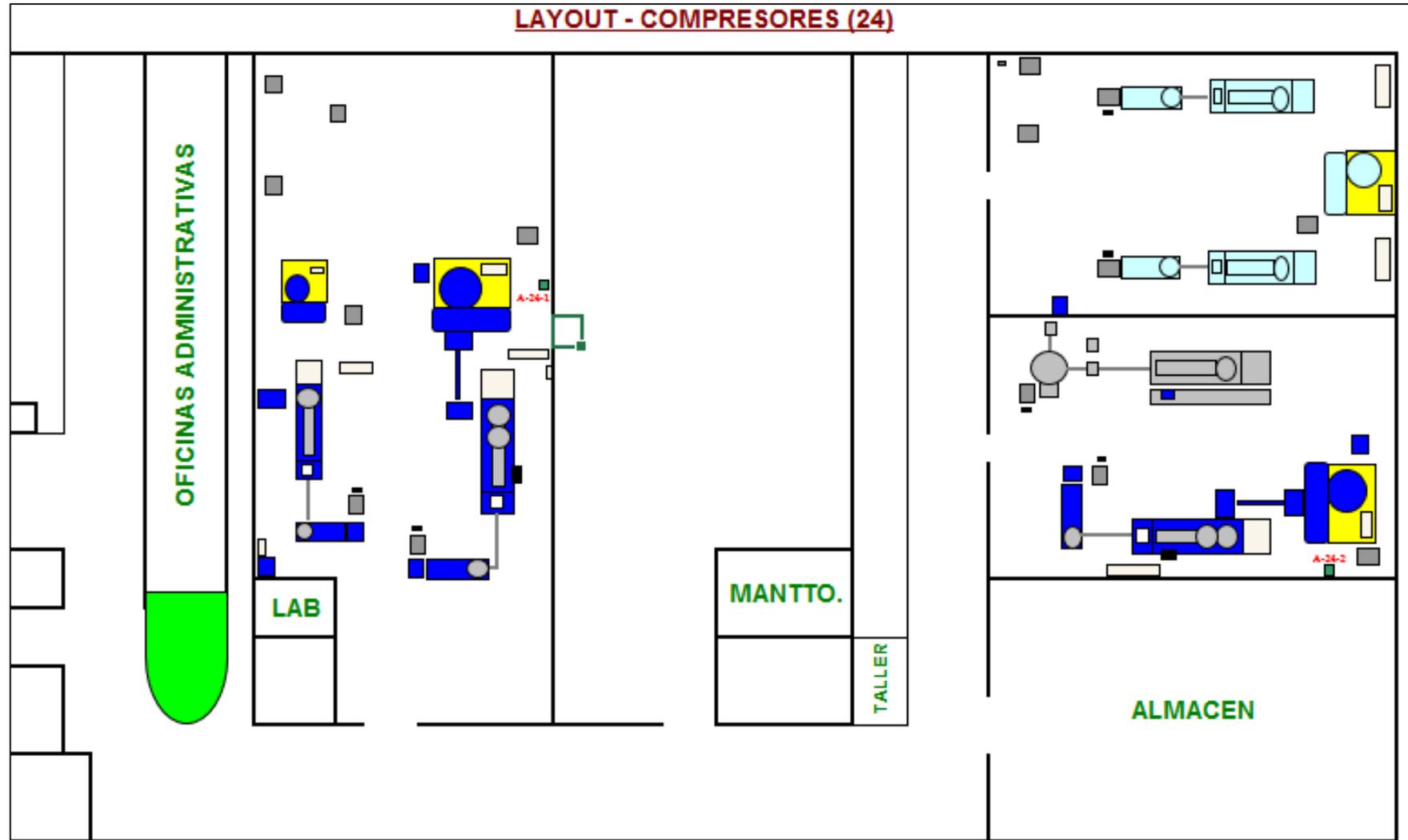
Tabla 18 Compresor de aire Hangar 4

NOMBRE	COMPRESOR DE AIRE	
FUNCIÓN	Eleva la presión del aire para su posterior uso en las máquinas.	
UBICACIÓN	Lado Derecho del Hangar 4	
TAMAÑO	1500x1200x1200	
PESO	-	
POTENCIA		
VOLTAJE	220/380 V	
CAPACIDAD	100 PSI	
VELOCIDAD	-	
PROCESO	Línea 115	
MARCA	SULLAIR	
MODELO	ES8-15L	
Nº DE SERIE	135322	

Enfriadores de agua:

Tabla 19 Enfriador de Pellets - Hangar 4

NOMBRE	ENFRIADOR DE PELLETS	
FUNCIÓN	Disipa el calor de los pellets salidos del extrusor.	
UBICACIÓN	Hangar 4	
TAMAÑO	1400x3500x3500 mm	
PESO	1500 Kg	
POTENCIA	6 Kw	
VOLTAJE	220/380V	
CAPACIDAD	600 kg/hora	
VELOCIDAD	-	
PROCESO	Línea 115	
MARCA	BAUSANO	
MODELO	RG2	
Nº DE SERIE	203040.R.009	



CÓDIGO	EQUIPO
A-24-1	COMPRESOR SULLAIR ESE
A-24-2	COMPRESOR SULLAIR ESE

Ilustración 10 Layout compresores (ubicación real de compresoras)

Fuente: Elaboración propia

HANGAR 5.- Esta área fue acondicionada para la producción de compuestos destinados al tema de salubridad y médico, es así que dentro de este ambiente se instaló líneas de producción con las siguientes características.

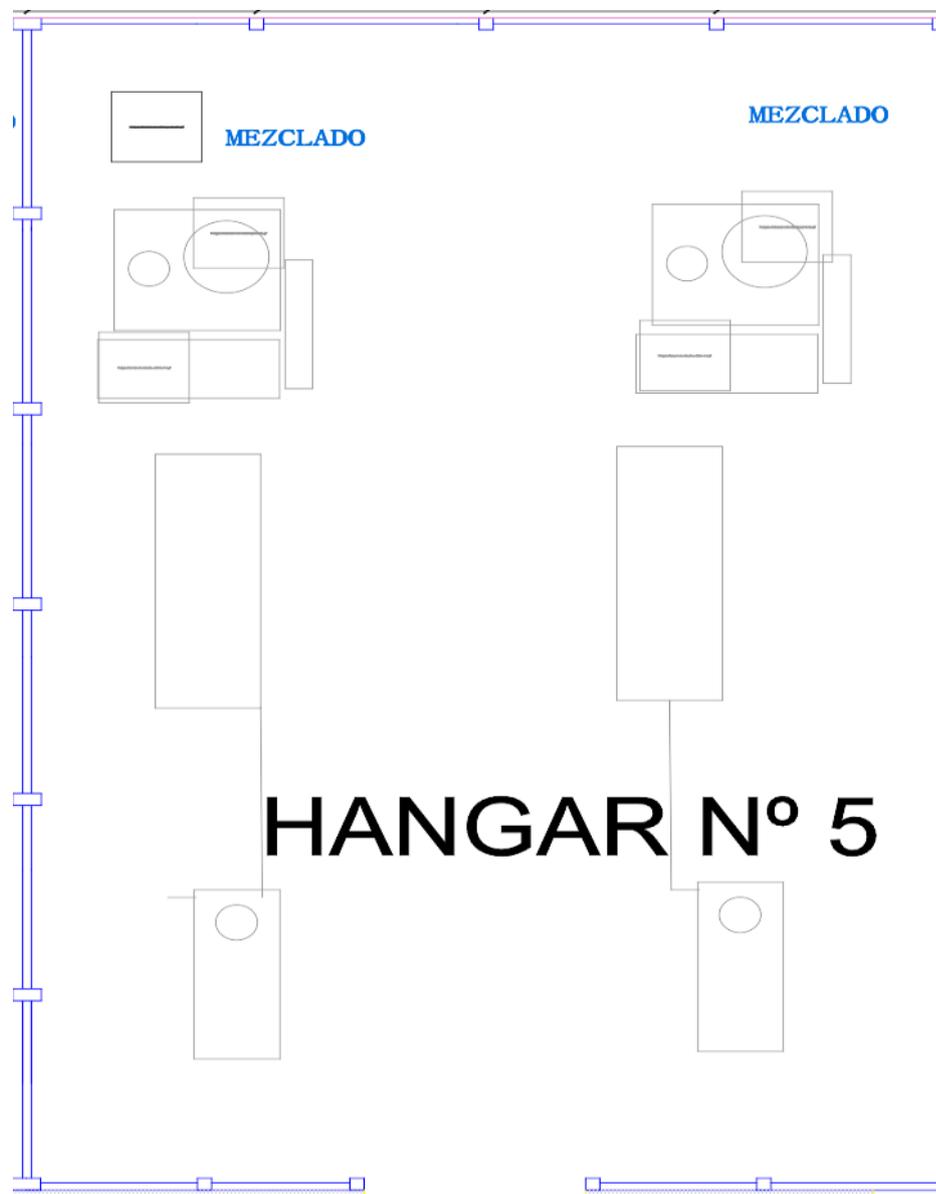


Ilustración 11 Hangar 5

Fuente: Elaboración propia

b. Área de materia prima (Almacén)

Esta área cumple un rol importante en el procesamiento de PVC está conformado por sectores:

- **Almacenaje de Materia Prima:** Para el proceso de transformación se utiliza dos tipos de materia prima básicos, PVC (Polivinilo de cloruro) que es almacenado.

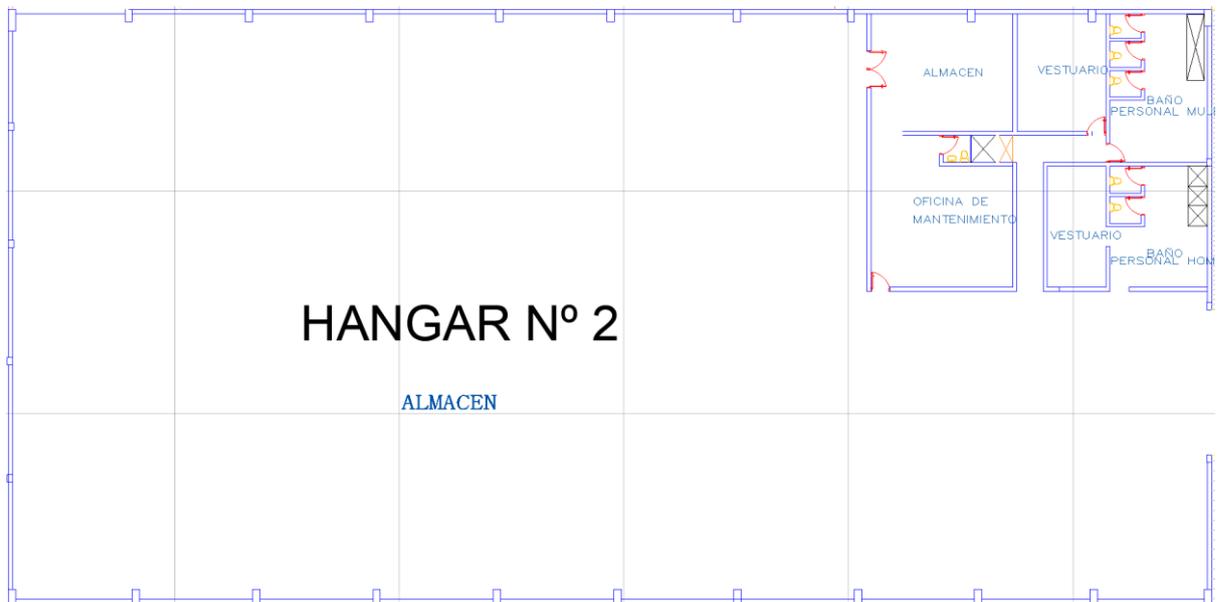


Ilustración 12 Hangar 2 – Almacén de planta.

Fuente: Elaboración propia

c. Sistema de Extrusión e Inyección:

Este sistema está formado por dos áreas denominadas Extrusión e inyección donde en el área de extrusión que cuenta con dos procesos de PVC y Polietileno:

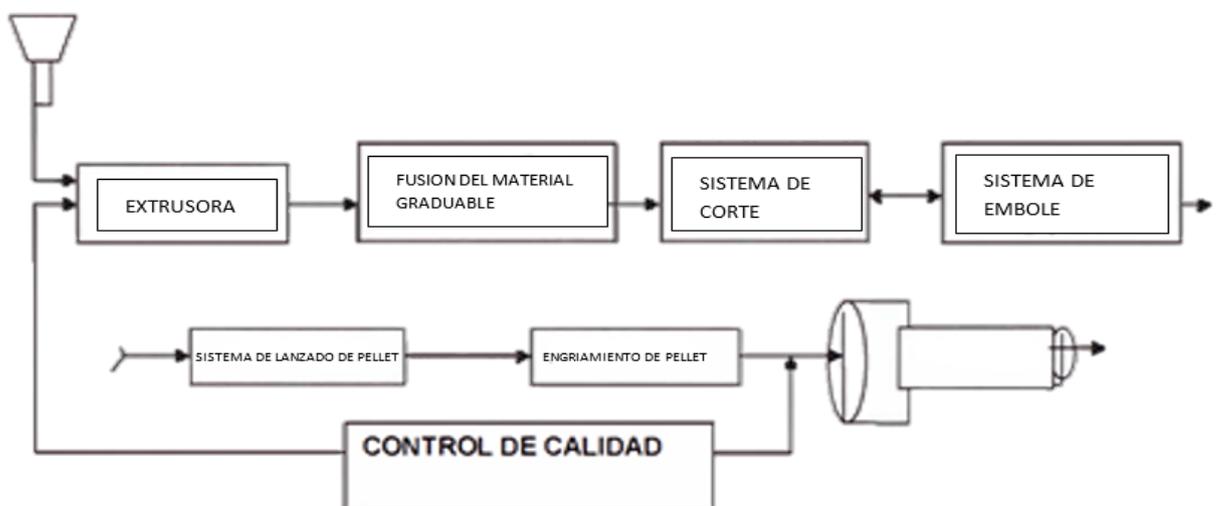


Ilustración 13 Diagrama de bloques línea de extrusión

Fuente: Elaboración propia

1) Extrusión PVC:

La disposición de las máquinas esta realizada en forma radial y cuenta con 6 líneas de producción, cada línea contiene la siguiente conformación de equipos: unidad de extrusión - enfriamiento - transporte - corte - embonado - embalaje: Como se puede observar en el diagrama de bloques del proceso de PVC ilustración 13

- Extrusión de Polietileno

Este sistema cuenta con tres líneas de producción y la cantidad de toneladas producidas era de 12.8 toneladas diarias, y mensual de 360 toneladas, se optimizó el control de producción y se realizó la repotenciación de las máquinas y la producción se aumentó a 20 toneladas diarias.

2) Área de Inyección:

Esta área cuenta con 5 máquinas de alta eficiencia para producción de accesorios; se mejoró el sistema de moldes y se incrementaron dos unidades más que dio como resultado el incremento en la producción a 50 toneladas mensuales.

Extrusoras en planta:

Tabla 20 Extrusora Hangar 1

NOMBRE	EXTRUSORA	
FUNCIÓN	Transformar la mezcla de insumos en pellets compactos.	
UBICACIÓN	Lado Derecho del Hangar 1	
TAMAÑO	5200x1000x2700 mm	
PESO	8100 Kg	
POTENCIA	150 Kw	
VOLTAJE	220/380 V	
CAPACIDAD	600 Kg/hora	
PROCESO	Línea 125	
MARCA	BAUSANO	
MODELO	MD-125	
N° DE SERIE	97BG169071	

Tabla 21 *Extrusora lado izquierdo Hangar 3*

NOMBRE	EXTRUSORA	
FUNCIÓN	Transformar la mezcla de insumos en pellets compactos.	
UBICACIÓN	Lado Izquierdo del Hangar 3	
TAMAÑO	1000x1460x5000 mm	
PESO	-	
VOLTAJE	220/380 V	
CAPACIDAD	500 Kg/hora	
VELOCIDAD	-	
PROCESO	Línea 130	
MARCA	THYSSEN	

Tabla 22 *Extrusora lado derecho Hangar 3*

NOMBRE	EXTRUSORA	
FUNCIÓN	Transformar la mezcla de insumos en pellets compactos.	
UBICACIÓN	Lado Derecho del Hangar 3	
TAMAÑO	1000x1460x5000 mm	
PESO	-	
POTENCIA	-	
VOLTAJE	400 V	
CAPACIDAD	500 Kg/hora	
VELOCIDAD	-	
PROCESO	Línea 130	
MARCA	THYSSEN	
MODELO	-	

Tabla 23 *Extrusora Hangar 4*

NOMBRE	EXTRUSORA	
FUNCIÓN	Transformar la mezcla de insumos en pellets compactos.	
UBICACIÓN	Hangar 4	
TAMAÑO	5000x1000x2700 mm	
PESO	7500 Kg	
POTENCIA	150 Kw	
VOLTAJE	220/380 V	
CAPACIDAD	600 Kg/hora	
VELOCIDAD	-	
PROCESO	Línea 115	
MARCA	BAUSANO	
MODELO	MD-115	
N° DE SERIE	203040,009	

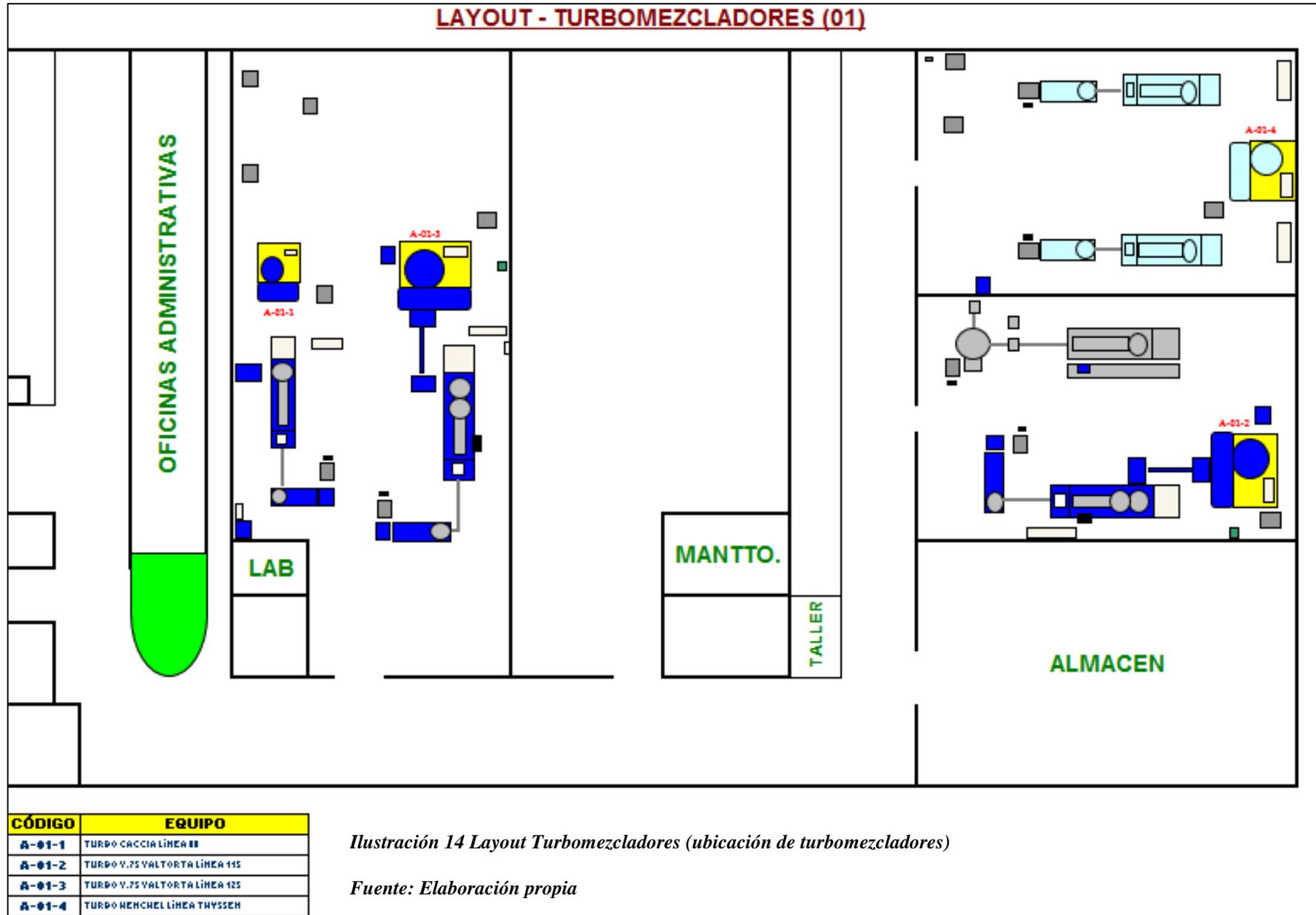


Tabla 24 Turbomezcladora Hangar 1

NOMBRE	TURBOMEZCLADORA	
FUNCIÓN	Mezclar los insumos necesarios para la elaboración del producto.	
UBICACIÓN	Lado Derecho del Hangar 1	
TAMAÑO	-	
PESO	-	
POTENCIA	100 KW	
VOLTAJE	220/380 V	
CAPACIDAD	750 lt	
PROCESO	Línea 115	
MARCA	VALTORTA	
MODELO	V 75	
Nº DE SERIE	V7TCC/2200 HE	

Tabla 25 Turbomezcladora Hangar 3

NOMBRE	TURBOMEZCLADORA	
FUNCIÓN	Mezclar los insumos necesarios para la elaboración del producto.	
UBICACIÓN	Hangar 3	
TAMAÑO	-	
PESO	-	
POTENCIA	-	
VOLTAJE	400 V	
CAPACIDAD	600 lt	
PROCESO	Línea 130	
MARCA	-	
MODELO	-	

Tabla 26 Turbomezcladora Hangar 4

NOMBRE	TURBOMEZCLADOR	
FUNCIÓN	Mezclar los insumos necesarios para la elaboración del producto.	
UBICACIÓN	Angar 4	
TAMAÑO	-	
PESO	-	
POTENCIA	100 KW	
VOLTAJE	220/380 V	
CAPACIDAD	750 lt	
PROCESO	Línea 115	
MARCA	VALTORTA	
MODELO	V 75	

2.1.3 Sistemas de automatización dentro de la planta industrial (PLC)

La automatización de las diferentes etapas de trabajo dentro de la planta industrial consiste en la utilización de PLCs. El PLC dentro de cada etapa de producción (Sistema de mezclado, sistema de extrucción) trabaja de forma independiente; es necesario mencionar que la etapa de enfriamiento y embolsado está controlado por un sistema eléctrico (relés, contactores, etc).

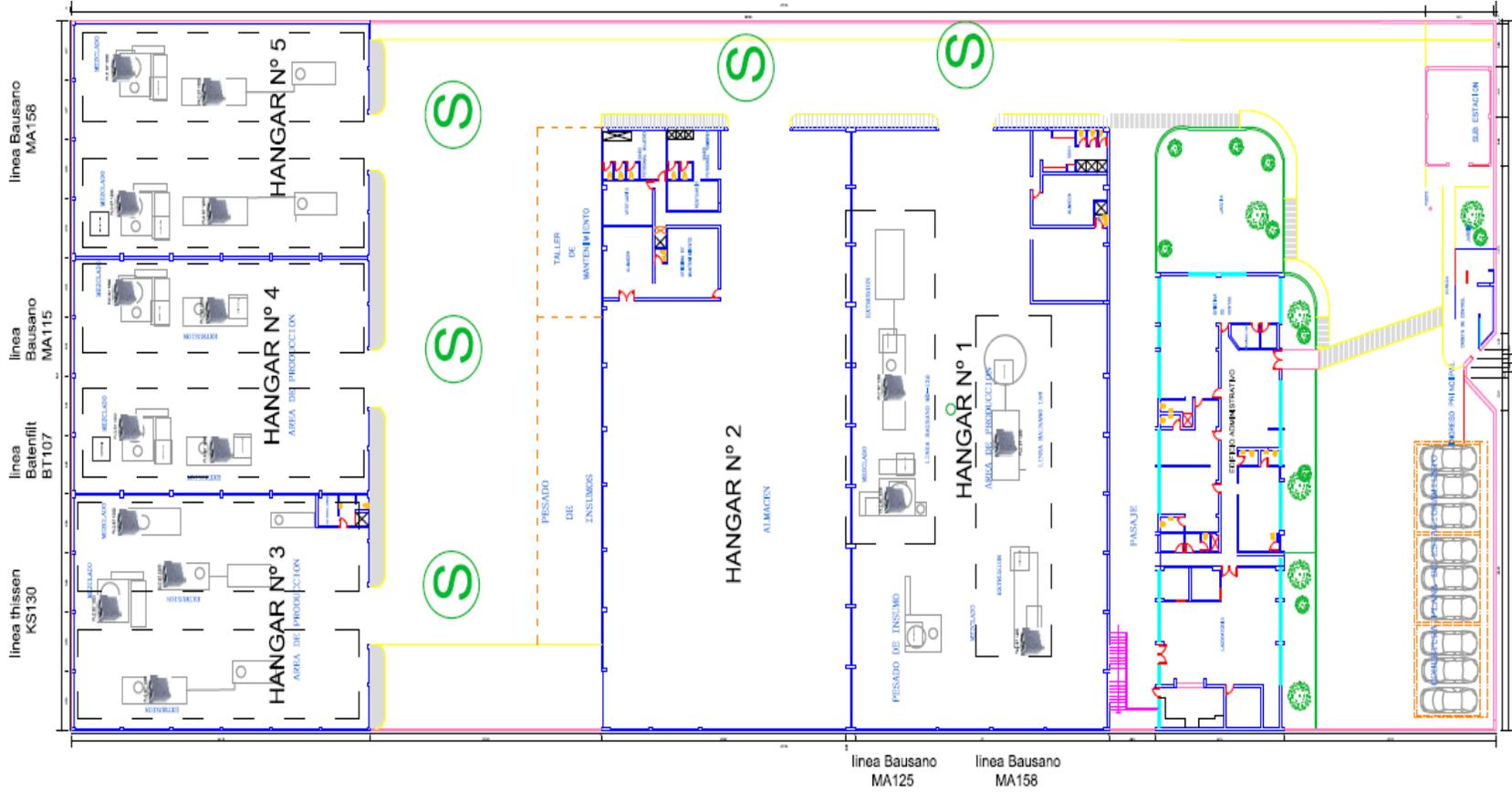
En la ilustración 16, se puede observar la ubicación de cada PLC, considerando que todas las etapas tienen al menos un controlador PLC S7 1200



Ilustración15 PLC S7 - 1200

- **PLC Definición**

Es una maquina electrónica programable diseñada para ser utilizada en un entorno industrial, que utiliza una memoria programable para el almacenamiento interno de



PLC S7 1200
UBICACIÓN DE PLC's

Ilustración 16 : Distribución de PLC's dentro de la planta industrial

instrucciones orientadas al usuario, para implantar soluciones específicas tales como funciones lógicas, secuenciales, temporizaciones, recuentos y funciones aritméticas, con el fin de controlar mediante entradas y salidas, digitales y analógicas diversos tipos de máquinas o procesos.

AP = PLC; Automata programable= programable Logic Controller

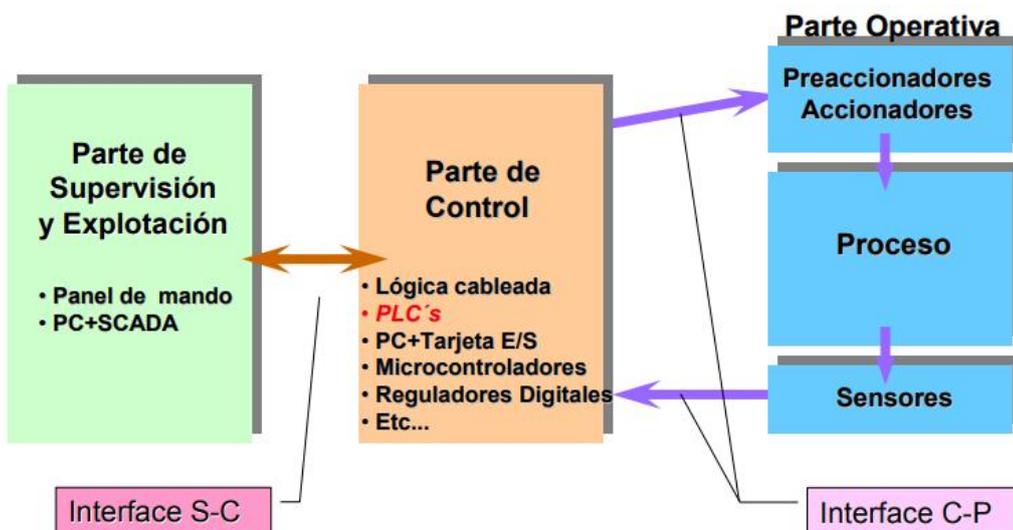


Ilustración 17 Sistema de automatización: Componentes habituales (PLC)

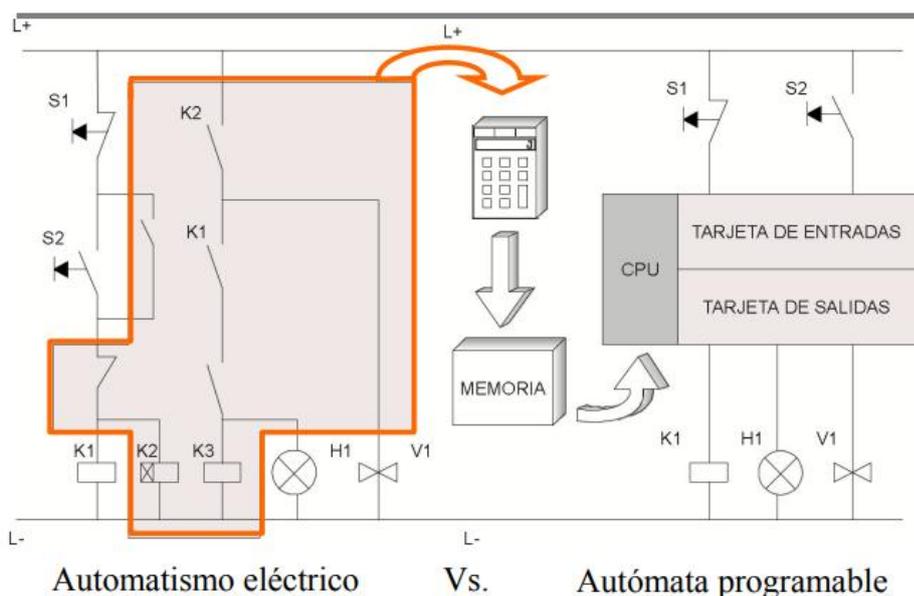


Ilustración18 Concepto grafico de PLC

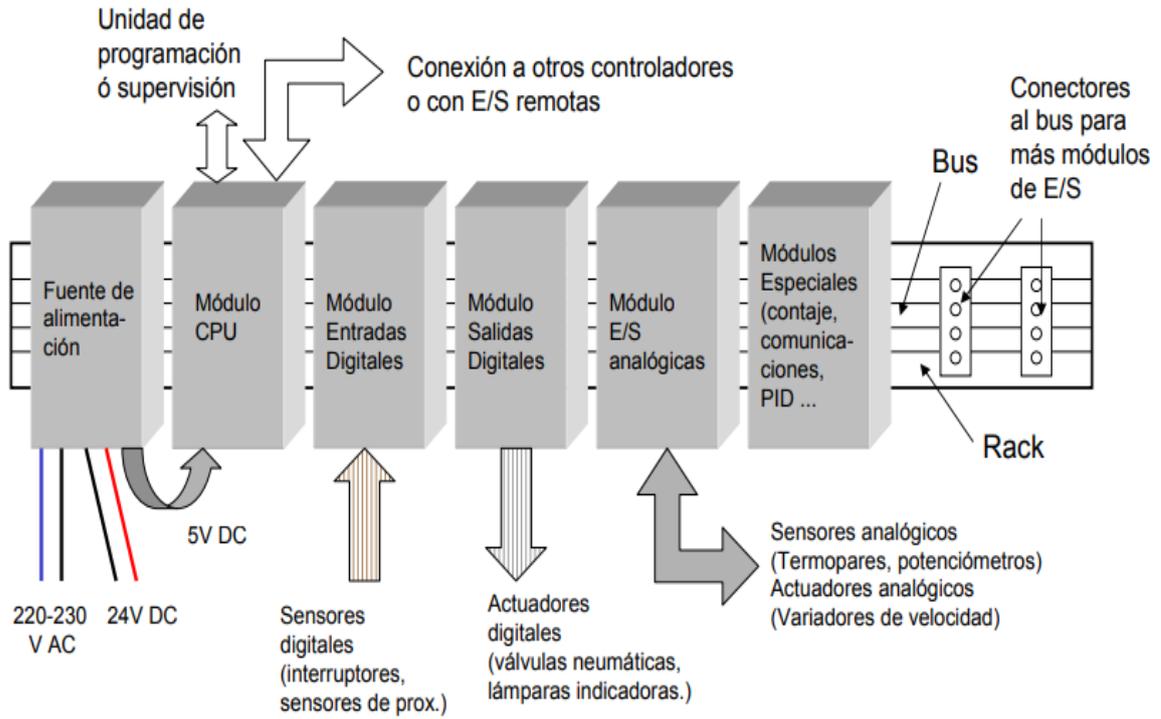


Ilustración 19 Arquitectura típica de un PLC

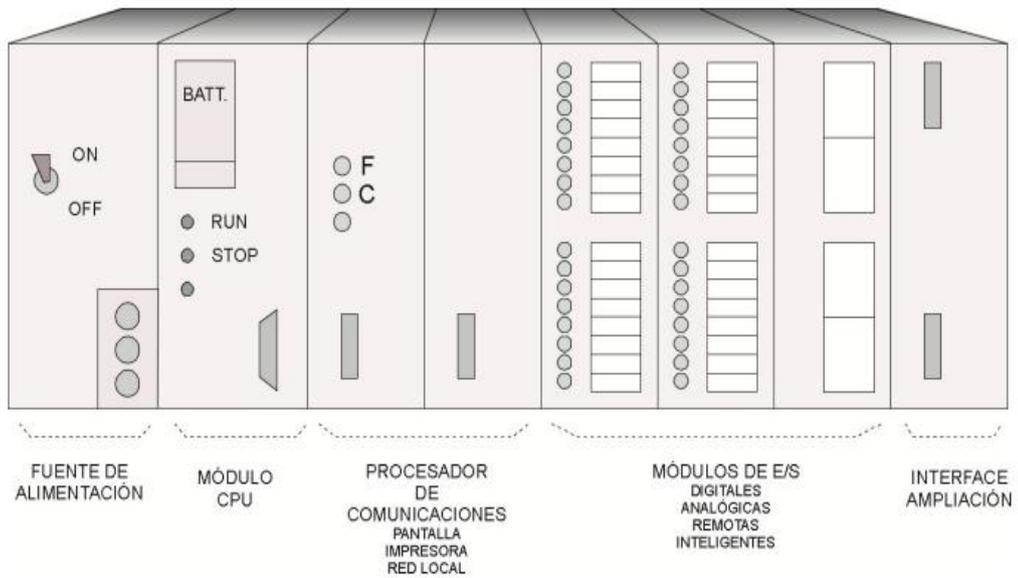


Ilustración 20 Aspecto típico de un autómata programable

Partes de la arquitectura del PLC:

1. Salidas digitales integradas
2. LEDs de estado de las salidas digitales
3. Terminales de alimentación
4. Conmutador Stop/Run
5. Conector para el cable de ampliación
6. LEDs de estado de la CPU
7. Ranura para el cartucho de memoria
8. Puerto de comunicaciones
9. Entradas digitales integradas
10. LEDs de estado de las entradas digitales
11. Fuente de alimentación integrada
12. Potenciómetros integrados
13. Módulos de ampliación
14. Fijadores para tornillo (DIM) métrica M\$, diámetro 5mm)
15. Pestaña de fijación

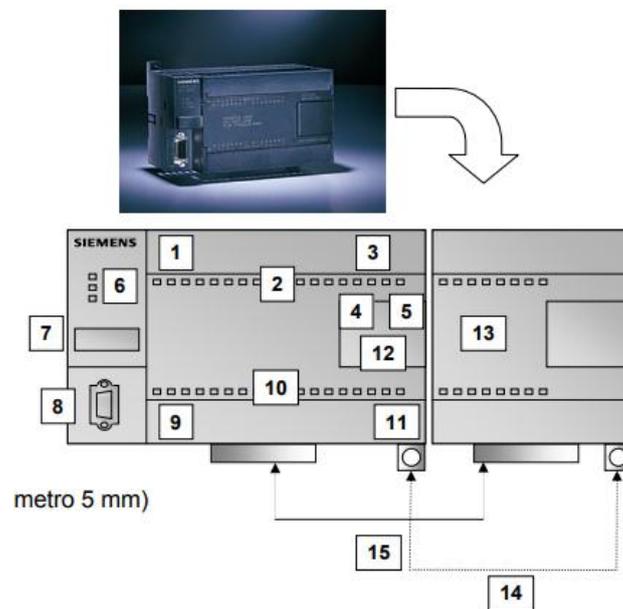


Ilustración 21 Partes de la arquitectura del PLC:

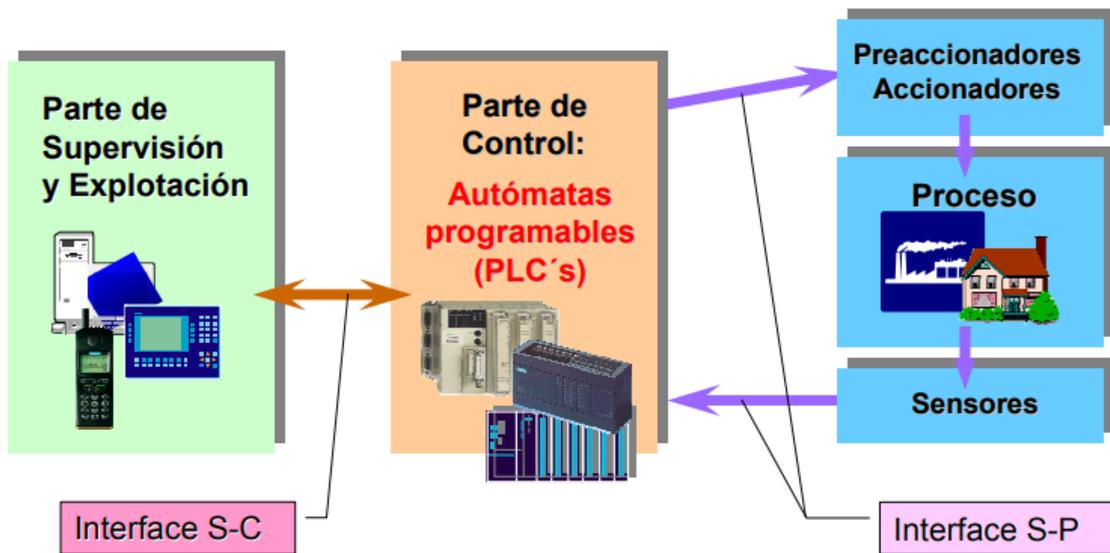


Ilustración 22 El PLC y su entorno

Descripción del funcionamiento del PLC dentro del sistema de mezclado

El PLC, dispositivo electrónico tiene como entrada los seguimientos parámetros, esto dependiendo del tipo de material a mezclar:

- Cantidad de plastificante
- Cantidad de resina
- Tiempo de mezclado
- Velocidad de mezclado
- Temperatura a enfriar la mezcla (dryblend) dentro del cilindro de enfriamiento.

Lo siguiente es añadido de forma manual:

- Pigmentos
- Aditivos

Como resultado consideramos el material en polvo dryblend descargado del cilindro de enfriamiento a una tolva.

Descripción del funcionamiento del PLC dentro del sistema de extrucción

Dentro del sistema de extrucción y considerando la condición inicial del tipo de material a ser extruido (material para calzado, botella, cable, etc) considera como entradas los siguientes parámetros:

- Programación de temperatura de cada resistencia (desde la zona 1 a la zona 9)
- Velocidad de torsión de los tornillos
- Velocidad de las cuchillas de corte
- Velocidad de lanzamiento de pellet a la tolva de almacenamiento.

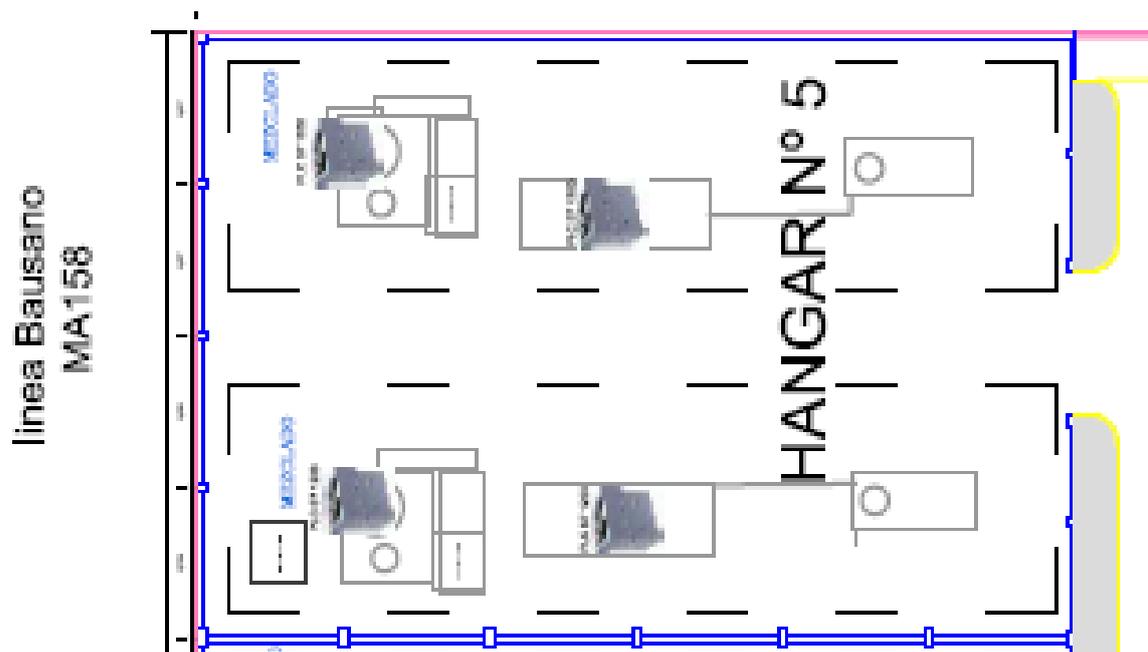


Ilustración 23 hangar 5, ubicación del PLC

Ejemplo de lenguaje de programación Cscape para un PLC Smart Factory – lanzador de plastificante dentro del sistema de mezclado:

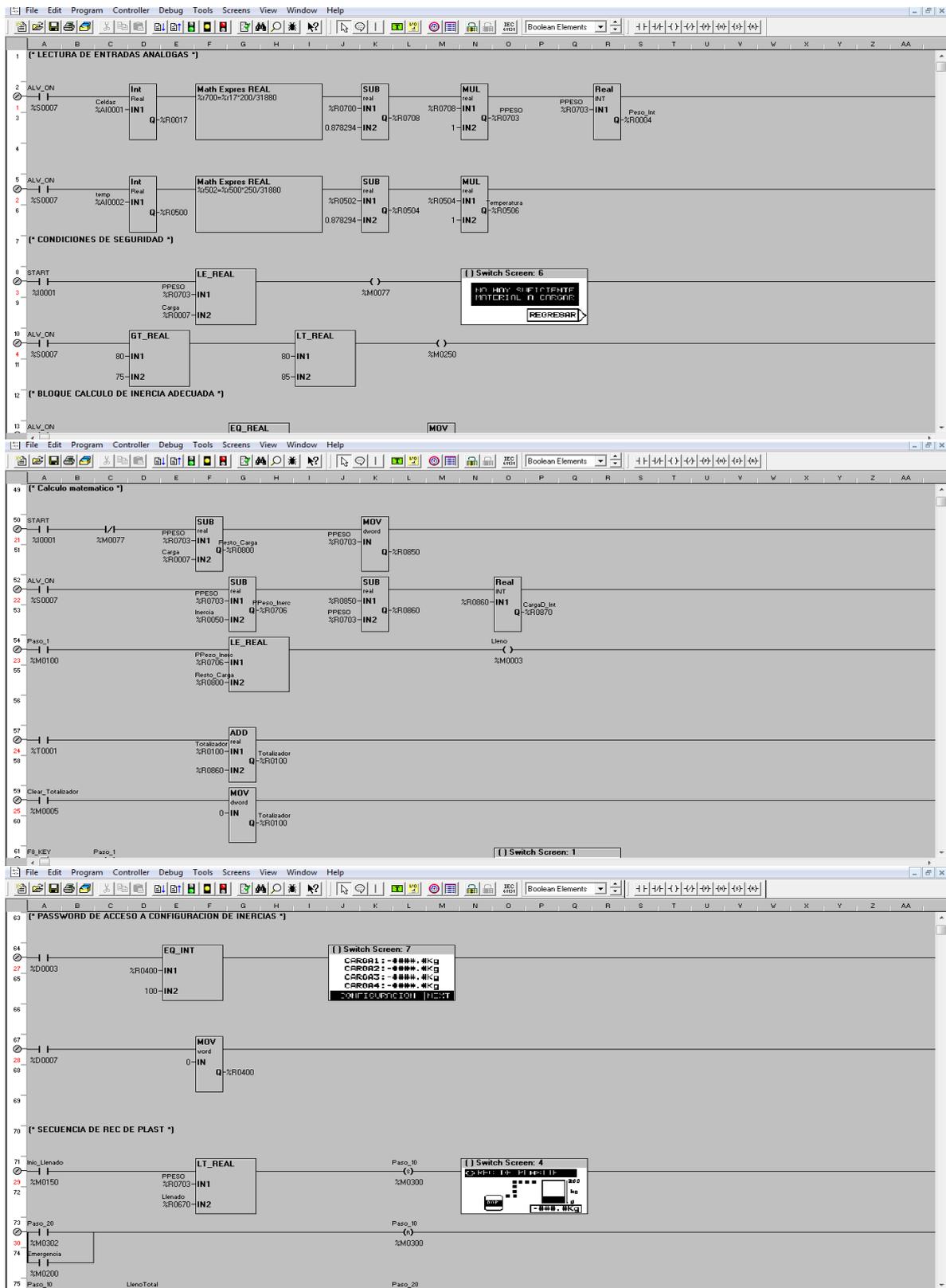


Ilustración 24a lenguaje de programación Cscape

Otros ejemplos de lenguajes de programación de PLC Siemens S7

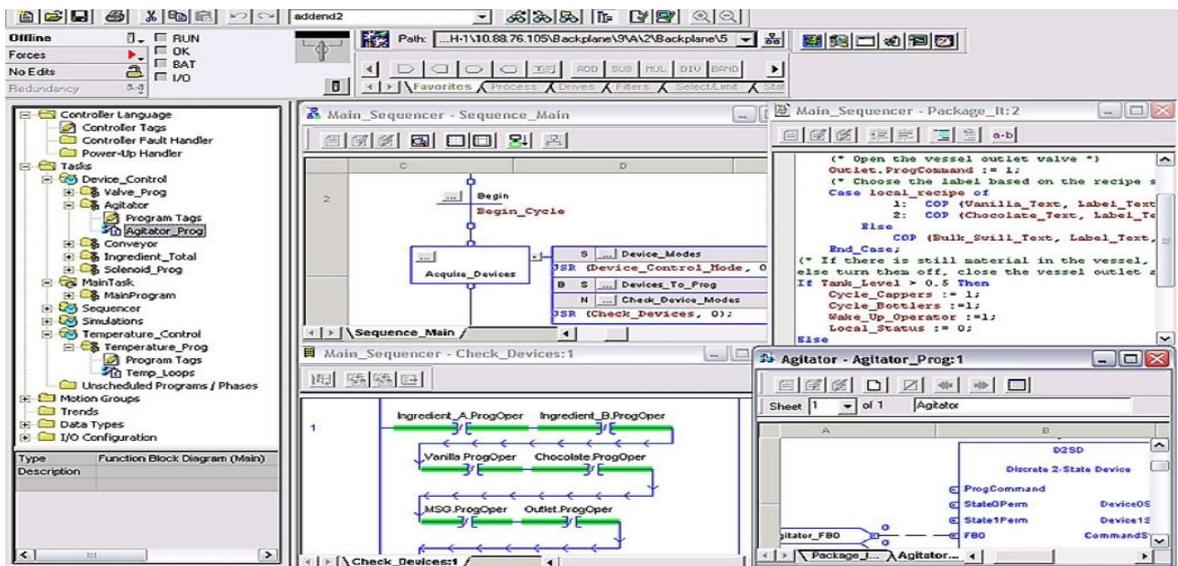
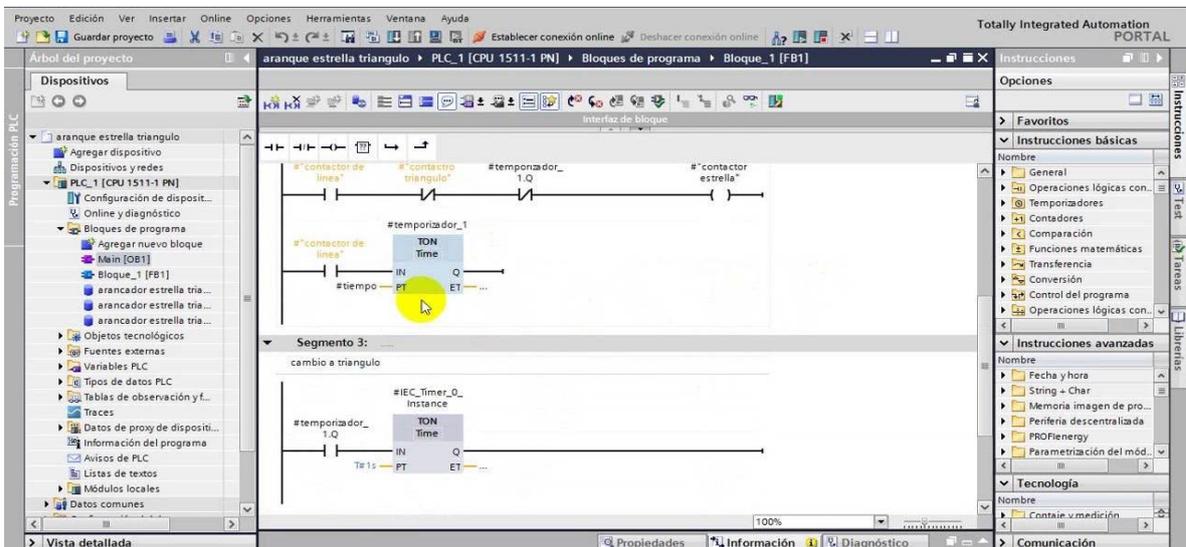
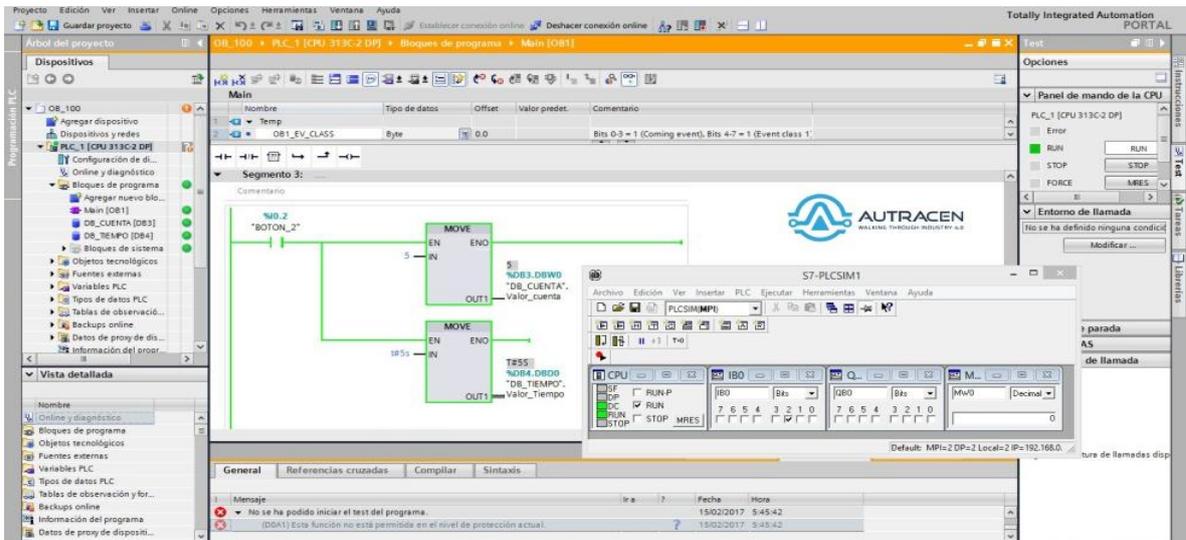


Ilustración 24b lenguaje de programación Step 7

CAPÍTULO III: Consumo de Suministro Eléctrico

3.1 SUMINISTRO ELÉCTRICO

3.1.1 Suministros de energía eléctrica

El Punto de alimentación fue fijado por el concesionario de la zona, EDELNOR S.A.A. que corresponde al PMI N°133, a la Tensión de 10kV, la cual se mantiene vigente para el incremento de carga según carta de EDELNOR S.A.A. N° SGMNR-CL-2693-2010 de fecha 01 de febrero del 2010.

El Punto de alimentación en 10 KV, fijado por EDELNOR S.A.A. mediante carta SGMNR-CL-2693-2010, en la cual se mantiene vigente el punto de alimentación en el PMI N°133 como se muestra en el plano IE-01 y de acuerdo con el croquis proporcionado por EDELNOR S.A.A.

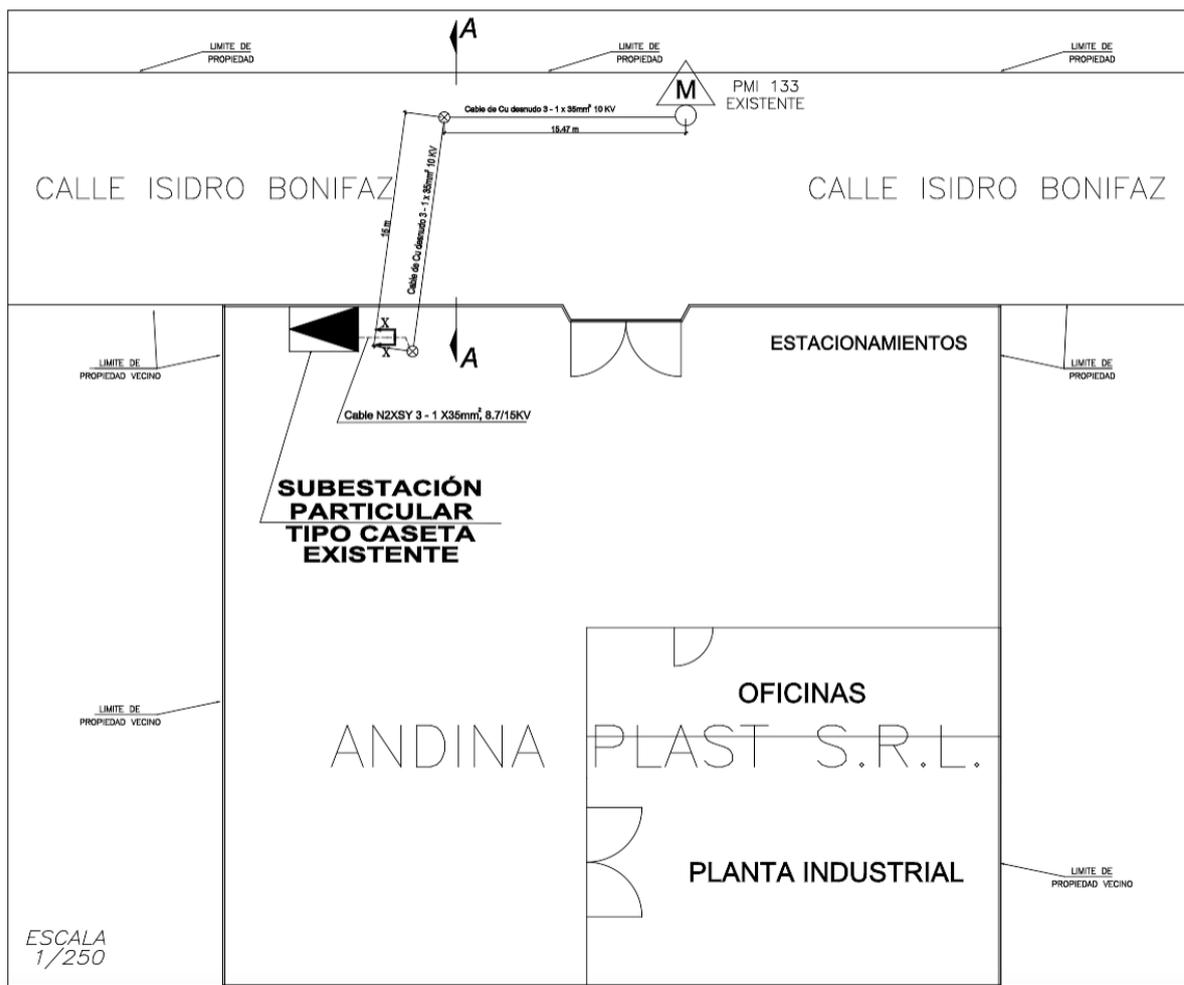


Ilustración 15 Plano de acometida de la línea 10KV

Fuente: Elaboración propia

El suministro de energía se ha realizado mediante un alimentador subterráneo que finaliza en una celda de llegada ilustración: 15 ubicado en la subestación; de esta celda se conecta a un transformador seco de 800 kVA de relación de transformación 10 / 0,4 kV – 0.23 kV.



Ilustración 16 Celda de llegada de 10kV

Fuente: Instalaciones de la empresa ANDINA PLAST.

La Subestación tipo caseta se encuentra construida, en la celda de llegada se adecuará para la instalación de un interruptor en vacío de 12kV, 630A con un relé de falla a tierra 50N/51N, 5 A, un transformador de corriente toroidal, se adicionara una celda de transformación, por lo tanto una de ellas (la existente) está equipada con un transformador de 800kVA, con relación de transformación de 10/0.23kV, con grupo de conexión Dy5, está protegido por una base porta fusibles tripolar de 12 kV, 400A con fusibles de 63 A, la otra celda de transformación se proyectará para alojar un

transformador de 2000kVA, con relación de transformación de 10/0.40 – 0.23kV, con grupo de conexión Dyn5, estará protegido por una base porta fusibles tripolar de 12 kV, 400A con fusibles de 160A.

3.1.2 Celda de Transformación con Transformador de 800kVA, 10 / 0.23 kV

Las celdas de transformación están fabricadas en base a estructura angular de 2” x 2” x 3/16”, pintado con dos capas de base anticorrosiva y dos capas de esmalte gris. Provisto de puerta frontal abisagrada con malla de alambre.

La celda posee la siguiente rotulación: “Celda de transformación”, “Peligro Riesgo Eléctrico”.

La Celda de transformación tiene las siguientes dimensiones:

Ancho	:	2.50 m
Profundidad	:	1.40 m
Altura	:	3.20 m

Esta celda comprende el suministro, montaje y conexión de los siguientes equipos:

a) Aisladores Porta barras Poliméricos:

Para uso interior y montaje en la celda descrita, los aisladores portabarras son de materiales Poliméricos y de forma Tronco Cónica.

Tensión Nominal	:	12 kV
Esfuerzo de Rotura	:	750 Kg
Longitud de línea de fuga	:	384 mm

La longitud de línea de fuga de los aisladores porta barras se podrá verificar en el anexo.

b) Barras Colectoras, de Derivación y de Tierra

Estas barras son de cobre electrolítico de 5 x 60 mm para el sistema de barras colectoras y de 5 x 15 mm, para el sistema de Puesta Tierra.

c) Base porta fusible:

Será para montaje interior, estará provisto para el montaje de tres fusibles de 63A, 12kV / 10KV operación silenciosa y sin emisión de gases.

Tensión Nominal	:	12 kV
Corriente Nominal	:	400 A

d) Transformador Trifásico (800 kVA)

El transformador trifásico de potencia en baño de aceite, con arrollamiento de cobre y núcleo de hierro laminado en frío, montaje interior, enfriamiento natural, con las siguientes condiciones de servicio:

Potencia	:	800 kVA
Tensión Secundaria	:	230 V
Tensión Primaria	:	10000 V.
Tensión de Cortocircuito	:	4.5 %
Altura de trabajo	:	1000 m.s.n.m
Frecuencia	:	60 Hz
Relación de Transformación	:	10 / 0.23 kV
Grupo de Conexión	:	Dy5
Regulación	:	± 2 x 2.5%
Norma de Ejecución	:	IEC – 76 e
		ITINTEC – 370.002
Contenido de PCB	:	<=2 pmm
Bornes AT / BT	:	3 / 3
Perdidas en el Cu. (W _{cu})	:	10400W
Perdidas en el Fierro (W _{fe})	:	2200W
Perdidas totales (W _t)	:	12600W
Volumen del aceite	:	1.20 m ³

De la salida del transformador de 800 kV se alimenta al tablero de distribución general, y a un tablero de control MD-125. El tablero de distribución general está dividida en dos celdas Denominadas Tablero de acometida N° 1 (Extrusoras e Inyectoras); Tablero de acometida N° 2 (Turbomezclas, Molinos y Servicios) cada celda es alimentada por un interruptor de vacío VEIVACUUM - F; 25 kA de poder de ruptura, se puede observar en la **Ilustración 20** la disposición de los tableros en cada Hangar; cada uno de estos suministra energía a las líneas de producción que se pueden también observar en la ilustración mencionada, Por lo que cada uno de los tableros de distribución se alimenta a

todas las cargas como son maquinas, el sistema eléctrico también suministra energía a los distintas áreas administrativas del edificio, por lo que se tiene el detalle en la **Tabla 32** de la cantidad de equipamiento de computo.

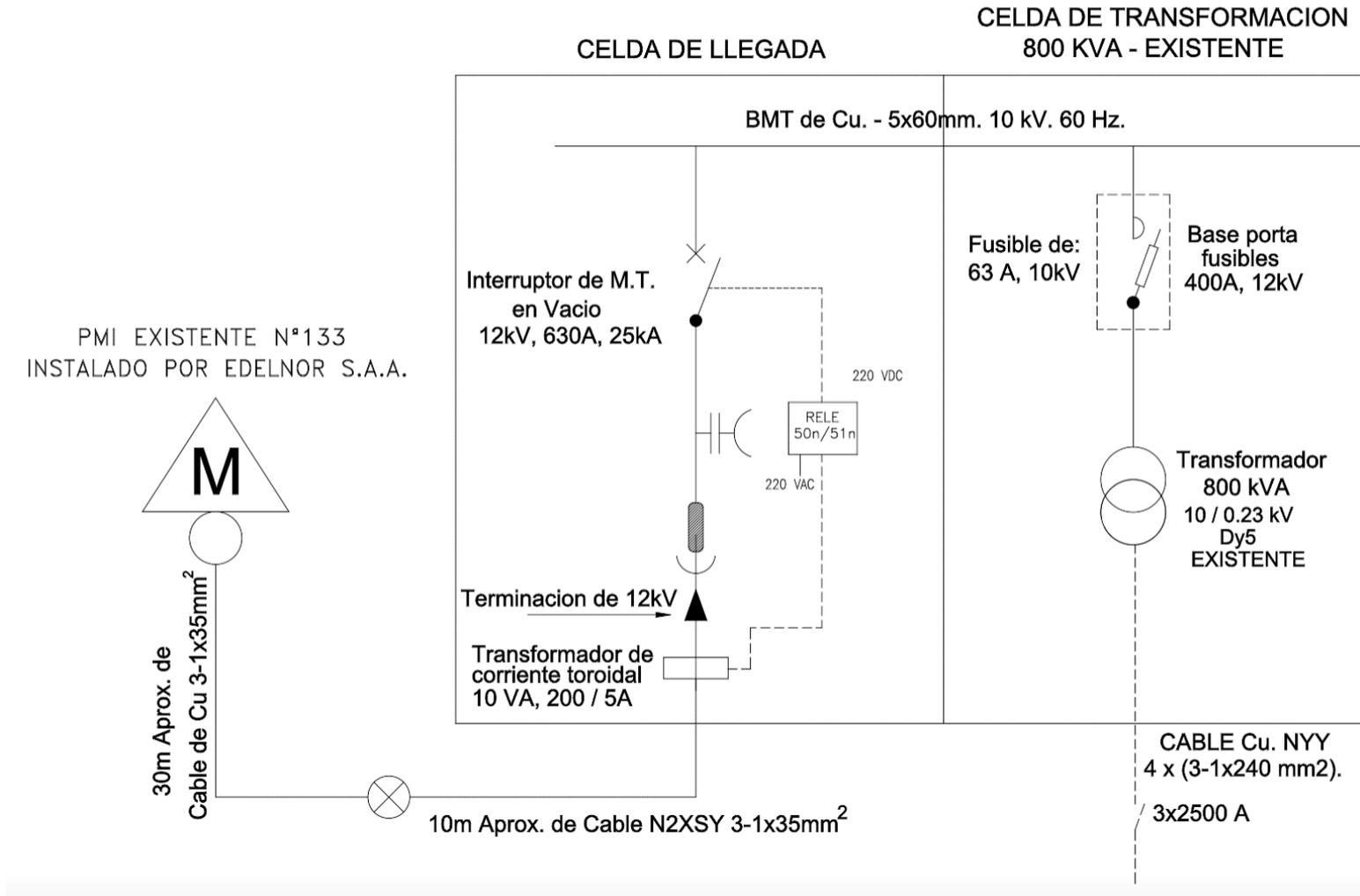


Ilustración 17 Diagrama unifilar de subestación de llegada

3.1.3 Modelamiento del sistema

Un sistema eléctrico industrial típico tiene los siguientes componentes:

- Fuente de suministro, transformadores, líneas y cargas
- Suministro de tensión y ángulo constante.

Cables y líneas

Los equipos son interconectados a través de conductores alimentados ó líneas según las normas

$$Z = R + jX$$

Modelo de una línea

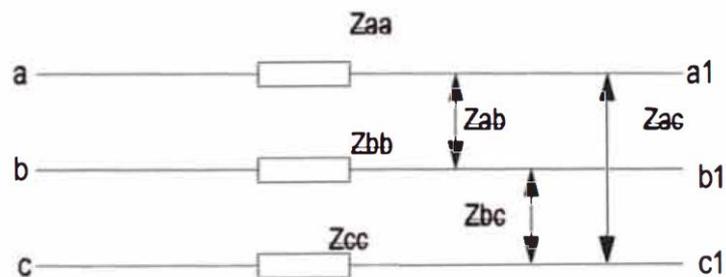


Ilustración 18 Modelo de una Línea trifásica

Carga

Como las cargas están compuestas por diversas formas de consumo de energía tales como (motores, alumbrado, otros tipos de equipos) que requieren potencia activa (P), potencia reactiva (Q) y se mide a través del factor de potencia, además dependen de tensión, temperatura, torque (**Ilustración 19**)

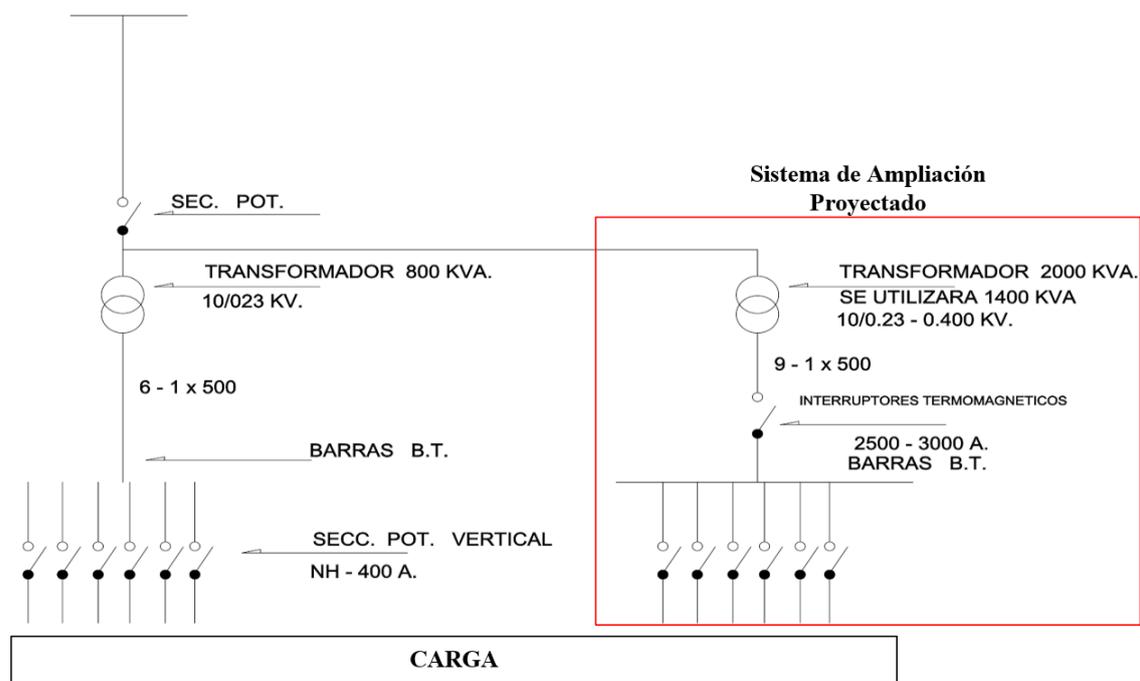


Ilustración 19 Diagrama Unifilar simplificado del Sistema Eléctrico

También es importante denotar que las variaciones de consumo en el tiempo debido a la conexión y desconexión de cargas en una forma aleatoria.

3.1.4 Consumo de Energía Eléctrica de Acuerdo a Facturación

Consumo de energía eléctrica periodo 2010-2011:

Tabla 27 Consumo de energía de la planta de producción 2010 - 2011

2010	ENERGIA ACTIVA FUERA DE PUNTA (KWH)	ENERGIA ACTIVA HORAS PUNTA(KWH)	ENERGIA REACTIVA (KVARH)	CONSUMO DE ENERGIA (kwh)	POTENCIA FP (KW)	POTENCIA HP (KWH)	FACTURACION TOTAL s/, INC IGV
ENERO	520,67	107,76	228,93	857,36	1,54	1,47	149596,00
FEBRERO	538,26	116,43	237,43	892,12	1,52	1,38	155464,00
MARZO	548,13	114,81	224,23	887,17	1,47	1,42	155547,00
ABRIL	565,99	117,98	225,2	909,17	1,41	1,37	157200,00
MAYO	580,89	127,65	263,57	972,11	1,47	1,40	158707,00
JUNIO	535,57	115,45	222,46	873,48	1,44	1,42	147906,50
JULIO	485,37	98,27	187,04	770,68	1,36	1,31	136353,50
AGOSTO	550,49	106,91	219,63	877,03	1,44	1,20	148178,00

SEPTIEMBRE	609,01	117,37	245,09	971,47	1,45	1,36	157626,50
OCTUBRE	545,74	105,7	221,15	872,59	1,40	1,40	147314,50
NOVIEMBRE	640,16	124,74	282,1	1047	1,58	1,48	173414,50
DICIEMBRE	589,2	117,14	260,39	966,73	1,51	1,47	164340,00

TOTAL 10896,91 1851647,50

2011	ENERGIA ACTIVA FUERA DE PUNTA (KWH)	ENERGIA ACTIVA HORAS PUNTA(KWH)	ENERGIA REACTIVA (KVARH)	CONSUMO DE ENERGIA (kwh)	POTENCIA FP (KW)	POTENCIA HP (KWH)	FACTURACION TOTAL s/, INC IGV
JULIO	885,78	117,61	349,49	1352,88	2,75	2,53	156478,50
AGOSTO	1183,12	234,22	463,1	1880,44	3,43	3,19	165501,00
SEPTIEMBRE	1470,59	290,44	572,73	2333,76	4,13	3,85	164791,00
OCTUBRE	1776,04	350,19	691,17	2817,4	4,81	4,50	172064,50
NOVIEMBRE	2068,15	409,99	810,48	3288,62	5,56	5,14	172184,50
DICIEMBRE	2367,52	468,11	933,02	3768,65	6,28	5,81	173859,50
ENERO	2614,55	519,78	1034,33	4168,66	6,97	6,48	154177,00
FEBRERO	2915,72	584,55	1165,09	4665,36	7,73	7,19	187598,50
MARZO	3236,48	649,65	1303,55	5189,68	8,46	7,90	195121,00
ABRIL	3527,83	707,86	1418,83	5654,52	9,17	8,58	181128,50
MAYO	3839,39	771,52	1548,88	6159,79	9,89	9,32	187472,50
JUNIO	4123,77	832,08	1671,56	6627,41	10,62	10,03	175525,00
JULIO	4377,33	883,34	1769,21	7029,88	11,275	10,667	155480,5

Consumo de energía eléctrica por áreas de producción:

Consumo promedio 220 V

Tabla 28 Consumo de energía Hangar 1

HANGAR N° 1

LINEA MD - 125	255	Amp
TURBO V75	580	Amp
COMPRESORAS	70	Amp
VENTILADORES	40	Amp
OFICINAS	50	Amp
BOMBAS	25	Amp
TOTAL	1020	Amp

Tabla 29 Consumo de energía Hangar 3

HANGAR N° 3

LINEA MD-88	166	Amp
CHILLER	30	Amp
CHILLER TURBO	50	Amp
BOMBAS	28	Amp
ALUMBRADO	20	Amp
TOTAL	294	Amp

Tabla 30 Consumo de energía Hangar 4 y oficinas

HANGAR N° 4		
COMPRESORAS	70	Amp
MD-115	120	Amp
CHILLER MD-115	49	Amp
CHILLER V-75	49	Amp
CHILLER PLASMET	49	Amp
CHILLER BT-107	38	Amp
ALUMBRADO	20	Amp
TOTAL	395	Amp

OFICINAS	250	Amp
-----------------	------------	------------

Tabla 31 Resumen de consumo de energía

TOTAL		
HANGAR N° 1	1020	Amp
HANGAR N° 3	294	Amp
HANGAR N° 4	395	Amp
OFICINA	250	Amp
	1959	Amp

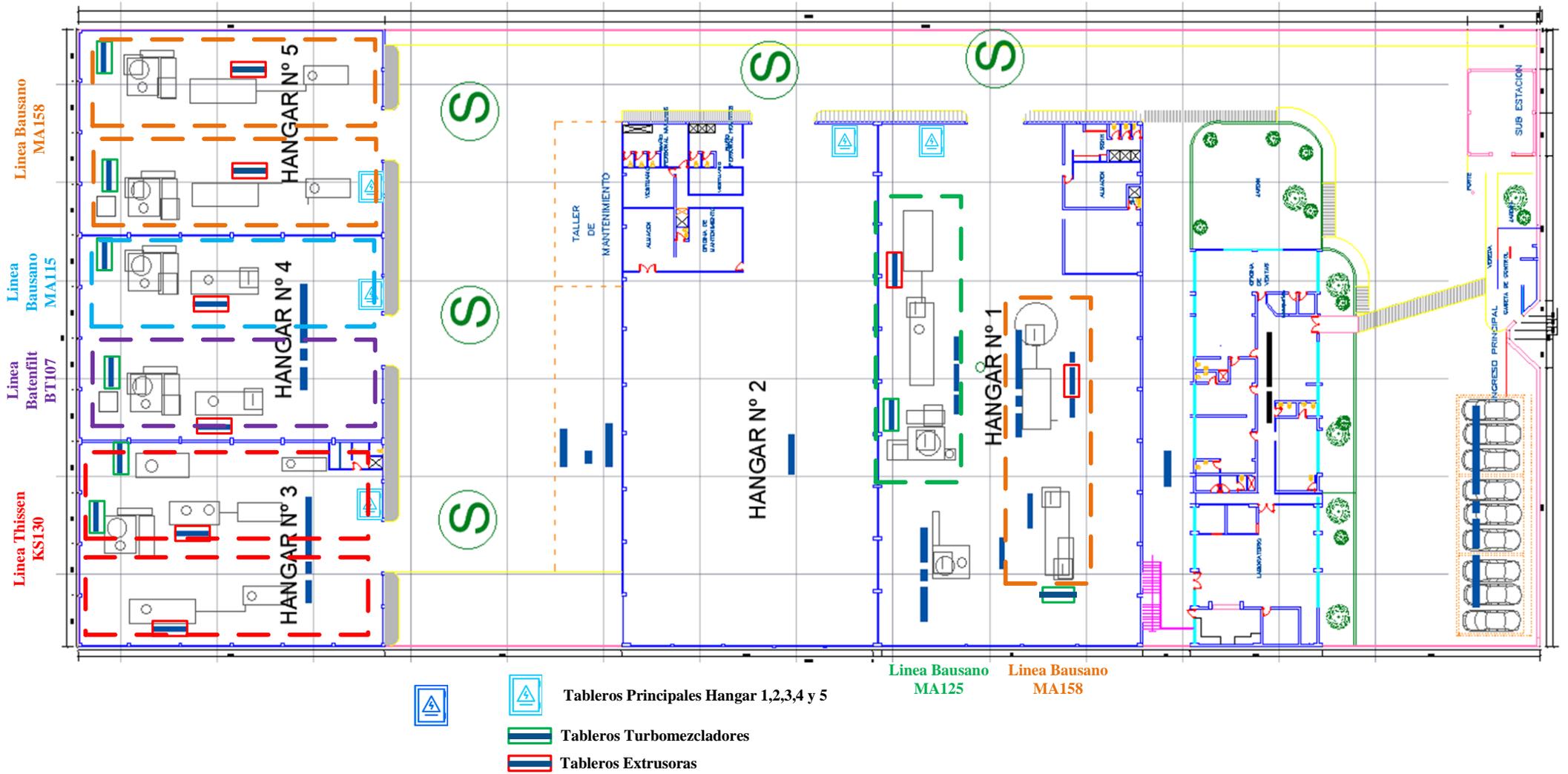


Ilustración 20 Disposición de líneas de producción
 Fuente: Elaboración propia

Tabla 32 Detalle de equipos en áreas de oficina

DESCRIPCIÓN	CLASE	Nº	COD
PC Compaq Presario SR 1215 LA (Maribel Alarcón)	EQUIPOS DE COMPUTO	30	A-30-1
PC Compaq Presario 4400 LA (Miriam Espinoza)	EQUIPOS DE COMPUTO	30	A-30-2
PC IBM Aptiva (Gloria Huaman)	EQUIPOS DE COMPUTO	30	A-30-3
PC Compaq 4400 LA (Teo Falcón)	EQUIPOS DE COMPUTO	30	A-30-4
PC Compaq Presario 6000-6415 LA (Jaime Alarcón)	EQUIPOS DE COMPUTO	30	A-30-5
PC HP Pavilion a510m (Jackie Ossco)	EQUIPOS DE COMPUTO	30	A-30-6
PC HP Pavilion a310t (Juan Larios)	EQUIPOS DE COMPUTO	30	A-30-7
PC Compaq Presario SR 1215 LA (Milagros Alarcón)	EQUIPOS DE COMPUTO	30	A-30-8
PC compatible (Miguel Huaman)	EQUIPOS DE COMPUTO	30	A-30-9
PC Compaq 4420 LA (Helda Rosas)	EQUIPOS DE COMPUTO	30	A-30-10
PC compatible (Cesar Estabridis)	EQUIPOS DE COMPUTO	30	A-30-11
PC HP Pavilion a207m (Carmen Perez)	EQUIPOS DE COMPUTO	30	A-30-12
PC HP Pavilion a310t (Alicia Obregon)	EQUIPOS DE COMPUTO	30	A-30-13
PC HP Pavilion a510m (Bertha Saenz)	EQUIPOS DE COMPUTO	30	A-30-14
PC Compaq Presario (Betsabe Alarcón)	EQUIPOS DE COMPUTO	30	A-30-15
PC Compaq Presario SR 1215 LA (Alejandro Ramirez)	EQUIPOS DE COMPUTO	30	A-30-16
Pc compatible (Marlene Ojeda)	EQUIPOS DE COMPUTO	30	A-30-17
PC HP Pavilion a510m (Maria La Riva)	EQUIPOS DE COMPUTO	30	A-30-18
PC HP Pavilion a207m (Fred Alarcón)	EQUIPOS DE COMPUTO	30	A-30-19
PC Compaq Compaq 4000 (Alex Espinoza)	EQUIPOS DE COMPUTO	30	A-30-20
PC Compaq Compaq 4000 (Karoll Alvarado)	EQUIPOS DE COMPUTO	30	A-30-21
PC compatible (Antonio Castro)	EQUIPOS DE COMPUTO	30	A-30-22
PC compatible (Kelian Abuhadba)	EQUIPOS DE COMPUTO	30	A-30-23
PC HP Pavilion a207m (Roxana Achiri)	EQUIPOS DE COMPUTO	30	A-30-24
PC compatible (Efraín Delgado)	EQUIPOS DE COMPUTO	30	A-30-25
PC HP Pavilion a310t (Vilma Surco)	EQUIPOS DE COMPUTO	30	A-30-26
PC compatible (Efraín Delgado)	EQUIPOS DE COMPUTO	30	A-30-27
Impresora HP PSC 1315 ALL-IN-ONE	EQUIPOS DE COMPUTO	30	A-30-28
Impresora EPSON FX-880+	EQUIPOS DE COMPUTO	30	A-30-29
Impresora EPSON Stylus Color 880	EQUIPOS DE COMPUTO	30	A-30-30
Impresora HP PSC 1315 ALL-IN-ONE	EQUIPOS DE COMPUTO	30	A-30-31
Impresora EPSON Stylus C85	EQUIPOS DE COMPUTO	30	A-30-32
Impresora EPSON FX-880+	EQUIPOS DE COMPUTO	30	A-30-33
Impresora EPSON LX-300	EQUIPOS DE COMPUTO	30	A-30-34
Impresora EPSON Stylus C63	EQUIPOS DE COMPUTO	30	A-30-35
Impresora EPSON LX-300	EQUIPOS DE COMPUTO	30	A-30-36
Impresora EPSON Stylus Color 880	EQUIPOS DE COMPUTO	30	A-30-37
Impresora EPSON FX-880+	EQUIPOS DE COMPUTO	30	A-30-38
Impresora HP Deskjet 3745	EQUIPOS DE COMPUTO	30	A-30-39
Impresora EPSON FX-980	EQUIPOS DE COMPUTO	30	A-30-34
Impresora HP LaserJet 6L	EQUIPOS DE COMPUTO	30	A-30-35
Impresora HP LaserJet 6L	EQUIPOS DE COMPUTO	30	A-30-36
Impresora EPSON FX-1180+	EQUIPOS DE COMPUTO	30	A-30-37

Impresora EPSON LX-300	EQUIPOS DE COMPUTO	30	A-30-38
Impresora EPSON Stylus Color 900	EQUIPOS DE COMPUTO	30	A-30-39
Impresora EPSON Stylus C43SX	EQUIPOS DE COMPUTO	30	A-30-40
Impresora EPSON Stylus Color 880	EQUIPOS DE COMPUTO	30	A-30-41
Impresora EPSON Stylus C43UX	EQUIPOS DE COMPUTO	30	A-30-42
Scanner Benq S2W4300 U	EQUIPOS DE COMPUTO	30	A-30-43
Fotocopiadora	EQUIPOS DE COMPUTO	30	A-30-44
Fotocopiadora	EQUIPOS DE COMPUTO	30	A-30-45
Aire acondicionado Gerencia de ventas	AIRE ACONDICIONADO	31	A-31-1
Aire acondicionado Sala de reuniones	AIRE ACONDICIONADO	31	A-31-2
Aire acondicionado ventas	AIRE ACONDICIONADO	31	A-31-3
Aire acondicionado Servidores	AIRE ACONDICIONADO	31	A-31-4
Aire acondicionado Gerencia General	AIRE ACONDICIONADO	31	A-31-5
Plastómetro	LABORATORIO	33	A-33-1
Turbomezcladora	LABORATORIO	33	A-33-2
Estufa con flujo de aire	LABORATORIO	33	A-33-3
Estufa sin flujo de aire	LABORATORIO	33	A-33-4
Extrusor Brabender	LABORATORIO	33	A-33-5
Prensa hidraulica	LABORATORIO	33	A-33-6
Prensa hidraulica	LABORATORIO	33	A-33-7
Molino	LABORATORIO	33	A-33-8
Tensiómetro	LABORATORIO	33	A-33-9
Durómetro	LABORATORIO	33	A-33-10
Durómetro	LABORATORIO	33	A-33-11
Tamizador	LABORATORIO	33	A-33-12
Resistividad volumétrica	LABORATORIO	33	A-33-13
Transformador	SISTEMA ELÉCTRICO	34	A-34-1
Transformador	SISTEMA ELÉCTRICO	34	A-34-2
Transformador	SISTEMA ELÉCTRICO	34	A-34-3
Banco de Condensadores	SISTEMA ELÉCTRICO	34	A-34-4
Tablero Turbo 88	SISTEMA ELÉCTRICO	34	A-34-5
Tablero Extrusora 88	SISTEMA ELÉCTRICO	34	A-34-6
Tablero Cortadora 88	SISTEMA ELÉCTRICO	34	A-34-7
Tablero Enfriador	SISTEMA ELÉCTRICO	34	A-34-8
Tablero Alimentador de balanza	SISTEMA ELÉCTRICO	34	A-34-9
Tablero Unidad Hidraulica de Cabezales 88	SISTEMA ELÉCTRICO	34	A-34-10
Tablero Turbo 115	SISTEMA ELÉCTRICO	34	A-34-11
Tablero Enfriador horizontal 115	SISTEMA ELÉCTRICO	34	A-34-12
Tablero Extrusora 115	SISTEMA ELÉCTRICO	34	A-34-13
Tablero de mando estrusora 115	SISTEMA ELÉCTRICO	34	A-34-14
Tablero enfriador 115	SISTEMA ELÉCTRICO	34	A-34-15
Tablero Turbo 125	SISTEMA ELÉCTRICO	34	A-34-16
Tablero Extrusora 125	SISTEMA ELÉCTRICO	34	A-34-17
Tablero de mando estrusora 125	SISTEMA ELÉCTRICO	34	A-34-18
Tablero enfriador 125	SISTEMA ELÉCTRICO	34	A-34-19
Tablero Turbo 130	SISTEMA ELÉCTRICO	34	A-34-20
Tablero extrusora 130A	SISTEMA ELÉCTRICO	34	A-34-21

Tablero de mando extrusora 130A	SISTEMA ELÉCTRICO	34	A-34-22
Tablero cortadora 130A	SISTEMA ELÉCTRICO	34	A-34-23
Tablero Enfriador 130A	SISTEMA ELÉCTRICO	34	A-34-24
Tablero extrusora 130B	SISTEMA ELÉCTRICO	34	A-34-25
Tablero de mando extrusora 130B	SISTEMA ELÉCTRICO	34	A-34-26
Tablero cortadora 130B	SISTEMA ELÉCTRICO	34	A-34-27
Tablero Enfriador 130B	SISTEMA ELÉCTRICO	34	A-34-28
Tablero Extrusora BT 107	SISTEMA ELÉCTRICO	34	A-34-29
Tablero Enfriador BT 107	SISTEMA ELÉCTRICO	34	A-34-30
Mezcladora de mano 115	OTROS	36	A-36-1
Mezcladora de mano 88	OTROS	36	A-36-2
Puerta Principal	OTROS	36	A-36-3

3.1.5 Esquema de Tableros Eléctricos

Esquema general de la distribución de tableros eléctricos del sistema:

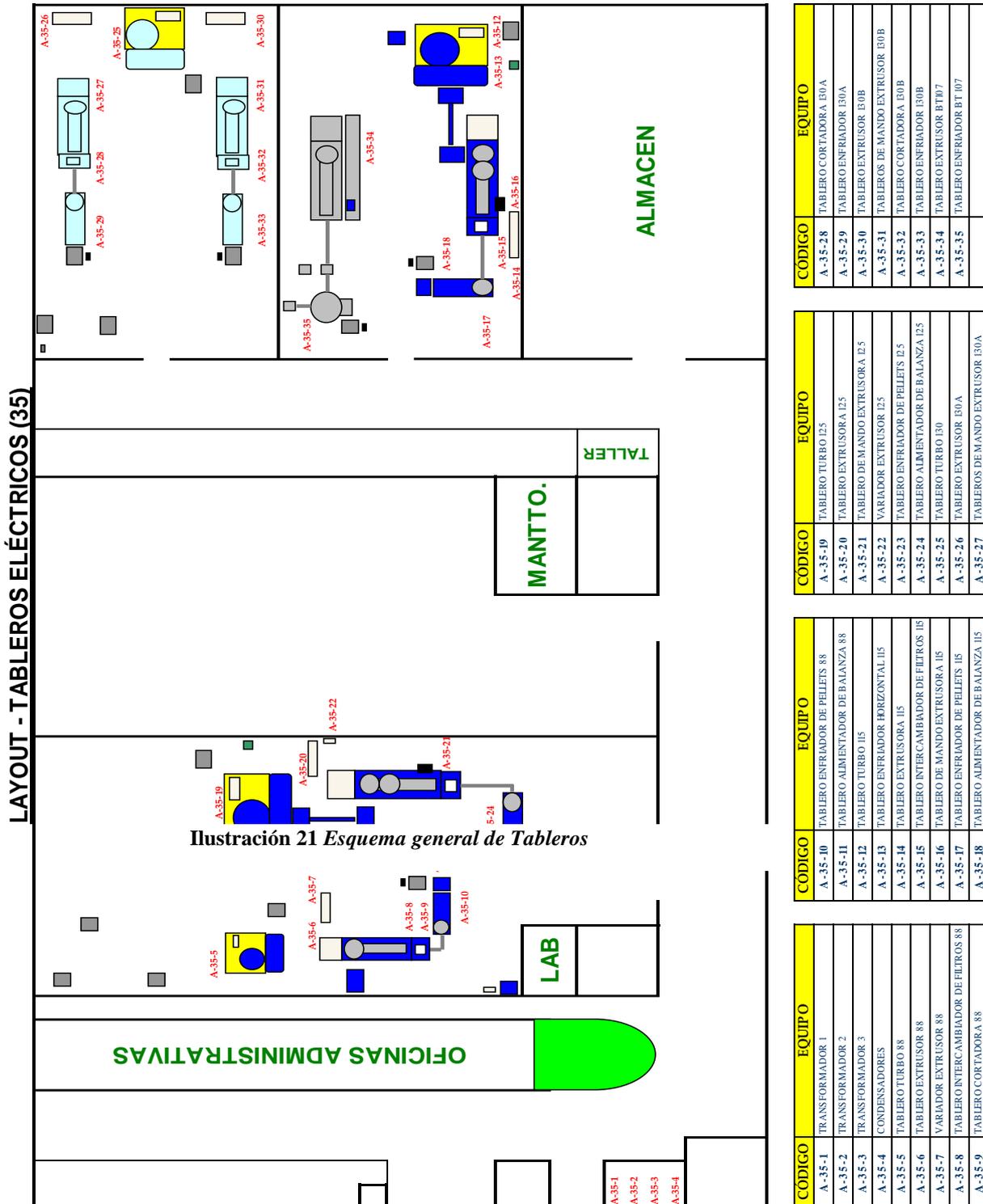


Ilustración 31 Disposición de tableros eléctricos

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO IV: Características del Diseño del Sistema Eléctrico Proyectado

4.1 CONDICIONES GENERALES DE DISEÑO.

Los cálculos justificativos se han realizado teniendo en cuenta lo siguiente:

- Código Nacional de Electricidad – Suministro. (Minas, Código Nacional de Electricidad, 2011)
- La Norma de Procedimiento para la elaboración de proyectos y ejecución de obras en Sistemas de distribución y Sistemas de utilización en media Tensión en zonas de concesión de distribución aprobada mediante resolución Directoral 018-2002-EM/DGE. (Minas, Normas de Procedimientos, 2002)
- Ley de Concesiones Eléctricas (D.L. 25844) y su Reglamento. (OSINERGMIN, 1992)
- Reglamento de seguridad y salud en el trabajo de las actividades eléctricas. (OSINERGMIN, 2007)
- Norma DGE “terminología en electricidad” y “Símbolos gráficos en electricidad”. (MINEM, 2002)
- Condiciones técnicas indicadas en el documento de punto de diseño.
- Reglamento Nacional de Construcciones vigente. (Ministerio de Vivienda, Construction y Saneamiento, 2006)
- Ley de protección del medio ambiente y protección del patrimonio cultural de la nación según corresponda. (Mnisterio de Cultura, 2016)
- Sistema Legal de unidades de medida del Perú (SLUMP). (Instituto de Ciencia y Tecnología, 1982)

4.2 CÁLCULOS ELÉCTRICOS PARA EL DIMENSIONAMIENTO DEL CABLE DE M.T.

Para el dimensionamiento del cable consideramos las siguientes condiciones:

Tabla 33 *Parámetros para el dimensionamiento de cable de M.T.*

Potencia de diseño	2800 kVA
Demanda máxima de potencia	1400 kW
Tensión nominal	10 kV
Factor de Potencia	0.85
Potencia de cortocircuito 10kV	200 MVA
Tiempo de actuación	0.02 s
Longitud del cable conductor	30 metros

Las condiciones del terreno son:

Tabla 34 *Condiciones del Terreno*

Resistividad Térmica del terreno	120 °C-cm/w
Temperatura del Terreno	25 °C
Profundidad de instalación	1.0 m

Factores de corrección por condiciones de instalación:

Tabla 35 *Factores de corrección*

Resistividad térmica del terreno	Fr = 0.92
Profundidad de tendido de cable	Fp = 0.96
Temperatura de Instalación	Ft = 0.96
Proximidad de cables	Pc = 1.00

Ecuación 1 *Factor de Corrección equivalente*

$$F_{eq} = F_r \times F_p \times F_t \times P_c$$

$$F_{eq} = 0.92 \times 0.96 \times 0.96 \times 1.0 = 0.848$$

Corriente de diseño:

Ecuación 2 *Corriente de diseño*

$$I_d = \frac{I_n}{F_{eq}}$$

4.2.1 Selección por corriente de carga nominal

Para 10 kV:

$$I_n = \frac{kVA}{\sqrt{3} \times V} \quad I_n = \frac{2800}{\sqrt{3} \times 10} \quad I_n = 161.658 \text{ Amp}$$

$$I_d = \frac{I_n}{F_{eq}} \quad I_d = \frac{161.658}{0.848} \quad I_d = 190.663 \text{ Amp.}$$

La capacidad de carga del cable 3 – 1 x 35 mm² N2XSY, 8.7 / 15 kV es de 190A por lo tanto transportará la corriente actual.

4.2.2 Cálculo por Caída de Tensión

Ecuación 3 Caída de tensión

$$\Delta V = \sqrt{3} \times I \times L (R \cdot \cos\phi + X \cdot \text{Sen}\phi)$$

$$L = 0.030 \text{ Km} \quad : \quad \text{Longitud Línea del Cable 1 x 35 mm}^2$$

$$R = 0.6690 \Omega / \text{Km} \quad : \quad \text{Resistencia del Cable N2XSY}$$

$$X = 0.1627 \Omega / \text{Km} \quad : \quad \text{Reactancia del Cable N2XSY}$$

$$\cos\phi = 0.85 \quad : \quad \text{Factor de Potencia de la carga}$$

$$\text{Sen}\phi = 0.527$$

Los parámetros eléctricos como resistencia y reactancia del cable N2XSY los podrá verificar en el anexo.

Para 10 kV:

$$I_n = 161.658 \text{ Amp} \quad : \quad \text{Corriente Nominal}$$

Reemplazando valores, se tiene:

$$\Delta V_1 = \sqrt{3} \times 161.658 \times 0.03 \times (0.669 \times 0.85 + 0.1627 \times 0.527)$$

$$\Delta V_1 = 5.497 \text{ V}$$

$$\% \Delta V_1 = 0.05497 \% V_n < 5\% V_n$$

El cable seleccionado satisface la condición de que la caída de tensión no supera el 5% de la Tensión Nominal del caso.

4.3 CALCULO DE LA CORRIENTE DE CORTO CIRCUITO EN EL CABLE

Para 10 kV:

$$I_{cc1} = \frac{P_{cc}}{\sqrt{3} \times V} \quad I_{cc1} = \frac{200}{\sqrt{3} \times 10} \quad I_{cc1} = 11.547 \text{ kA}$$

4.4 CÁLCULO DE LA CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO

TÉRMICAMENTE ADMISIBLE EN EL CABLE EXISTENTE (I_{km})

La cual se determina mediante el empleo de la siguiente ecuación:

Ecuación 4 *Corriente de cortocircuito térmicamente admisible*

$$I_{km} = \frac{0.143 \times S}{\sqrt{t}}$$

Donde:

$S = 35 \text{ mm}^2$: Sección del cable

$T = 0.020 \text{ seg.}$: Es el tiempo de duración del cortocircuito, por accionamiento de la protección proyectada por EDELNOR S.A.A.

$$I_{km} = \frac{0.143 \times 35}{\sqrt{0.02}}$$

Reemplazando:

$$I_{km} = 35.391 \text{ kA}$$

Se calculó en el sistema:

$I_{cc1} = 11.547 \text{ kA}$, para 10 kV

Con lo cual se cumple que la corriente de cortocircuito térmicamente admisible en el cable es mayor que la corriente de cortocircuito probable.

$$35.391 \text{ kA} > 11.547 \text{ kA}$$

4.5 DETERMINACIÓN DE LA CORRIENTE DE CORTO CIRCUITO (I_{cc2}) EN LA SUBESTACIÓN PARTICULAR EXISTENTE

Cálculo de la Impedancia de la Red y del Cable

Para 10 kV:

$$X_{red} = \frac{V^2}{P_{cc}} \qquad X_{red} = \frac{10^2}{200} \qquad X_{red} = 0.500\Omega$$

De los fabricantes se tiene R_{cab} y X_{cab} (Ω / Km)

$$R_{cab} = 0.669\Omega / Km$$

$$X_{cab} = 0.1627\Omega / Km$$

Por lo tanto:

Para 10 kV:

Ecuación 5 Impedancia total

$$Z_{total} = \sqrt{(R_{cab} \times L)^2 + (X_{red} + X_{cab} \times L)^2}$$

$$Z_{total} = \sqrt{(0.669 \times 0.03)^2 + (0.5 + 0.1627 \times 0.03)^2}$$

$$Z_{total} = 0.5053\Omega$$

Para 10 kV:

$$P_{cc2} = \frac{V^2}{Z_{total}} \qquad P_{cc2} = \frac{10^2}{0.503} \qquad P_{cc2} = 197.91MVA$$

$$I_{cc2} = \frac{P_{cc2}}{\sqrt{3} \times V} \qquad I_{cc2} = \frac{197.91}{\sqrt{3} \times 10} \qquad I_{cc2} = 11.426kA$$

4.6 BARRAS COLECTORA Y DE DERIVACIÓN EN 10 kV EXISTENTES.

4.6.1 Selección de la sección mínima por corriente nominal

$$F_s = 1.5 \text{ (Factor de seguridad)} \quad I_n = \frac{KVA \times F_s}{\sqrt{3} \times V}$$

Para 10 kV:

$$I_n = \frac{2800 \times 1.5}{\sqrt{3} \times 10} \quad I_n = 242.487 \text{ A}$$

Se elige para el cálculo, barras de cobre 5x60 mm, en disposición:

Horizontal (Sistema de barras)	:	1 por fase
Distancia entre apoyos 1	:	1.50 m
Distancia entre apoyos 2	:	1.50 m
Separación entre ejes de fases	:	0.30 m

4.6.2 Selección de la sección mínima por esfuerzos electrodinámicos

a) Cálculo de la corriente de cortocircuito

La corriente de cortocircuito en la subestación está dada por:

$$I_{cc2} = \frac{P_{cc2}}{\sqrt{3} \times V}$$

Para 10 kV:

Tenemos que: $P_{cc2} = 197.910 \text{ MVA}$

$$I_{cc2} = \frac{P_{cc2}}{\sqrt{3} \times V} \quad I_{cc2} = \frac{197.91}{\sqrt{3} \times 10} \quad I_{cc2} = 11.426 \text{ kA}$$

b) Cálculo de la Corriente de Choque

Para 10 kV:

$$I_{ch} = 1.8 \times \sqrt{2} \times I_{cc2}$$

$$I_{ch} = 1.8 \times \sqrt{2} \times 11.426$$

$$I_{ch} = 29.087 \text{ kA}$$

c) Cálculo de la Fmax entre Barra

$$F_{max} = 2.04 \times L/d \times I_{ch}^2 \times 10^{-2} \text{ (Kg - f)}$$

d = 0.30m: Distancia entre Barras (ver plano IE-02, corte D-D).

Para 10 kV:

$$I_{ch} = 29.087 \text{ kA} : \text{ Corriente de choque}$$

Reemplazando:

$$L = 1.5 \text{ m} : \text{ Distancia entre apoyos.}$$

$$F_{max 1} = 2.04 \times \left(\frac{29.087}{0.30} \right)^2 \times 1.5 \times 10^{-2} \text{ (Kg - f)}$$

$$F_{max 1} = 86.296 \text{ (Kg - f)}$$

$$L = 1.41 \text{ m} : \text{ Distancia entre apoyos.}$$

$$F_{max 2} = 2.04 \times \left(\frac{29.087}{0.30} \right)^2 \times 1.41 \times 10^{-2} \text{ (Kg - f)}$$

$$F_{max 2} = 172.592 \text{ (Kg - f)}$$

$$F_{max_{10kV}} = 172.592 \text{ (Kg - f)}$$

d) Cálculo del Momento Flector máximo actuante (M)

Este momento se presenta en la parte de la barra y será calculado para la mayor:

$$F_{max} = 70.274 \text{ (Kg - f)}$$

$$M = \frac{F_{max} \times L}{8}$$

$$M = \frac{70.274 \times 300}{8}$$

$$M = 6472.192 \text{ (Kg - F - cm)}$$

e) **Cálculo del Momento Resistente de la barra (Wr)**

El Momento resistente máximo para barras en posición horizontal

Ecuación 6 Momento resistente

$$W_r = \frac{hb^2}{6}$$

$$W_r = \frac{0.5 \times 5^2}{6}$$

$$W_r = 3 \text{ cm}^3$$

Donde:

$h = 0.5 \text{ cm}$: Altura de la Barra en Posición Vertical

$b = 6 \text{ cm}$: Altura de la Barra en Posición Horizontal

f) **Esfuerzo de flexión de trabajo (σ)**

Ecuación 7 Esfuerzo de reflexión

$$\sigma = \frac{M}{W_r}$$

$$M = 6472.19 (\text{Kg} - F - \text{cm})$$

$$\sigma = \frac{6472.19}{3}$$

$$\sigma = 2157.397 (\text{Kg} / \text{cm}^2)$$

El máximo esfuerzo de flexión admisible por el cobre es $1200 (\text{Kg} / \text{cm}^2)$, y este valor es mayor al σ calculado.

Por tanto, las barras de 5 x 60 mm, proyectadas podrán soportar los esfuerzos electrodinámicos producidos por la corriente de choque sin ningún inconveniente.

4.6.3 Cálculo y verificación de Efectos Térmicos

Se utilizarán las siguientes fórmulas:

Ecuación 8 ΔT

$$\Delta T = \left(\frac{I_{ch}}{I_{cc2}} \right)^2 \times T \text{ seg}$$

Ecuación 9

$$\Delta \theta = \frac{K \times I_{cc2}^2 \times (t + \Delta T)}{S^2} \text{ } ^\circ C$$

Ecuación 10 *Sobreelevación de temperatura*

$$\theta = \theta_d + \Delta \theta$$

Siendo:

- θ = Sobreelevación de Temperatura en $^\circ C$ (máximo $200^\circ C$)
- I_{cc4} = Corriente de cortocircuito permanente, Amperios
- t = Tiempo de apertura del dispositivo de protección (0.02 s)
- S = Área de la Barra (250 mm^2)
- K = Constante del material Cu = 0.0058
- ΔT = Parámetro para considerar la temperatura por la corriente de choque.
- θ_d = Temperatura previa al cortocircuito $60 \text{ } ^\circ C$

Para 10 kV:

$$I_{cc2} = 11.426 \text{ kA}$$

$$I_{ch} = 29.0867 \text{ kA}$$

Tenemos:

$$\Delta T = \left(\frac{29086.7}{11426} \right)^2 \times 0.60$$

$$\Delta T = 3.888 \text{ s}$$

Para 10 kV:

$$\Delta \theta = \frac{0.0058 \times 11426^2 \times (0.02 + 3.888)}{(300)^2} \text{ } ^\circ C$$

$$\Delta\theta = 32.882 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Luego se determina:

$$\theta = 60^\circ + 32.9^\circ$$

$$\theta = 92.88^\circ\text{C} < 200^\circ\text{C}$$

Según la norma VDE, θ en caso de cortocircuito no debe sobrepasar el valor de 200°C.

4.6.4 Cálculo y verificación de Efectos de Resonancia

Cuando la frecuencia natural (F) con la que vibran las barras se encuentra muy cerca ($\pm 10\%$) a la frecuencia eléctrica (Fe) o a su segundo armónico, se produce el fenómeno de resonancia.

Se debe cumplir que:

$$F > 1.1 \text{ Fe} \text{ o } F < 0.9 \text{ Fe}$$

$$F > 66 \text{ ciclos / seg.} \quad \text{O} \quad F < 54 \text{ ciclos / seg.}$$

$$F > 132 \text{ ciclos / seg.} \quad \text{O} \quad F < 108 \text{ ciclos / seg.}$$

$$F > 198 \text{ ciclos / seg.} \quad \text{O} \quad F < 162 \text{ ciclos / seg.}$$

La frecuencia natural a la que oscilarían las barras de cobre proyectadas en la subestación, está dada por:

Ecuación 11 Frecuencia de resonancia

$$F = \frac{112}{L^2} \sqrt{\frac{(E \times J)}{G}} \quad (\text{Hz})$$

F	:	Frecuencia de resonancia, Hz	
E	:	Módulo de elasticidad del cobre	: 1.25 x 10 ⁶ Kg / cm ²
G	:	Peso de la barra	: 0.0223 Kg / cm
J	:	Momento de inercia	: 5.2083 cm ⁴

Reemplazando valores tenemos:

L_1 : Longitud de la barra : 150 cm

$$F_1 = \frac{112}{(150)^2} \sqrt{\frac{(1250000 \times 5.2083)}{0.0223}} \text{ (Hz)}$$

$$F_1 = 132.89 \text{ Hz} > 132 \text{ Hz} \quad F_1 = 132.89 \text{ Hz} < 162 \text{ Hz}$$

L_2 : Longitud de la barra : 150 cm

$$F_2 = \frac{112}{(141)^2} \sqrt{\frac{(1250000 \times 5.2083)}{0.0223}} \text{ (Hz)}$$

$$F_2 = 96.26 \text{ Hz} > 66 \text{ Hz}$$

$$F_2 = 96.26 \text{ Hz} < 108 \text{ Hz}$$

Del resultado obtenido se deduce que la oscilación mecánica no se encuentra entre $\pm 10\%$ de la Frecuencia de la red Eléctrica (60 Hz, 120Hz, 180Hz).

4.6.5 Dimensiones de Aisladores

Considerando un coeficiente de seguridad igual a 3, los aisladores deberán satisfacer una solicitud de carga P, tal que P viene dado por:

$$P = 3 \times F_{\max}$$

Donde:

P = Esfuerzo de ruptura que debe soportar el aislador, Kg

F_{\max} = Fuerza máxima entre Barras.

$$F_{\max} = 70.274 (Kg - f)$$

Reemplazando:

$$P = 3 \times 70.274 (Kg - f)$$

$$P = 210.822 (Kg - f)$$

Se seleccionarán aisladores poliméricos, que soportan 750 Kg.

4.7 SELECCIÓN DE LOS ELEMENTOS DE PROTECCIÓN DE LA SUBESTACIÓN EN 10KV

4.7.1 Selección del Interruptor en Vacío

De acuerdo al código Nacional de Electricidad Utilización sección 150-252, se tiene que la corriente nominal del seccionador, se determina utilizando la siguiente fórmula (Se utilizará la corriente mayor, que en este caso es para 10 kV):

$$I_{sec} = 3 \times I_n$$

Para 10 kV:

$$I_n = 115.47 \text{ Amp}$$

$$I_{sec} = 3 \times 115.47$$

$$I_{sec} = 346.41 \text{ Amp.}$$

Teniendo en cuenta los siguientes parámetros:

$$I_{sec} = 346.41 \text{ Amp}$$

$$I_{cc2} = 11.426 \text{ kA}$$

Y de acuerdo al catálogo del fabricante, seleccionamos lo siguiente:

- Interruptor en Vacío, de las siguientes características:

Tensión Nominal	:	12 kV
Tensión de Servicio	:	10 kV

Corriente Nominal	:	630 A
Corriente de Ruptura	:	25 kA
Nivel de Aislamiento al impulso	:	75 kV

4.7.2 Selección de Fusibles

De acuerdo al código Nacional de Electricidad Utilización sección 150-252, se tiene que la corriente Nominal del fusible, se determina utilizando la siguiente fórmula:

$$I_{fus} = 150\%I_n$$

a) Cálculo de coordinación de la protección:

Para la curva de daño térmico del transformador (se toma el criterio establecido en la guía de duración de corrientes de transformadores P784 / D4 de la Norma ANSI C 51.12.00 para transformadores auto enfriados en aceite).

$$I_{\text{inserción}} = 20 \times I_n \quad \text{en un tiempo de 2 segundos}$$

Para la curva de energización del transformador de acuerdo a la Norma IEC se tiene:

$$I_{\text{térmica}} = 12 \times I_n \quad \text{en un tiempo de 0.1 segundos}$$

Ver en el **ANEXO 7** la curva de operación del fusible para 10 kV, donde se demuestra que la curva característica de los fusibles seleccionados se encuentra dentro de la zona de protección, es decir entre la curva de daño térmico y la curva de energización del transformador.

Tabla 36 Operación de fusible a 10 kV

	Potencia (kVA)	In (A)	I fusible _{diseño} (A)	I inserción (A)	I Térmica (A)	I fusible (A)
Celda de Transf. (existente)	800	46.188	69.282	929.76	554.256	63
Celda de Transf. (proyectado)	2000	115.47	173.205	22309.4	1385.64	160

Ver en el **ANEXO 6** los catálogos y curvas para los fusibles ETI.

4.8 DISEÑO DEL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA

Para realizar el diseño de la puesta a tierra primeramente se tendrá que medir la resistividad del terreno por el método Wenner el cual se realizara de la siguiente forma:

Se enclava cuatro electrodos de unos 0.5 metros de longitud en línea recta, a intervalos de 1, 2 y 3 metros (D).

En estas condiciones, se efectúa una medición R, y se calcula la resistividad del terreno por la siguiente formula:

$$\rho = 2 \times \pi \times R \times D$$

Que corresponde a la resistividad del terreno a una profundidad “D”.

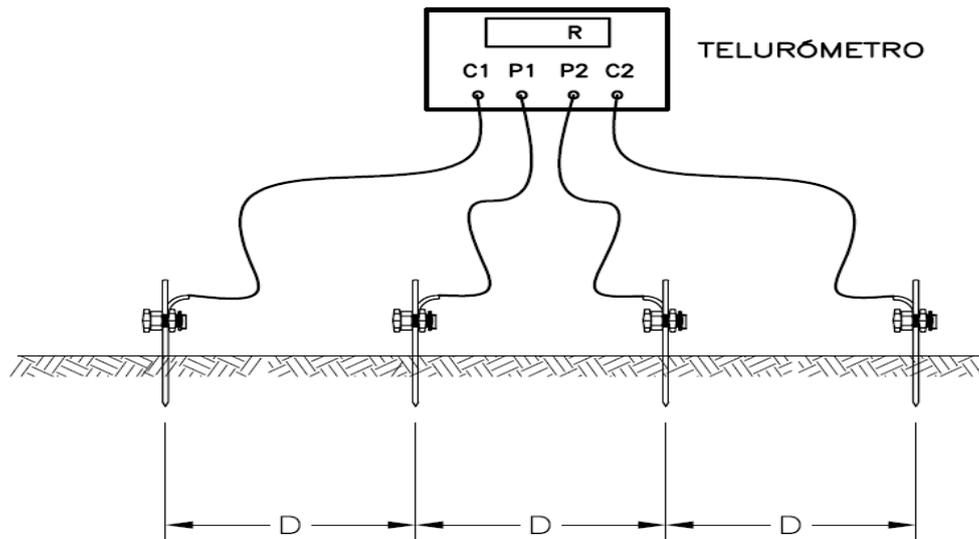


Ilustración 22 Resistividad del terreno

Siendo:

ρ : Resistividad del terreno, expresado en $\Omega\text{-m}$

π : Constante (3.1416)

R : Valor de la resistencia obtenida en el telurómetro, expresado en ohm.

D : Separación entre electrodos, expresado en metros.

El valor R obtenido en la medición de la resistividad, no es el mismo leído en la resistencia de puesta a tierra

Tabla 37 Mediciones de resistividad

D (m)	1	2	3
R (Ω)	15	7.8	5.7
ρ ($\Omega\text{-m}$)	94.25	98.02	107.44

Se considera la resistividad promedio de las tres medidas:

$$\rho_{prom} = \frac{\rho_1 + \rho_2 + \rho_3}{3} = 99.903\Omega - m$$

$$\rho_{prom} \approx 100\Omega - m$$

a) Puesta a tierra utilizando varilla para media tensión

Considerando electrodos verticales a nivel del suelo se tiene del manual IEEE “Recommended practice for grounding of industrial and comercial power sistems”, por ser el terreno de fácil penetración y del tipo TURBA HÚMEDA, con una resistividad de $100 \Omega\text{-m}$, la resistencia del, pozo de tierra utilizando varilla de cobre de $5/8'' \Phi$ (16 mm diámetro) x 2.4 m. de longitud, la resistencia teórica correspondiente se considera:

$$R = \left(\frac{\rho}{2\pi \times L} \right) \left(\text{Ln}\left(\frac{4L}{d}\right) - 1 \right)$$

Donde:

R = Resistencia de la puesta a tierra

ρ = Resistividad especifica del terreno : $100 \Omega\text{-m}$

L = Longitud del electrodo : 2.40 m

d = Diámetro del electrodo : 0.015875 m

Ln = Logaritmo neperiano

Reemplazando valores se tiene:

$$R = \left(\frac{100}{2 \times 3.1416 \times 2.4} \right) \left(\text{Ln}\left(\frac{4 \times 2.4}{0.0158}\right) - 1 \right)$$

$$R = 35.873 \Omega$$

Siendo necesario obtener los 25Ω de resistencia del pozo de tierra, el terreno de alta resistividad se reducirá parcialmente realizando el zarandeo del terreno, desechando las piedras contenidas y luego ejecutando el tratamiento químico del suelo adicionando

bentonita y sal industrial, logrando reducir aproximadamente, según experiencias en 40% de la resistividad del terreno o sea a 60 Ω -m, luego el valor final es:

$$R = \left(\frac{60}{2 \times 3.1416 \times 2.4} \right) \left(\ln\left(\frac{4 \times 2.4}{0.0158}\right) - 1 \right)$$

$$R = 21.523 \Omega < 25 \Omega$$

Este valor es menor a 25 Ω y cumple lo recomendado por el CNE para puestas a tierra en Media Tensión.

b) Puesta a tierra utilizando varilla para baja tensión.

Considerando el mismo tipo de terreno del pozo de tierra que el anterior, procederemos a reducir la resistividad del terreno original, para ello procederemos a realizar:

- **Cambio de terreno**

El terreno es cambiado en su totalidad, teniendo un radio de buen terreno entre 30 y 50 cm. en todo el contorno de la varilla, así como el fondo; y con el debido cuidado en la compactación para su adherencia y eliminación del aire introducido en la tierra en el manipuleo, el porcentaje de reducción de la resistividad natural del terreno es del 40%.

- **ii) Tratamiento del suelo**

Luego de realizado el cambio del terreno se realiza el tratamiento del suelo con bentonita y sal mineral, que establece normalmente una reducción de la resistencia inicial según experiencias en 40%. Luego con estos dos procedimientos la resistividad inicial disminuye en 80%, quedando al final con 20 Ω -m y cambiando luego el valor final es:

$$R = \left(\frac{20}{2 \times 3.1416 \times 2.4} \right) \left(\ln \left(\frac{4 \times 2.4}{0.0158} \right) - 1 \right)$$

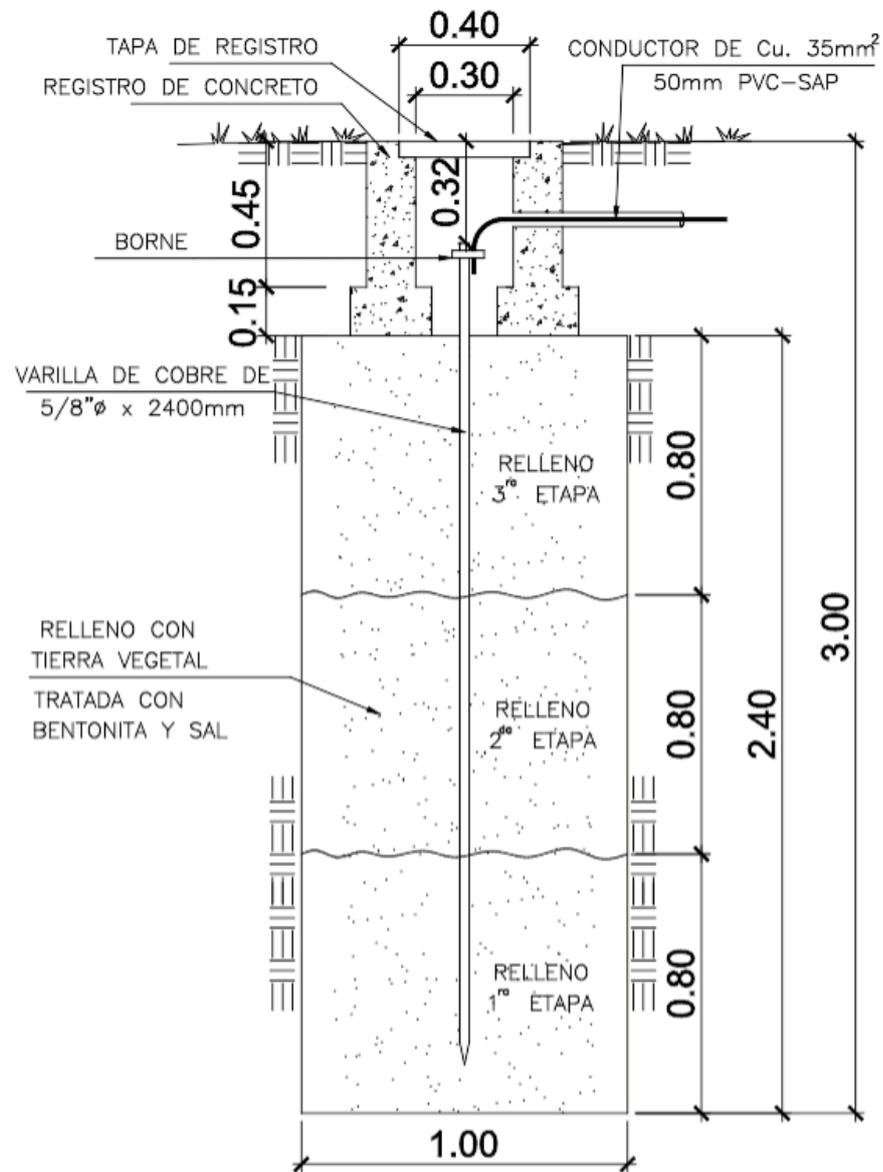
$$R = 7.174 \Omega < 15 \Omega$$

c) **Dosis proyectada para los pozos a tierra:**

Tabla 38 Dosis aplicada a los pozos a tierra

Pozos	Tierra de cultivo (m ³)	Dosis de sal (kg)	Dosis de bentonita (kg)	$\rho_{\text{proy.}}$ (Ω -m)	R_{proy.} (Ω)
P_{MT}	3	50	60	60	21.523
P_{BT}	3	100	120	20	7.174

d) Diagramas de pozos a tierra:



POZO DE PUESTA A TIERRA PARA M.T, B.T.

ESCALA

1/50

RESISTENCIA DE PUESTA A TIERRA

MEDIA TENSION : < 25 ohmios

BAJA TENSION : < 15 ohmios

Ilustración 33 Pozos a tierra MT y BT

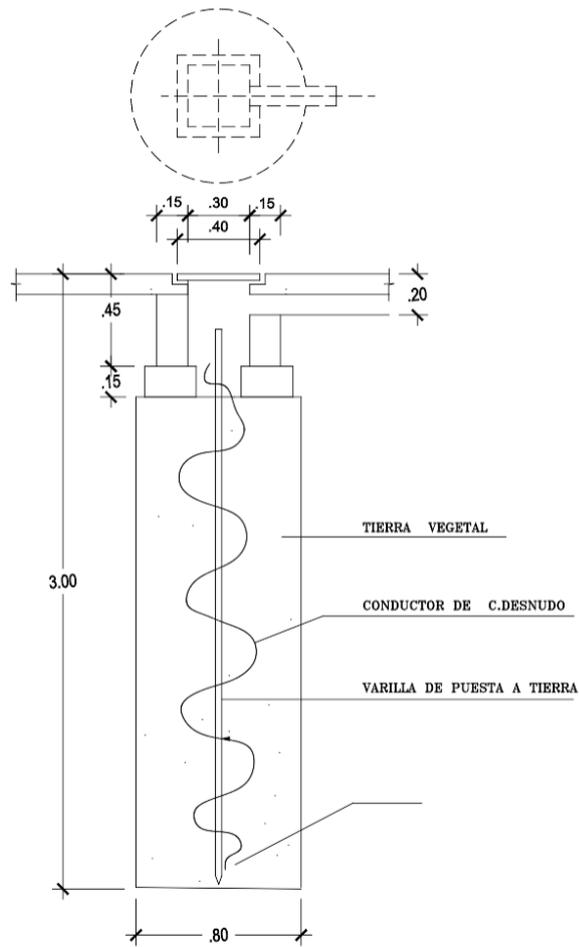


Ilustración 34 Detalle eléctrico del pozo a tierra

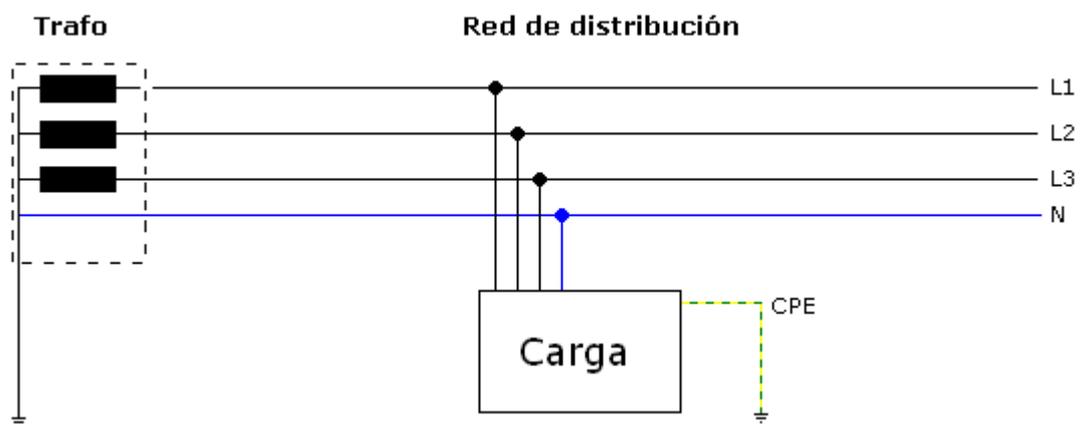


Ilustración 25: Red de distribución

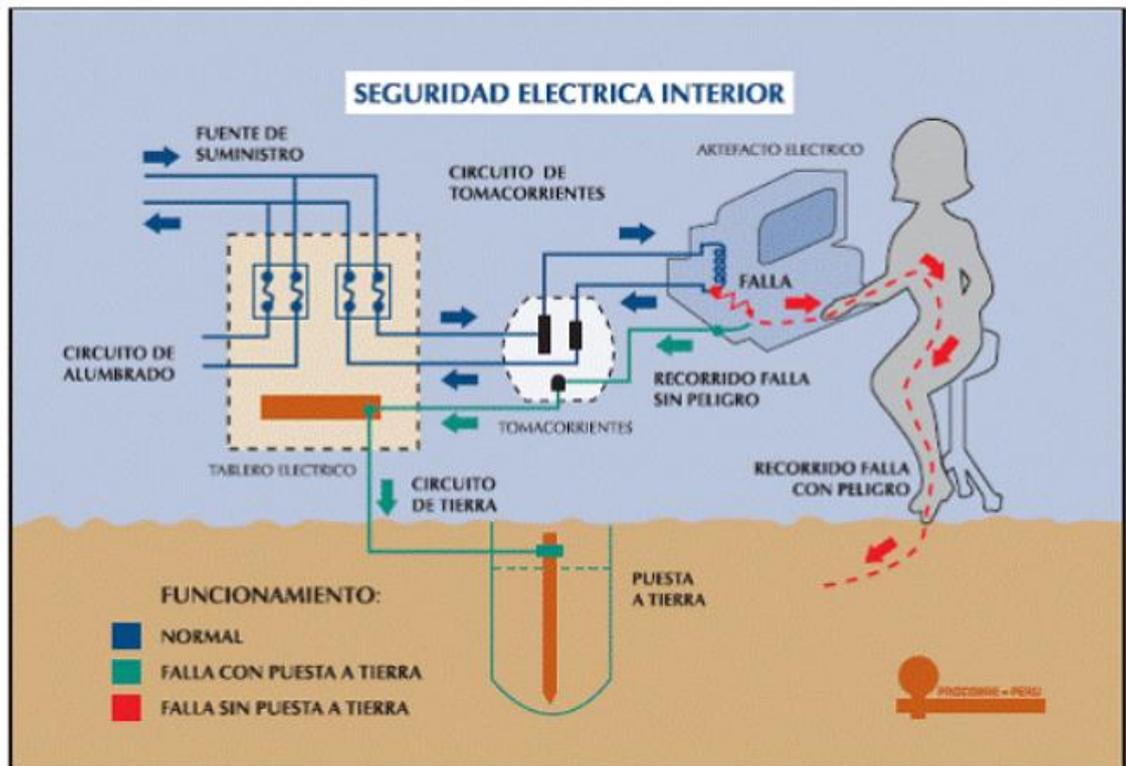


Ilustración 36: Funcionamiento *de una puesta a tierra*

e) Relación de equipos que protege

La instalación de un sistema de puesta a tierra servirá para llevar la corriente eléctrica de algún corto circuito, pérdida de energía eléctrica y / o descargar la energía que se da por estática en los aparatos y las maquinas eléctricas usadas en una planta industrial, fuera del alcance de alguna persona que manipula dichos aparatos o maquinarias eléctrica: la puesta a tierra protege los siguiente:

- Tableros eléctricos,
- Motores monofásicos
- Motores trifásicos, etc.

4.9 VENTILACIÓN DE LA SUBESTACIÓN

Para determinar la ventilación de la Subestación proyectada, tomaremos en cuenta las siguientes premisas:

- Potencia del Transformador : 2800 kVA
- $\text{COS } \phi$: 0.85
- Perdidas en el Fierro (W_{fe}) : 7700 W
- Pérdidas en el Cobre (W_{cu}) : 36400 W
- Temperatura del aire al ingresar a la Subestación : 35° C
- Temperatura del aire al salir de la Subestación : 50° C
- Incremento de Temperatura : 15° C
- Pérdidas Totales: $W_{cu} + W_{fe} = 44.1 \text{ kW}$

Las perdidas consideradas son el 0.275% y 1.3% de la potencia total respectivamente según especificaciones del fabricante.

4.9.1 Determinación del Volumen de Aire necesario que debe ingresar a la Subestación para evacuar 44.1 kW (Q_e)

Se determina mediante el empleo de la siguiente fórmula:

$$Q_e = \frac{866 \times \text{Perdidas totales} \times (T_{o1})}{0.238 \times 342 \times 3600 \times P \times (T_s - T_i)} \quad \text{m}^3 / \text{seg.}$$

Donde:

Q_e	:	Volumen de aire que debe ingresar a Subestación	:	m^3 / seg
P	:	Presión Atmosférica	:	1 ATM
T_{o1}	:	Temperatura ingreso del aire en grados Kelvin	:	$273 + 35^\circ\text{C}$
T_s	:	Temperatura salida del aire en grados Centígrados	:	50°C
T_i	:	Temperatura ingreso del aire en grados Centígrados:	:	35°C

$$Q_e = \frac{866 \times 44.1 \times 308K}{0.238 \times 342 \times 3600 \times 1 \times 15K} \quad \text{m}^3 / \text{seg}$$

$$Q_e = 2.6761 \text{m}^3 / \text{seg.}$$

4.9.2 Determinación del Volumen de aire a la salida de la Subestación (Qs)

Se determina mediante el empleo de la siguiente fórmula:

$$Q_s = \frac{866 \times \text{Pérdidas Totales} \times (T_o2)}{0.238 \times 342 \times 3600 \times P \times (T_s - T_i)} \quad \text{m}^3 / \text{seg.}$$

Donde:

Qs	:	Volumen de aire que sale de la Subestación	:	m ³ / seg
P	:	Presión Atmosférica	:	1 ATM
To2	:	Temperatura de salida del aire en grados Kelvin	:	273 +50°C
Ts	:	Temperatura salida del aire en grados Centígrados	:	50°C
Ti	:	Temperatura ingreso del aire en grados centígrado	:	35°C

$$Q_s = \frac{866 \times 44.1 \times 323K}{0.238 \times 342 \times 3600 \times 1 \times 15K} \quad \text{m}^3 / \text{seg}$$

$$Q_s = 2.8065 \quad \text{m}^3 / \text{seg}$$

4.9.3 Determinación de la Fuerza de Ascensión del Aire (Po)

Del Plano IE – 02 de la Subestación proyectada se tiene que:

h1 Altura medida desde las ruedas del transformador hasta la parte inferior de los aisladores: 1.10 m (ver corte C-C).

h2 Distancia desde la base inferior de los aisladores del transformador hasta el nivel medio de la ventana de salida del aire: 1.40m (ver corte C-C).

Luego tenemos que la Fuerza Ascensional para la zona 1, está dada por:

Ecuación 12 Fuerza ascensional

$$P_{ol} = h1 \left(\frac{1}{1 + a T_i} - \frac{1}{1 + a [(T_i + T_s)/2]} \right)$$

Donde:

$$a = 1/273 = 0.00366$$

Luego:

$$Po1 = 1.10 * \left(\frac{1}{1 + \frac{35}{273}} - \frac{1}{1 + \frac{35+50}{2 * 273}} \right)$$

$$Po1 = 0.02316$$

Para la zona 2 tenemos:

$$Po2 = h2 \left(\frac{1}{1 + aTi} - \frac{1}{1 + aTs} \right)$$

Reemplazando datos se tiene:

$$Po2 = 1.40 * \left(\frac{1}{1 + \frac{35}{273}} - \frac{1}{1 + \frac{50}{273}} \right)$$

$$Po2 = 0.05759$$

Luego tenemos que la fuerza ascensional total es.

$$Po = Po1 + Po2 = 0.02316 + 0.05759$$

$$Po = 0.08076$$

4.9.4 Determinación de la pérdida de presión al ingreso del aire por la

Subestación:

La pérdida de presión del aire, al ingresar a la Subestación está dada por la siguiente fórmula:

Ecuación 13 Pérdidas de presión al ingreso de aire

$$P_i = \frac{V_e^2 (1 + f)}{2g (1 + a T_i)}$$

Y la velocidad del aire al ingresar a la Subestación (V_e) está dado por:

$$V_e = \frac{Q_e}{A_p}$$

Donde:

V_e	=	Velocidad del aire al ingresar a la subestación
Q_e	=	Volumen de aire al ingresar a la subestación
A_p	=	Area de la entrada del aire

Teniendo las dimensiones de la entrada de ventilación (superficie indicada en el Plano):

$$\text{Lado 1} = 1.00 \text{ m} \quad \text{Lado 2} = 1.00 \text{ m}$$

Calculamos el área de entrada:

$$A_p = 1.00 \times 1.00 = 1.00 \text{ m}^2$$

Luego, reemplazando valores tenemos:

$$V_e = \frac{0.3823}{1.00} = 0.3823 \text{ m/s}$$

Finalmente, tomando $f = 0.75$, tenemos que:

$$P_i = \frac{0.382^2 * (1 + 0.75)}{2 * 9.81 * \left(1 + \frac{35}{273}\right)} = 0.01158 \text{ m}$$

4.9.5 Determinación de la pérdida de presión en el canal de ingreso

Supondremos que en la entrada se pierde toda la velocidad por lo que prevemos la presión necesaria para engendrarla de nuevo. Este canal es de 1.00 de profundidad por 1.00 de ancho.

$$S_m = 1.0m \times 1.0m \quad \text{Sección del canal}$$

$$S_m = 1.00 \text{ m}^2$$

$$V_m = \frac{Q_e}{S_m} = \frac{0.3823}{1.00} = 0.382m/s \quad \text{Velocidad del aire en canal}$$

$$L_m = 4.50m \quad \text{Longitud del canal}$$

$$Perim = 15.00m \quad \text{Perímetro del canal}$$

$$\text{Coeficiente } U/F = Perim / S_m = 15.0 / 1.00 = 15.0$$

$$\text{Coeficiente } R/L = 0.09792$$

$$f = L_m \cdot (R/L) = 4.5 \cdot 0.09792$$

$$f = 0.440625 \quad \text{Factor de pérdida}$$

$$P_m = \frac{V_m^2 (1 + f)}{2g(1 + aTi)} = \frac{0.382^2 \cdot (1 + 0.440625)}{2 \cdot 9.81 \cdot \left(1 + \frac{35}{273}\right)}$$

$$P_m = 0.00952m$$

4.9.6 Determinación de la pérdida de presión del aire al pasar por la celda de transformación

De la vista de planta de la subestación proyectada se tiene, que área libre esta dado por lo siguiente:

$$A_i = \text{Area de la celda} - \text{Area del Transformador}$$

Tomando las medidas del plano tenemos:

$$A_i = 2 \times 1.4 \times 2.82 - 2 \times 1.40 \times 1.10$$

$$A_i = 4.816 m^2$$

Luego, la velocidad del aire al pasar por el transformador esta dado por la siguiente expresión:

$$V_c = \frac{Q_e}{A_i} = \frac{0.3823}{4.816} \qquad V_c = 0.079 \text{ m/s}$$

Luego:

$$P_c = \frac{V_c^2}{2g(1+aT_i)} = \frac{0.079^2}{2 * 9.8 * \left(1 + \frac{35}{273}\right)}$$

$$P_c = 0.00029 m$$

4.9.7 Determinación de la pérdida de presión del aire por frotamiento en el área interior de la cabina

$$\text{Sección de la cabina: } S_f = 4.5 * 3.70 = 16.65 m^2$$

$$\text{Velocidad del aire en la cabina: } V_f = \frac{Q_s}{S_f} = \frac{0.4009}{16.65} = 0.02407 m/seg$$

$$P_f = \frac{V_f^2}{2g\left(1+a\frac{T_i+T_s}{2}\right)} = \frac{0.02407^2}{2 * 9.81 * \left(1 + \frac{35+50}{2 * 273}\right)}$$

$$P_f = 0.00003 m$$

4.9.8 Determinación de la pérdida de presión del aire al salir por la ventana de ventilación

Considerando que por las rejillas de la ventana sale el aire de la caseta:

$$Ad = \text{Area libre de la ventana en } m^2$$

Tomando las medidas de las ventanas y descontando el área de las persianas, se tiene:

$$Ad = 1.380m^2$$

Luego, la velocidad del aire a la salida de la caseta será.

$$Vd = \frac{Qs}{Ad} = \frac{0.4009}{1.38}$$

$$Vd = 0.291m/s$$

Luego:

$$Pd = \frac{Vd^2 (1 + f)}{2g(1 + aTs)} = \frac{0.291^2 * (1 + 0.75)}{2 * 9.81 * \left(1 + \frac{50}{273}\right)}$$

Considerando $f = 0.75$

$$Pd = 0.00637m$$

Finalmente, las pérdidas totales de presión, está dada por:

$$Pt = Pi + Pm + Pc + Pf + Pd$$

$$Pt = 0.01158 + 0.00952 + 0.00029 + 0.00003 + 0.00637$$

$$Pt = 0.02778$$

Luego. $Po > Pt$

$$0.08076 > 0.02778$$

Por lo tanto, la ventilación es natural y las dimensiones escogidas son las correctas.

CAPÍTULO V: Implementación del Sistema de Utilización de 10 kV

5.1 GENERALIDADES DE LA IMPLEMENTACION.

Las presentes aclaraciones se refieren a los trabajos que realizo la Contratista para la construcción de la subestación y redes de media tensión particular, materia de este proyecto, y tienen como base lo establecido por el Código Nacional de Electricidad Suministro y la práctica común de ingeniería.

Las tareas principales ejecutadas se describen a continuación y quedan entendidas, sin embargo, que la responsabilidad del contratista estuvo también en efectuar todos los trabajos que sean razonablemente necesarios, aunque dichos trabajos no haya específicamente indicados y/o descritos en el documento del proyecto.

El contratista efectuó todo trabajo de campo necesario para replantear la ubicación de las estructuras de las redes de media tensión particular, indicando la ubicación definitiva de las estructuras.

5.2 MONTAJE DE LOS CONDUCTORES:

El tendido de los conductores se dio de tal manera que permitan un acceso seguro en la instalación, inspección y mantenimiento de ellos.

La profundidad de las excavaciones es tal y como se indica en los planos correspondientes.

Para la excavación se tuvo las siguientes consideraciones:

- La tierra de excavación y el pavimento serán depositados por separado.
- La tierra de excavación será colocada a más de 50 cm de los bordes de la zanja.
- El tamizado de la tierra se hará con zaranda, cuya malla es de 1/4".

Se estableció la conexión de todos los elementos sujetos a voltaje mediante la conexión al pozo de tierra respectivo, cuyos soportes metálicos puedan establecer diferencias de potencial peligroso.

El montaje y las pruebas han sido efectuados estrictamente como las indicaciones de los planos de montaje y las posibles variaciones serán consultadas y resueltas por el Ing. Residente de Obra en coordinación con el Supervisor.

Asimismo, estos trabajos de montaje han sido ejecutados por personal debidamente calificado con amplia experiencia en estos trabajos.

5.2.1 Red Subterránea

a) Especificaciones del Conductor:

Para el sistema de utilización en media tensión se ha instalado el cable de energía subterránea unipolar con conductores de cobre electrolítico recocido, cableado concéntrico comprimido o compactado, cinta semi-conductora o compuesto semi conductor extruído sobre el conductor, aislamiento de polietileno reticulado (XLPE), cinta semi – conductora o compuesto semiconductor extruído y alambres de cobre electrolítico sobre el conductor aislado, Barrera térmica de poliéster y chaqueta exterior de PVC rojo.

Se fabricarán según Normas: ITINTEC 370 – 050 para conductores, e IEC – 502 para aislamiento, tendrán las siguientes características:

Tabla 39 Características del conductor

Sección (mm ²)	:	35
Tipo	:	N2XSY
Capacidad de corriente a 20°C	:	190 A
Norma de fabricación	:	ITINTEC 370.050

Tensión nominal de trabajo (kV)	:	10 kV
Tensión nominal de diseño (kV)	:	8.7/15 kV
Temperatura máxima de operación (°C)	:	90
Reactancia a 20°C	:	0.1627 Ohm / Km
Resistencia a 20°C	:	0.6690 Ohm / Km

Los cables unipolares N2XSY se agrupan en forma triangular.

INSTALACION TIPICA DE CABLE 10 KV DIRECTAMENTE NTERRADO

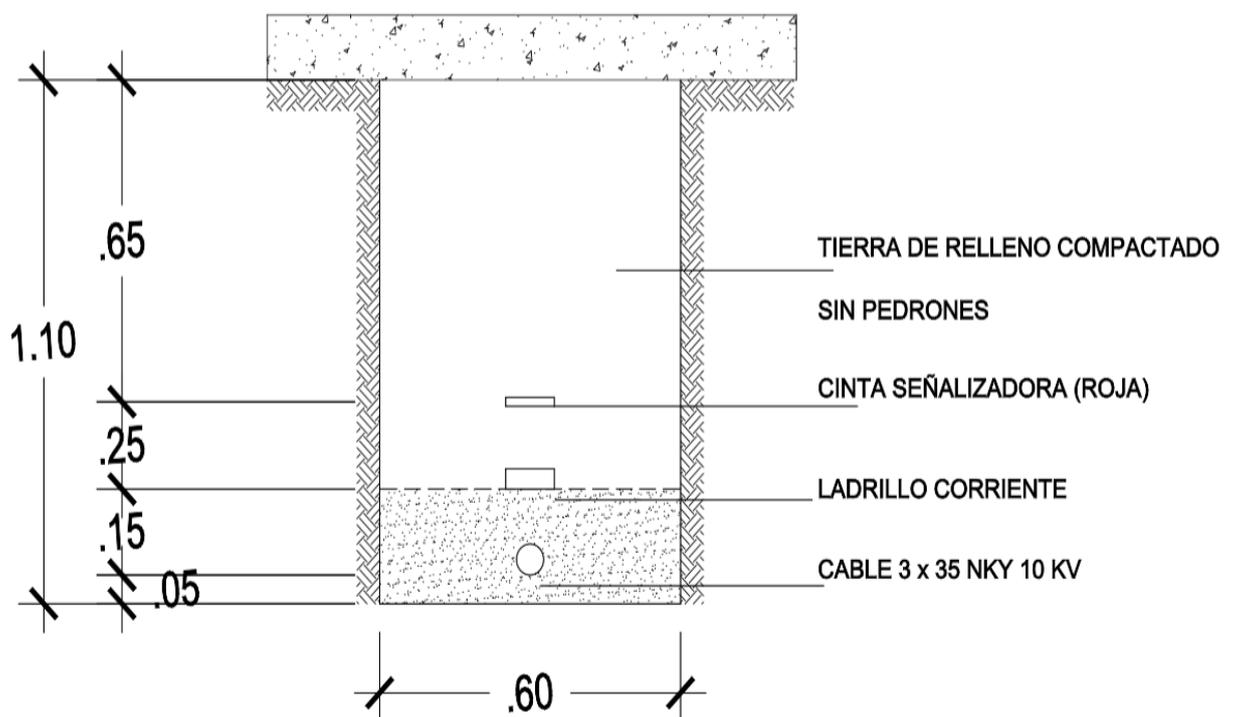


Ilustración 23 Detalle acometida de cable de 10 kV

b) Zanjas

El cable está instalado en zanjas de 0.60 x 1.35 m de profundidad de la superficie libre. Posee un solado de concreto de 0.05 m y una capa de tierra cernida compactada de

0.10 m de espesor en el cual descansa una tubería de PVC-SAP de 4” en el cual se instaló el cable que está envuelto por una cinta de polietileno de color celeste, que indica que se trata de un cable particular, protegido por una capa de tierra cernida compactada de 0.15 m de espesor, protegido por una hilera de ladrillos corrientes luego se aplicó otra capa de relleno compactado sin pedrones de 0.20 m de espesor por encima de esta capa se colocaron las cintas señalizadores rojas (La cual no lleva ningún distintivo que indique EDELNOR S.A.A.). Conforme a lo indicado en el plano del proyecto (ilustración 20).

c) **Cinta señalizadora.**

- Material : Polietileno de alta calidad resistente a los álcalis y ácidos
- Ancho : 152 mm
- Espesor : 1/10 mm
- Inscripción : Con letras negras que no pierdan su color con el tiempo, con la inscripción: **PELIGRO DE MUERTE 10000 VOLTIOS**
- Elongación : 250%
- Color : Rojo

Adicionalmente el cable N2XSY 3-1x35 mm², 8.7/15kV fue encintado en todo su recorrido con cinta de vinilo color celeste.

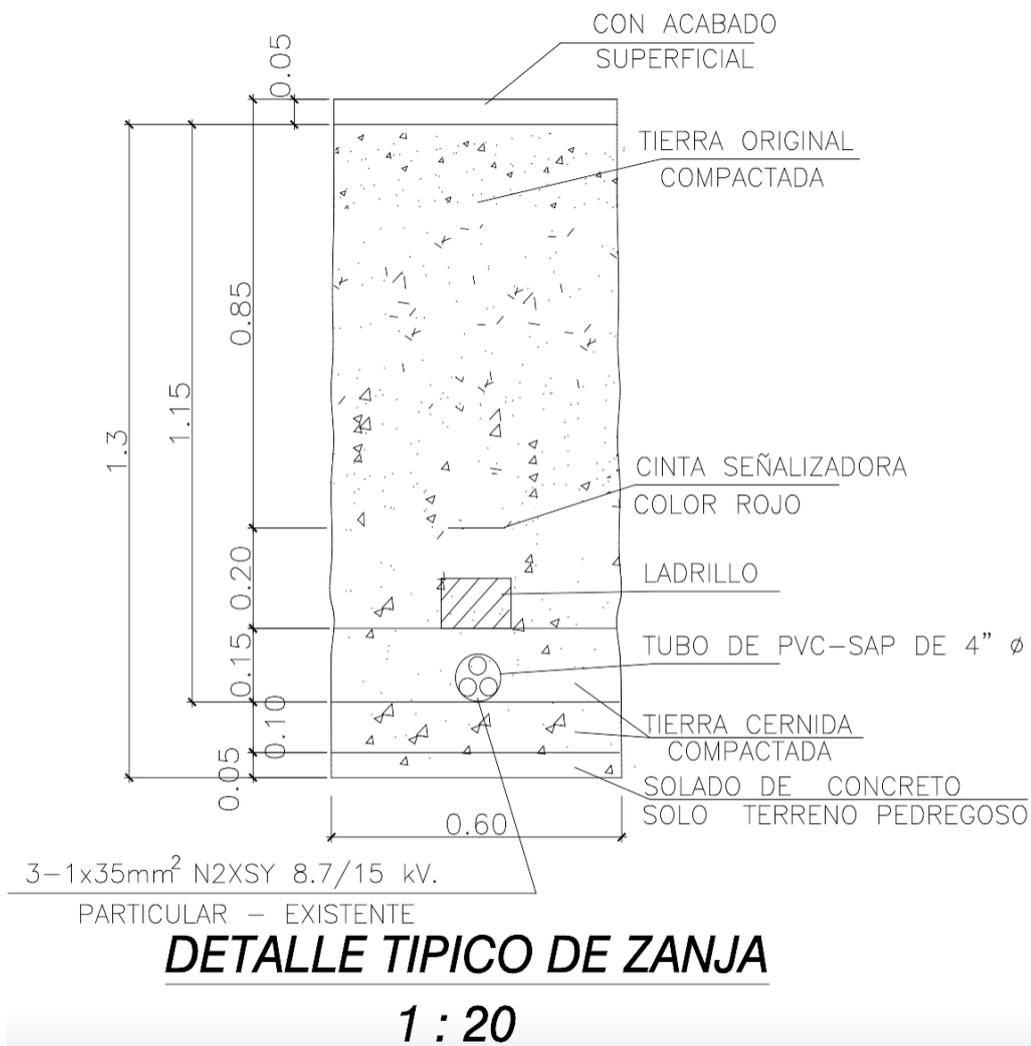


Ilustración 38 Detalle de zanja x-x

d) Terminales Termo contraíbles.

Los terminales en 15 kV para el cable N2XSY 3-1 x 35 mm² son del tipo interior.

- Tipo : Premoldeado termo resistente
- Fabricante : Raychem

Los terminales RAYCHEM unipolares, se instalaron de acuerdo a lo indicado en los planos.

5.2.2 Sub Estación y la Puesta a Tierra de la Red.

Después de instalado la subestación y el cable, se procedió a instalar la puesta a tierra según indica el plano respectivo.

Luego se rellenó con tierra vegetal tratado con bentonita y sal mineral, que reemplazará a la tierra original, compactándolo cada 20cm. El conexionado del conductor de puesta a tierra con la varilla se hizo mediante bornes de bronce tipo AB. Para el mantenimiento e inspección se instalará una bóveda de concreto con su respectiva tapa.

En el montaje de las varillas se debe respetar las distancias indicadas.

5.2.2.1 Subestación de Transformación

La Subestación de Transformación comprende:

- . Celda de llegada
- . Celda de transformación 1.
- . Celda de transformación 2.

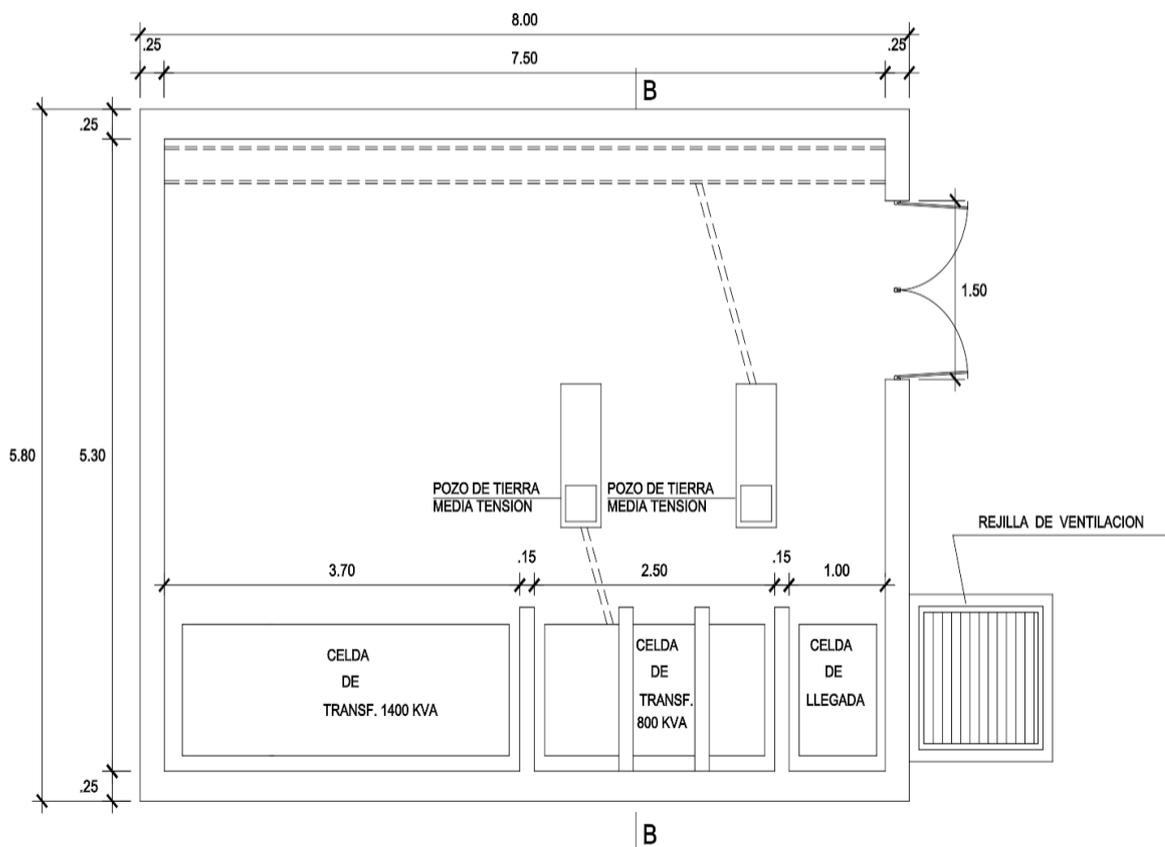


Ilustración 39 Sub estación de transformación

a) Celda de Recepción o llegada 10 kV, 60 Hz

La celda de llegada es del tipo autoportada, fabricada en estructura angular de fierro de 2" x 2" x 3/16", pintado con dos capas de base anticorrosiva y dos capas de esmalte gris. Provisto de puerta frontal abisagrada.

La celda de llegada tiene la siguiente rotulación: "Celda de llegada", "Peligro Riesgo Eléctrico".

La celda de llegada tiene las siguientes dimensiones internas:

Ancho	:	1.00 m
Profundidad	:	1.40 m
Altura	:	3.20 m

Equipamiento de Celda de Llegada o Recepción comprende el suministro, montaje y conexiones de lo siguiente:

➤ **Interruptor en Vacío de 12 kV – 630 A:**

Será para montaje interior, equipado con mando lateral, con bobina de 24vdc.

Dimensiones: alto: 680mm, ancho: 326mm, profundidad: 1050mm posición fija del interruptor. Incluye contactos auxiliares 2NA+2NC.

Tensión de Servicio	:	10 kV
Tensión Nominal	:	12 kV
Corriente Nominal	:	630 A
Capacidad de Ruptura	:	25 kA

➤ **Relé de falla a tierra:**

La magnitud de polarización es utilizada la corriente homo polar o corriente cero, mediante la lectura del transformador toroidal, las características son:

Función	:	50N / 51N
Corriente nominal	:	1 – 5 A
Frecuencia	:	60 Hz
Nivel de aislamiento	:	2 kV
tensión de alimentación	:	220 V
Contacto de disparo	:	1NA, 24 Dvc, 16 A

Los parámetros a ingresar son los siguientes:

Tensión	:	220 V
Corriente de fase	:	23.10 A.
Corriente diferencial	:	3 A
Frecuencia	:	60 Hz
Tiempo	:	30 mseg.

Para emergencia el relé cuenta con un respaldo de energía instalado en el tablero TP de 500x700x200 mm constituido por, cargador de batería, batería de 12VDC inversor de 12 Vdc A 220 V AC y puentes de diodos para la bobinas de disparo.

➤ **Transformador toroidal:**

Transformador de corriente toroidal de 200 / 5 Amp. Potencia 10 VA, para una clase de precisión 1, la tensión de aislamiento es 0.6kV.

➤ **Aisladores Porta barras.**

Se utilizarán aisladores poliméricos con las siguientes características:

Tensión Nominal	:	12 kV
Esfuerzo de Rotura	:	750 Kg
Longitud de línea de fuga	:	384 mm

La longitud de línea de fuga de los aisladores portabarras se podrá verificar en el

ANEXO 5.

➤ **Barras**

Las barras colectoras de derivación y de tierra serán de cobre electrolítico, con las siguientes características:

- Pureza del 99%
- Alta Conductividad Eléctrica
- Alta resistencia a la corrosión
- Gran Maquinabilidad.

Las Barras colectoras son de 5 x 60 mm y estarán diseñadas para soportar una potencia de cortocircuito de hasta 200 MVA en 10 kV. Cada fase será pintada con dos capas de pintura de base de Vinilo con colores distintos y de acuerdo al Código Nacional de Electricidad, cada tramo tendrá extremos sin pintar, una longitud de 2 cm. aproximadamente. Las barras para la puesta a tierra serán de 5 x 15 mm.

b) Celda de Transformación con Transformador de 800kVA, 10 / 0.23 kV

(existente)

Las celdas de transformación están fabricadas en base a estructura angular de 2” x 2” x 3/16”, pintado con dos capas de base anticorrosiva y dos capas de esmalte gris. Provisto de puerta frontal abisagrada con malla de alambre.

La celda posee la siguiente rotulación: “Celda de transformación”, “Peligro Riesgo Eléctrico”.

La Celda de transformación tiene las siguientes dimensiones:

Ancho	:	2.50 m
Profundidad	:	1.40 m
Altura	:	3.20 m

Esta celda comprende el suministro, montaje y conexión de los siguientes equipos:

➤ **Aisladores Porta barras Poliméricos:**

Para uso interior y montaje en la celda descrita, serán Poliméricos y de forma Tronco Cónica.

Tensión Nominal	:	12 kV
Esfuerzo de Rotura	:	750 Kg
Longitud de línea de fuga	:	384 mm

La longitud de línea de fuga de los aisladores portabarras se podrá verificar en el

ANEXO 5.

➤ **Barras Colectoras, de Derivación y de Tierra**

Serán de cobre electrolítico de 5 x 60 mm para el sistema de barras colectoras y de 5 x 15 mm, para el sistema de Puesta Tierra.

➤ **Base porta fusible:**

Será para montaje interior, estará provisto para el montaje de tres fusibles de 63A, 12kV / 10KV operación silenciosa y sin emisión de gases.

Tensión Nominal	:	12 kV
Corriente Nominal	:	400 A

➤ **Transformador Trifásico (800 kVA) (existente)**

Un Transformador Trifásico de Potencia en baño de aceite, con arrollamiento de cobre y núcleo de hierro laminado en frío, montaje interior, enfriamiento natural, con las siguientes condiciones de servicio:

Potencia	:	800 kVA	
Tensión Secundaria	:	230 V	
Tensión Primaria	:	10000 V.	
Tensión de Cortocircuito	:	4.5 %	
Altura de trabajo	:	1000 m.s.n.m	
Frecuencia	:	60 Hz	
Relación de Transformación	:	10 / 0.23 kV	
Grupo de Conexión	:	Dy5	
Regulación	:	± 2 x 2.5%	
Norma de Ejecución	:	IEC – 76 e ITINTEC –	370.002
Contenido de PCB	:	≤2 pmm	
Bornes AT / BT	:	3 / 3	
Perdidas en el Cu. (W _{cu})	:	10400W	
Perdidas en el Fierro (W _{fe})	:	2200W	
Perdidas totales (W _t)	:	12600W	
Volumen del aceite	:	1.20 m ³	

Accesorios:

- Tanque conservador en sentido transversal al tanque principal y con indicador visual de aceite sin contactos.
- Conmutador de Tomas suplementarios, con mando sobre las tapas
- Desecador de Aire
- Ruedas Bidireccionales
- Grifo de vaciado y toma de muestras de aceite
- Placa de característica

- Ganchos de suspensión para levantar la tapa activa o el Transformador completo
- Perno para la puesta a Tierra del Tanque

c) Celda de Transformación con un Transformador de 2000 kVA, 10 / 0.40 - 0.23 kV (proyectado)

La celda de transformación será idénticas fabricada en base a estructura angular de 2" x 2" x 3/16", pintado con dos capas de base anticorrosiva y dos capas de esmalte gris. Provisto de puerta frontal abisagrada con malla de alambre.

Las celdas tendrán la siguiente rotulación: "Celda de transformación", "Peligro Riesgo Eléctrico".

La Celda de transformación tendrá las siguientes dimensiones:

Ancho	:	3.70 m
Profundidad	:	1.40 m
Altura	:	3.20 m

Esta celda comprende el suministro, montaje y conexión de los siguientes equipos:

➤ **Aisladores Porta barras Poliméricos:**

Para uso interior y montaje en la celda descrita, serán Poliméricos y de forma Tronco Cónica.

Tensión Nominal	:	12 kV
Esfuerzo de Rotura	:	750 Kg
Longitud de línea de fuga	:	384 mm

La longitud de línea de fuga de los aisladores portabarras se podrá verificar en el

ANEXO 5.

➤ **Barras Colectoras, de Derivación y de Tierra**

Serán de cobre electrolítico de 5 x 60 mm para el sistema de barras colectoras y de 5 x 15 mm, para el sistema de Puesta Tierra.

➤ **Base porta fusible:**

Será para montaje interior, estará provisto para el montaje de tres fusibles de 160 A, 12kV / 10KV operación silenciosa y sin emisión de gases.

Tensión Nominal	:	12 kV
Corriente Nominal	:	400 A

➤ **Transformador Trifásico (2000kVA) (proyectado)**

Un Transformador Trifásico de Potencia en baño de aceite, con arrollamiento de cobre y núcleo de hierro laminado en frío, montaje interior, enfriamiento natural, previsto para las siguientes condiciones de servicio:

Potencia	:	2000 kVA
Tensión Secundaria	:	400 - 230 V
Tensión Primaria	:	10000 V.
Tensión de Cortocircuito	:	4.5 %
Altura de trabajo	:	1000 m.s.n.m
Frecuencia	:	60 Hz
Relación de Transformación	:	10 / 0.40 - 0.23 kV
Grupo de Conexión	:	Dyn5
Regulación	:	± 2 x 2.5%
Norma de Ejecución	:	IEC – 76 e ITINTEC – 370.002
Contenido de PCB	:	≤2 pmm
Bornes AT / BT	:	3 / 4
Perdidas en el Cu. (W _{cu})	:	26000W
Perdidas en el Fierro (W _{fe})	:	5500W
Perdidas totales (W _t)	:	31500W
Volumen del aceite	:	2.00 m ³

Accesorios:

- Tanque conservador en sentido transversal al tanque principal y con indicador visual de aceite sin contactos.
- Conmutador de Tomas suplementarios, con mando sobre las tapas
- Desecador de Aire
- Ruedas Bidireccionales
- Grifo de vaciado y toma de muestras de aceite
- Placa de característica

- Ganchos de suspensión para levantar la tapa activa o el Transformador completo
- Perno para la puesta a Tierra del Tanque

➤ Cuba Extraíble

Nos servirá ante cualquier derrame de Aceite, este sistema nos permitirá poder almacenar el 100% del aceite de cada transformador.

Dimensiones de la cuba extraíble :

1.4 x 1.4 x 1.7 metros

Volumen de Aceite total de los transformadores es : 3.200 m³

Volumen que almacena la cuba extraíble : 3.332 m³

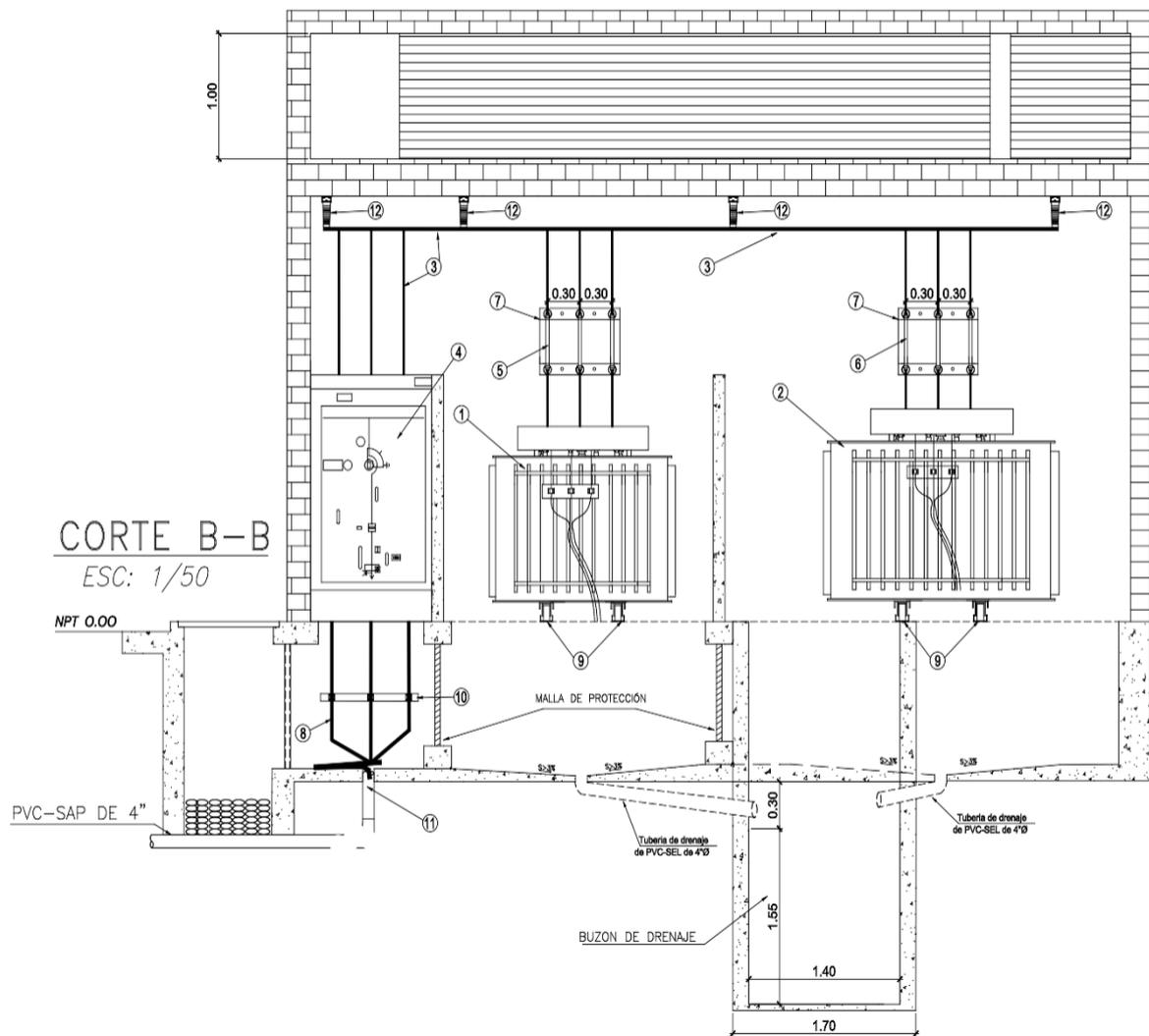


Ilustración 40 Detalle de celdas de la subestación – transformadores

5.2.2.2 Pozos de Puesta a Tierra de la Subestación

La resistencia de puesta a tierra, en la subestación según lo establecido en el actual C.N.E. Suministro sección 3 – 036B, normalmente en zonas frecuentadas, la resistencia de difusión de la puesta a tierra de los postes no será superior a 25 ohms.

Para el presente estudio el tipo de suelo está constituido por tierra vegetal y cierto porcentaje de arena fina, siendo el valor de la resistividad de aproximadamente $100^{\circ} \Omega - m$. Para estos casos se recomienda el tratamiento con sales, lo cual permite una reducción de la resistencia de 15% al 90%. Según los diferentes tratados al respecto, el tratamiento con sales deberá ser renovado aproximadamente en promedio cada 4 años.

La subestación llevará un pozo para el lado de M.T. y otro para el lado de B.T (Ilustración 27), ambos pozos serán iguales y de las siguientes características:

Tabla 40 Características de los pozos a tierra

● Dimensiones	: 1.00 m de ϕ x 3.00 m. de profundidad
● Relleno por pozo	: Estará constituido por tierra vegetal y 6 sacos de cloruro de sodio de 50 Kg c/u y 4 sacos de bentonita de 30 Kg. c/u.
● Electrodo	
Material	: Cobre
Dimensiones	: (5/8") 16 mm ϕ x 2400 mm
● Borne conector para conductor de cobre de 35 mm ² y el electrodo de 5/8" ϕ .	
● Material	: Bronce con tuercas de bronce al silicio.
● Tipo	: AB
● Conductor de cobre desnudo tipo TW para la MT	
Dimensión	: 35 mm ² x 15 m
● Conductor de cobre desnudo tipo TW para la BT	
Dimensión	: 35 mm ² x 15 m

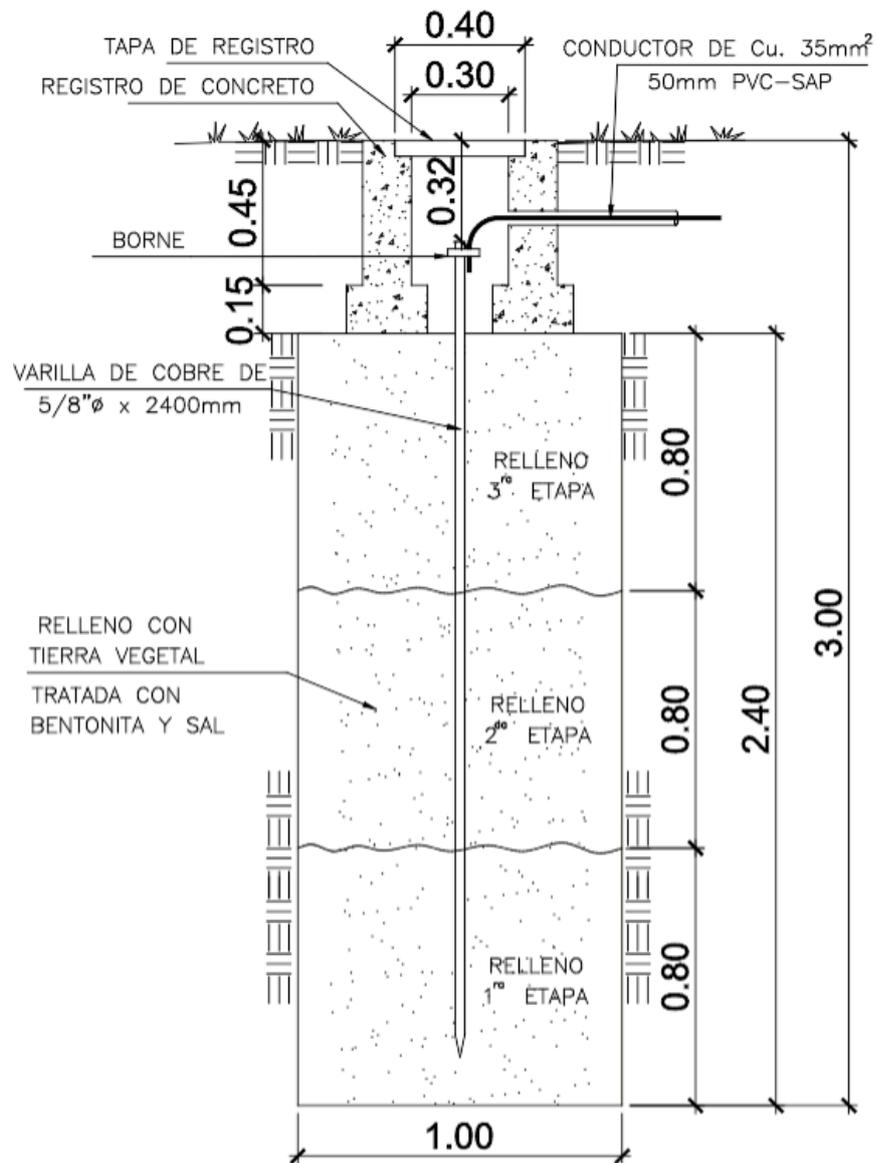
Los pozos de puesta a tierra no serán mayores a 25 ohm para el lado de media tensión y de 15 ohm para el lado de baja tensión.

➤ **Borne para electrodo de puesta a tierra.**

El conexionado del electrodo de puesta a tierra con el cable de cobre de 35 mm², se realizará con borne tipo AB de bronce de alta conductividad eléctrica y alta resistencia a la corrosión, incluyendo perno de bronce silicoso DURIUM (ASTM B99).

➤ **Electrodo de puesta a tierra.**

Será de cobre electrolítico de (5/8") 16 mm de diámetro y 2.4 m de longitud.



POZO DE PUESTA A TIERRA PARA M.T, B.T.

**ESCALA
1/50**

RESISTENCIA DE PUESTA A TIERRA

MEDIA TENSION : < 25 ohmios

BAJA TENSION : < 15 ohmios

Ilustración 41 Pozos a tierra MT y BT

➤ **Conductor de conexión a la puesta tierra.**

Será de cobre electrolítico recocido (temple blando), cableado concéntrico y aislamiento de PVC, tipo TW de color amarillo, y de las siguientes características:

Tabla 41 *Características del conductor*

• Calibre nominal	:	35 mm ²
• Diámetro del cable	:	7.56 mm
• N° de hilos	:	7
• Diámetro de cada hilo	:	2.52 mm
• Peso	:	310 kg/km

➤ **Conectores de derivación tipo perno partido.**

Para conectar los elementos derivados, del conexionado de la puesta a tierra en las estructuras de la línea de media tensión, se utilizarán conectores de derivación del tipo perno partido encobrizado de 35 mm².

➤ **Salas higroscópicas de preparación para puesta a tierra.**

Para reducir la resistividad de la puesta a tierra es necesario preparar la tierra vegetal adicionando 30 Kg de bentonita y 50 Kg de sal industrial.

➤ **Buzón de registro de concreto.**

Para inspección y mantenimiento del pozo de tierra se instalará una caja buzón de concreto de 0.40x0.40x0.30m.

El valor de las resistencias de los pozos a tierra en la subestación no será mayor a 15 Ohms para el lado de baja tensión y de 25 Ohms para el lado de media tensión, según indicación del CNE.

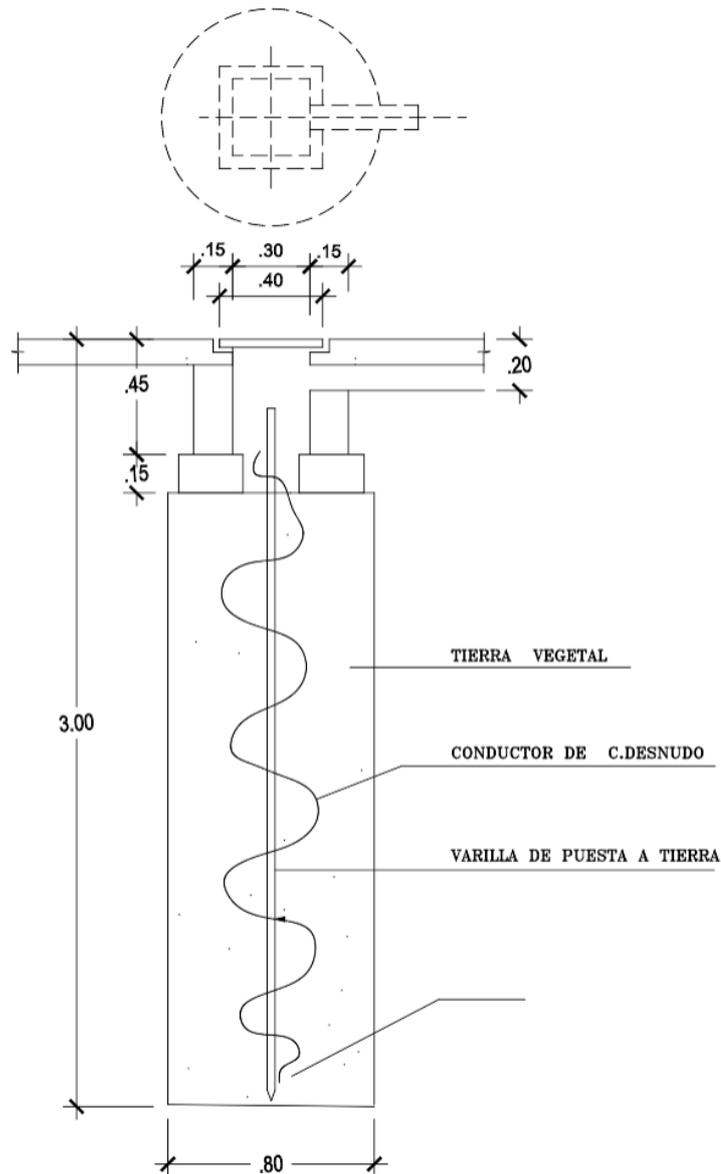


Ilustración 42 *Detalle eléctrico del pozo a tierra*

5.3 PRUEBAS.

5.3.1 Introducción.

Al concluir los trabajos de montaje de la línea se realizaron las pruebas que se detallan a continuación en presencia del Ingeniero Supervisor de Obras, empleando instrucciones y métodos de trabajo apropiado para este, y el ejecutor realizó las

correcciones o reparaciones que sean necesarias hasta que los resultados de las pruebas sean satisfactorias a juicio del Supervisor de Obras.

Previamente con la ejecución de estas pruebas, el ejecutor en presencia del Ingeniero Supervisor de Obras, efectuará cualquier otra labor que sea necesaria para dejar las líneas listas a ser energizadas.

5.3.2 Determinación de la secuencia de fase.

Se debe demostrar que la posición relativa de los conductores de cada fase corresponde a lo prescrito.

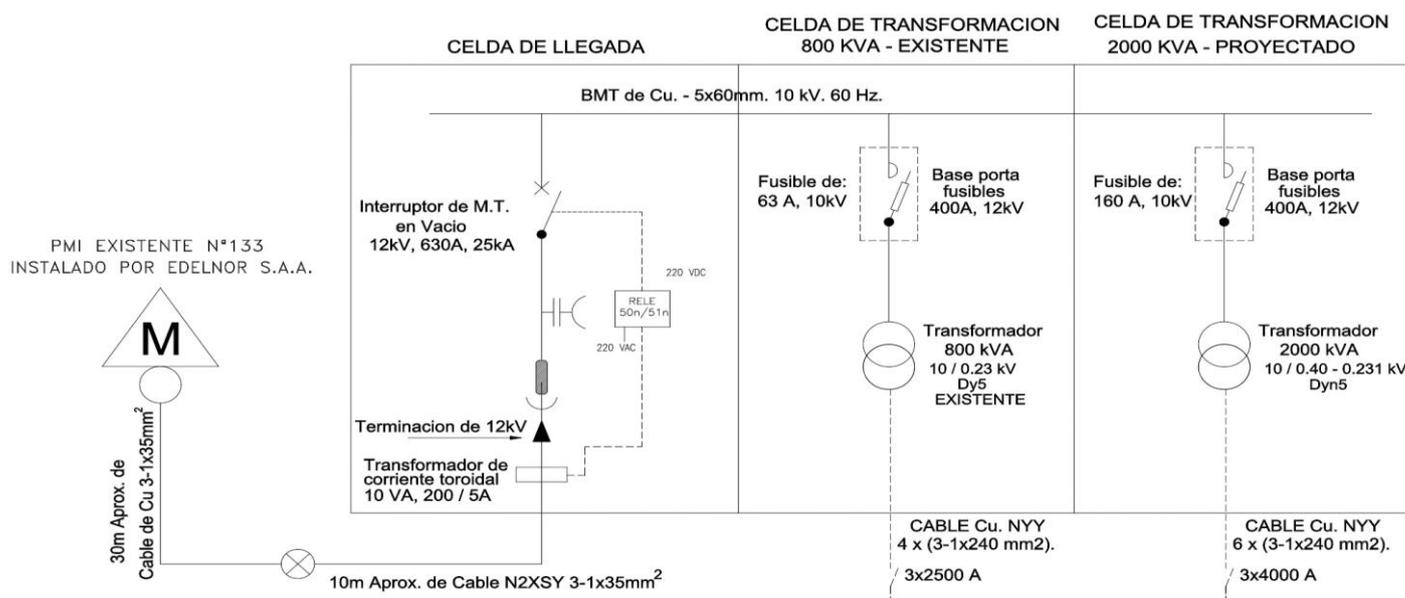


Ilustración 43 Diagrama Unifilar del Sistema de Ampliación

5.3.3 Pruebas de continuidad y resistencia eléctrica.

Para esta prueba, se pone en cortocircuito las salidas de las líneas de la Subestación y después se prueba en cada uno de los terminales de red su continuidad.

Las resistencias eléctricas de las tres fases de la línea, no deberán diferir a más del 5% del valor de la resistencia por Kilómetros del conductor.

5.3.4 Prueba de aislamiento de línea.

La medición del aislamiento se efectuará entre cada fase de la línea y tierra y entre fases. El nivel de aislamiento de la línea debe estar de acuerdo a lo especificado en el Código Nacional de Electricidad.

5.3.5 Pruebas de la puesta a tierra.

La resistencia de la puesta a tierra de las estructuras armadas y la subestación, no será mayor de 25 Ohmios en el lado de media tensión y 15 Ohmios en el lado de baja tensión.

5.3.6 Reglas de la seguridad.

Estos preceptos básicos de seguridad deben considerarse en el montaje, instalación y mantenimiento de la línea aérea y subestación, estos trabajos deben realizarse sin tensión, para ello rigen los siguientes procedimientos de seguridad:

- **PRIMERA REGLA.**
Abrir en corte visible o en “corte efectivo”, todas las posibles fuentes de tensión, mediante seccionadores, interruptor-seccionador, interruptor enchufable u otros medios.
- **SEGUNDA REGLA.**
Enclavamiento o bloqueo, si es posible, de los aparatos que han realizado el corte visible o efectivo, y señalización en el mando de los mismos.
- **TERCERA REGLA.**
Comprobación de la ausencia de tensión.
- **CUARTA REGLA.**
Puesta a tierra y en cortocircuito de todas las posibles fuentes de tensión.
- **QUINTA REGLA.**
Colocar las señalizaciones de seguridad adecuadas, delimitando la zona de trabajo.

En forma resumida:

- 1º Corte visible o efectivo.
- 2º Enclavamiento o bloqueo.
- 3º Comprobación de la ausencia de tensión.
- 4º Puesta a tierra y en cortocircuito.
- 5º Delimitación y señalización.

CONCLUSIONES

1. La demanda requerida por el incremento de carga de la Planta ANDINA PLAST S.R.L., es de 1400 KW trifásica a 230/480V, para el funcionamiento de los motores eléctricos de las nuevas maquinarias y de los equipos de servicios generales, esta demanda está siendo suministrada por un transformador trifásico de 2000KVA tipo convencional, conectado en delta aislada en el primario, estrella aterrizada en el secundario, teniendo una capacidad de reserva para un incremento futuro de carga del 30%.
2. Adicionalmente, la demanda total de la Planta Industrial, que incluye la demanda existente de 800 KW, más la demanda del incremento y considerando un factor de coincidencia de 0.85, es de 1400 KW, en donde se mantendrá un factor de potencia de 0.85.
3. La demanda máxima contratada al concesionario de EDELNOR es de 1400 KW, considerando que nuestra capacidad máxima instalada es de 2800KW, existe una proyección de consumo de 1400 KW adicionales, en tal sentido y ya teniendo las instalaciones adecuadas, se puede solicitar al concesionario de EDELNOR otro incremento de potencia, según la empresa lo requiera.
4. Luego de realizar los trabajos de ampliación del sistema eléctrico en la fábrica ANDINA PLAST S.R.L debido a un incremento en la demanda, se concluyeron todos los trabajos exitosamente, y se entregó el sistema energizado con un factor de potencia de 0.85 que se encuentra sobre el mínimo requerido para evitar penalizaciones por parte de la empresa eléctrica del sector
5. Se establece que la nueva potencia contratada y entregada a la empresa ANDINA PLAST S.R.L, por parte del concesionario EDELNOR es de 1400 KW, esto

posterior a las validaciones de cumplimiento a los requisitos impuestos por el mismo concesionario.

6. Se realizó cálculos justificativos que validan los parámetros de los materiales y equipos instalados dentro y fuera de la subestación, como el cableado, las barras, los aisladores, el interruptor de corriente, etc.
7. Se realizó la implementación de la sub estación de acuerdo a los diseños proyectados, instalándose el transformador de 2000 KW.
8. Dentro del capítulo IV, se contempla todos los cálculos justificativos realizados para el dimensionamiento de los elementos de la red en M.T. particular de 10kV, red de baja tensión particular, sistema de puesta a tierra.
9. En Base a los resultados obtenidos y de acuerdo a las especificación de cada producto y/o componente eléctrico, se selecciona los interruptores, fusibles, base porta fusibles, barras, aisladores porta barras y otros.

RECOMENDACIONES.

1. Es de suma urgencia dar mantenimiento a los alimentadores sobrecargados para evitar paradas innecesarias y por fallas de aislamiento.
2. Se recomienda también la necesidad evaluar cargas reales de consumo en el transformador N° 2 (2000 KW)
3. Es necesario realizar coordinaciones con el concesionario de EDELNOR, para obtener características de protección de sus relés instalados en sus instalaciones, estos deben garantizar la calidad de tensión contratada.
4. El proyecto se ha desarrollado en dos niveles de tensión por las recomendaciones de la empresa concesionaria una etapa en 10 kV
5. Es necesario e importante aprobar el plan de mantenimiento para los transformadores instalados.

REFERENCIAS

- Emprendedor, I. N. (08 de 2018). *contactopyme*. Obtenido de <http://www.contactopyme.gob.mx>:
<http://www.contactopyme.gob.mx/guiasempresariales/guias.asp?s=14&guia=104&giro=10&ins=985>
- Instituto de Ciencia y Tecnologia. (1982). *SISTEMA LEGAL DE UNIDADES DE MEDIDA DEL PERU*. Lima.
- Instituto de Estudios Economicos y Sociales. (2016). *Fabricacion de Productos Plasticos*. Lima: SNI.
- Minas, M. d. (2002). *Normas de Procedimientos*. Lima.
- Minas, M. d. (2011). *Código Nacional de Electricidad*. Lima.
- MINEM. (2002). *NORMA DGE - SIMBOLOS GRAFICOS EN ELECTRICIDAD*. Lima.
- Ministerio de Vivienda, Construction y Saneamiento. (2006). *SISTEMA LEGAL DE UNIDADES DE MEDIDA DEL PERU*. Lima.
- Mnisterio de Cultura. (2016). *Marco legal de protección*. Lima.
- OSINERGMIN. (1992). *LEY DE CONCESIONES ELÉCTRICAS*. Lima.
- OSINERGMIN. (2007). *REGLAMENTO DE SEGURIDAD Y SALUD EN*. Lima.
- Quimicoplasticos. (19 de Noviembre de 2017).
<http://www.quimicoplasticos.com/es/andina-plast-termoplasticos.html>. Obtenido de <http://www.quimicoplasticos.com/es/andina-plast-termoplasticos.html>
- Universidad de Peru. (2018). *ANDINA PLAST S R L*. Lima.

ANEXOS

ANEXO 1: ESPECIFICACIONES CONDUCTORES TIPO N2XSY 8.7 / 15 kV

PARÁMETROS MECÁNICOS						
SECCION NOMINAL	NUMERO HILOS	DIAMETRO CONDUCTOR	ESPESOR		DIAMETRO EXTERIOR	PESO
			AISLAMIENTO	CUBIERTA		
mm ²		mm	mm	mm	mm	Kg/Km
25	7	6,3	4,5	1,8	22,1	707
35	7	7,4	4,5	1,8	23,2	832
50	19	8,7	4,5	1,8	24,5	983
70	19	10,5	4,5	1,8	26,3	1231
95	19	12,3	4,5	2,0	28,5	1558
120	37	13,9	4,5	2,0	30,1	1834
150	37	15,4	4,5	2,0	31,6	2132
185	37	17,2	4,5	2,0	33,9	2566
240	61	19,8	4,5	2,2	36,4	3175
300	61	22,2	4,5	2,2	38,8	3818
400	61	25,1	4,5	2,4	42,1	4728
500	61	28,2	4,5	2,6	45,6	5802

PARÁMETROS ELÉCTRICOS									
SECCION NOMINAL	RESISTENCIA	RESISTENCIA		REACTANCIA INDUCTIVA		AMPACIDAD			
	DC a	AC		(A)	(B)	ENTERRADO		AIRE	
	20°C	(A)	(B)			20°C		30°C	
mm ²	mmOhm/Km	Ohm/Km	Ohm/Km	Ohm/Km	Ohm/Km	(A)	(B)	(A)	(B)
25	0,727	0,927	0,927	0,2964	0,1713	180	160	195	165
35	0,524	0,668	0,669	0,2849	0,1627	215	190	235	200
50	0,387	0,494	0,494	0,2704	0,1513	250	225	280	240
70	0,268	0,342	0,342	0,2579	0,1426	305	275	350	295
95	0,193	0,247	0,247	0,2474	0,1365	360	325	420	360
120	0,153	0,196	0,196	0,2385	0,1305	405	370	485	410
150	0,124	0,159	0,160	0,2319	0,1264	445	410	540	465
185	0,0991	0,127	0,128	0,2250	0,1230	495	460	615	530
240	0,0754	0,098	0,099	0,2160	0,1177	570	535	720	625

300	0,0601	0,078	0,080	0,2091	0,1139	630	600	815	715
400	0,0470	0,062	0,065	0,2021	0,1108	685	670	905	820
500	0,0366	0,050	0,053	0,1957	0,1081	750	745	1010	925

**ANEXO 2: FACTORES DE CORRECCIÓN DE LA CAPACIDAD DE
CORRIENTE RELATIVOS A LA RESISTIVIDAD TÉRMICA DEL SUELO**

Sección del conductor mm ²	Resistividad térmica del suelo °C cm/W								
	50	70	80	100	120	150	200	250	300
Cables multipolares con aislamiento termoplástico									
Hasta 25	1.18	1.10	1.07	1.00	0.95	0.89	0.80	0.74	0.69
35-95	1.24	1.12	1.08	1.00	0.94	0.87	0.77	0.70	0.65
120-300	1.25	1.13	1.08	1.00	0.93	0.86	0.76	0.69	0.64
Sistemas de cables unipolares con aislamiento termoplástico									
6-500	1.39	1.17	1.11	1.00	0.92	0.83	0.73	0.65	0.60
Cables multipolares con aislamiento de papel (NKY)									
Hasta 25	1.19	1.09	1.06	1.00	0.96	1.91	0.83	0.77	0.73
35-95	1.20	1.10	1.07	1.00	0.96	0.90	0.81	0.75	0.71
120-300	1.23	1.12	1.08	1.00	0.95	0.88	0.79	0.73	0.68
Sistema de cables unipolares con aislamiento de papel									
Hasta 25	1.25	1.13	1.07	1.00	0.97	0.91	0.84	0.78	0.74
35-95	1.26	1.14	1.08	1.00	0.97	0.90	0.83	0.76	0.72
120-300	1.28	1.16	1.09	1.00	0.97	0.89	0.81	0.74	0.70

**ANEXO 3: FACTORES DE CORRECCIÓN RELATIVOS A LA
TEMPERATURA DEL SUELO**

Máxima temperatura admisible de los conductores de cable °C	Temperatura del suelo °C									
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
80	1.12	1.08	1.04	1.00	0.96	0.91	0.87	0.82	0.76	0.71
75	1.13	1.09	1.05	1.00	0.95	0.9	0.85	0.79	0.73	0.67
70	1.14	1.09	1.05	1.00	0.95	0.89	0.84	0.77	0.71	0.63
65	1.15	1.1	1.05	1.00	0.94	0.88	0.82	0.75	0.67	0.58
60	1.16	1.11	1.06	1.00	0.93	0.87	0.79	0.71	0.61	0.5

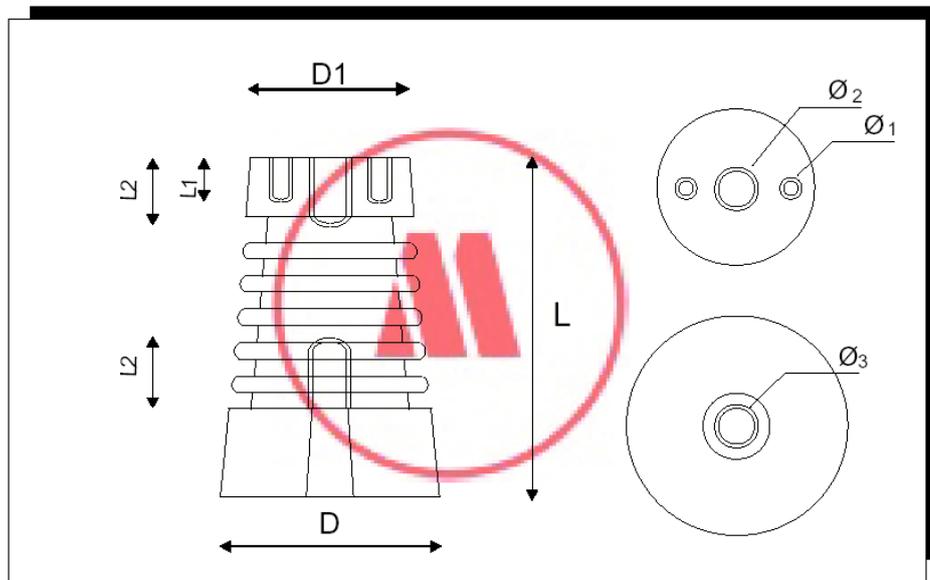
**ANEXO 4: FACTORES DE CORRECIÓN DE LA CAPACIDAD DE
CORRIENTE RELATIVOS A LA PROFUNDIDAD DEL TENDIDO**

Profundidad de tendido (m)	(Sección mm ²)	
	Hasta 300	Mayor 300
0.50	1.02	1.03
0.60	1.01	1.02
0.70	1	1
0.80	0.98	0.97
1.00	0.96	0.95
1.20	0.95	0.94
1.50	0.94	0.92

ANEXO 5: AISLADOR APE-C



AISLADOR SERIE APE-C (CONICOS)



	APE 3.6/75	APE 7.2/90	APE 12/120A	APE 12/120B	APE 17.5/160A	APE 17.5/160B	APE 24/200A	APE 24/200B	APE 36/300B
Vn	3.6	7.2	12	12	17.5	17.5	24	24	36
R	400	400	400	750	400	750	400	750	750
n	2	3	5	5	7	7	9	9	11
Ø1 (Pulg.)	1/4	1/4	1/4	3/8	1/4	3/8	1/4	3/8	3/8
Ø2 (Pulg.)	3/8	3/8	3/8	1/2	3/8	1/2	3/8	1/2	3/4
Ø3 (Pulg.)	1/2	1/2	1/2	5/8	5/8	5/8	5/8	3/4	5/8
D1 (mms.)	56	56	56	70	56	70	56	70	80
D (mms.)	64	67	70	84	73	84	78	92	100
L1 (mms.)	13	13	13	16	13	16	13	16	16
L2 (mms.)	16	22	22	22	22	22	22	22	22
Lf (mms.)	135	168	233	233	308	308	384	384	560
L (mms.)	75	90	120	120	160	160	200	200	300

Nota.- Los aisladores de la serie APE, llevarán un niple roscado en la parte superior. Los niples laterales se incluirán sólo a solicitud del cliente y sin costo alguno adicional.

Vn = Tensión nominal (Kv)
 R = Resistencia a la rotura (Kgf)
 n = Numero de aletas

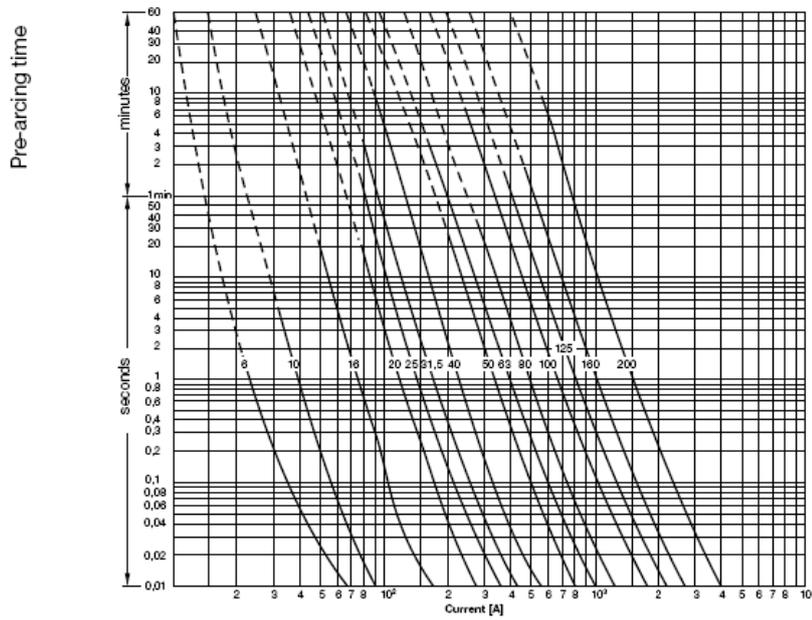
ANEXO 6: ESPECIFICACIONES DE FUSIBLES DE ALTO VOLTAJE

Ordering Code Numbers								
rated voltage	Dimension "e" according to DIN and IEC (mm)	rated current	VVC	VVT-D	VVT-E	Tube diameter "d" (mm)	weight	
U_n [kV]		[A]	Striker type 50N	Striker type 80N THERMO	Striker type 120N THERMO		[kg]	
6/12	192	2 A	004235103	004236103	004237103	53	1.1	
		4 A	004235104	004236104	004237104			
		6 A	004235105	004236105	004237105			
		10 A	004235106	004236106	004237106			
		16 A	004235107	004236107	004237107			
		20 A	004235108	004236108	004237108			
		25 A	004235109	004236109	004237109			
		32 A	004235110	004236110	004237110			
		40 A	004235111	004236111	004237111			
	50 A	004235112	004236112	004237112	68	1.7		
	2 A	004235003	004236003	004237003				
	4 A	004235004	004236004	004237004				
	6 A	004235005	004236005	004237005				
	10 A	004235006	004236006	004237006				
	16 A	004235007	004236007	004237007				
	20 A	004235008	004236008	004237008				
	25 A	004235009	004236009	004237009				
	32 A	004235010	004236010	004237010				
	40 A	004235011	004236011	004237011	68	2.8		
	50 A	004235012	004236012	004237012				
	63 A	004235013	004236013	004237013				
	80 A	004235014	004236014	004237014				
	100 A	004235015	004236015	004237015				
	125 A	004235016	004236016	004237016				
	160 A	004235017	004236017	004237017				
	2 A	004235503	004236503	004237503			53	2.3
	4 A	004235504	004236504	004237504				
	6 A	004235505	004236505	004237505				
	10 A	004235506	004236506	004237506				
	16 A	004235507	004236507	004237507				
	20 A	004235508	004236508	004237508				
	25 A	004235509	004236509	004237509				
	32 A	004235510	004236510	004237510				
	40 A	004235511	004236511	004237511	68	3.9		
	50 A	004235512	004236512	004237512				
	63 A	004235513	004236513	004237513				
80 A	004235514	004236514	004237514					
100 A	004235515	004236515	004237515					
125 A	004235516	004236516	004237516					
160 A	004235517	004236517	004237517					
200 A	004235518	004236518	004237518					
160 A	004235617	004236617	004237617	85			7.0	
200 A	004235618	004236618	004237618					
250 A	004235619	004236619	004237619					

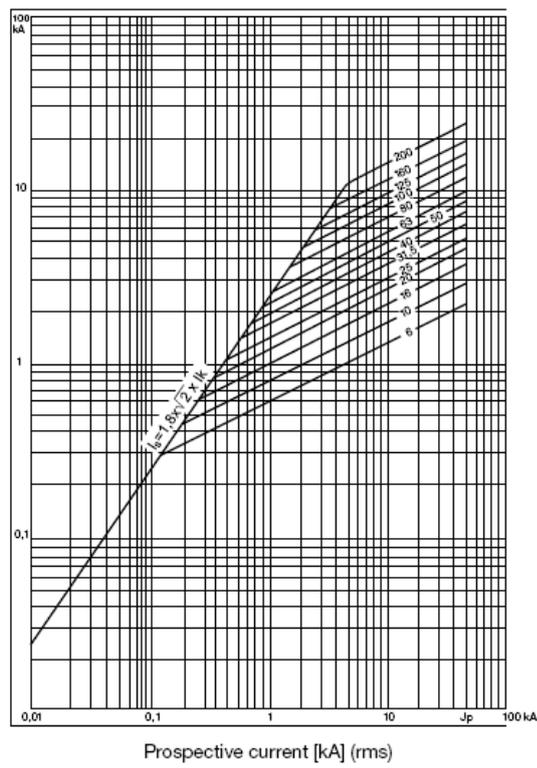
Note 1: Other ratings and dimensions can be supplied by customer request. For particular applications, please contact ETI technical team.
 Note 2: Blue colored types according to IEC 60282-1 dimensions.



ANEXO 7: CURVAS DE FUSIBLES PARA 10 kV



Maximum cut
of current
[kA] (peak)



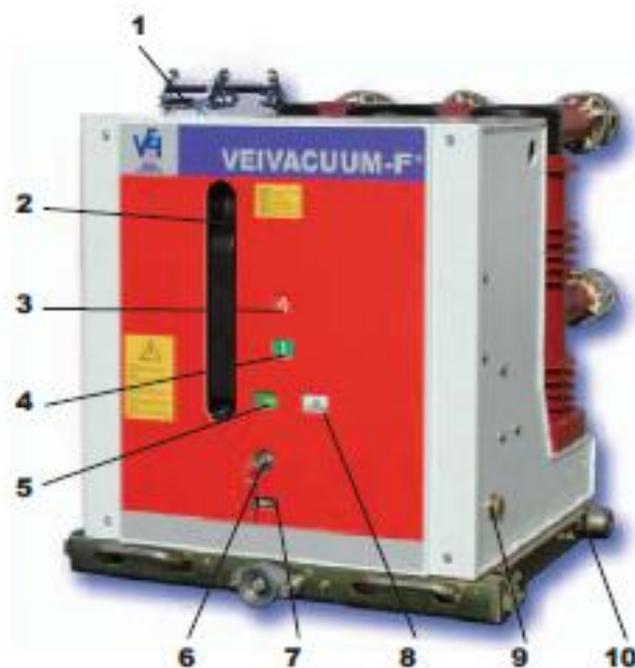
ANEXO 8: INTERRUPTOR DE VACIO



VEVACUUM-F

CARATTERISTICHE ELETTRICHE / ELECTRICAL FEATURES

Tensione nominale <i>Rated voltage</i>	Ur[kV]	12	17,5	24
Tensione di tenuta a frequenza industriale (50/60 Hz 1 min) <i>Dielectric withstand voltage to earth and between phases (50/60 Hz 1 min)</i>	Ud[kV]	28	38	50
Tensione nominale di tenuta ad impulso atmosferico <i>Impulse withstand voltage</i>	Up[kV]	75	95	125
Frequenza nominale <i>Rated frequency</i>	f[Hz]	50+60	50+60	50+60
Corrente nominale <i>Rated current</i>	In[A]	630-1250-2500	630-1250-2500	630-1250-2500
Potere di interruzione nominale <i>Rated breaking capacity</i>	Isc[A]	20-31,5	20-31,5	16-25
Corrente di breve durata 3 sec. <i>Rated short time withstand current 3 sec.</i>	Ik[kA]	20-31,5	20-31,5	16-25
Potere di stabilimento <i>Making capacity</i>	I _{ma} [kA]	50-80	50-80	40-63
Sequenza operazioni <i>Operation sequence</i>	-	O-0,3 s. -CO - 15 s. -CO	O-0,3 s. - CO - 15 s. -CO	-
Durata di apertura <i>Opening time</i>	[ms]	50	50	50
Durata d'arco <i>Arching time</i>	[ms]	7+12	7+12	7+12
Durata totale d'interruzione <i>Total breaking time</i>	[ms]	57+62	57+62	57+62
Durata di chiusura <i>Closing time</i>	[ms]	65	65	65
Temperatura ambiente normale di funzionamento <i>Normal ambient operating temperature</i>	[°C]	-5°...+40°	-5°...+40°	-5°...+40°



Interruttore a vuoto VEVACUUM-F
Withstand VEVACUUM-F circuit breaker

INTERRUPTORE

- 1 - Connettore spina
- 2 - Leva carica manuale
- 3 - Pulsante di apertura
- 4 - Pulsante di chiusura
- 5 - Indicatore di Aperto/Chiuso interruttore
- 6 - Blocco a chiave
- 7 - Contamanovre
- 8 - Indicatore di molle cariche/scariche
- 9 - Vite di messa a terra
- 10 - Camello

CIRCUIT BREAKER

- 1 - Connector (plug)
- 2 - Charged manual lever
- 3 - Opening pushbutton
- 4 - Closing pushbutton
- 5 - Open/Close indicator
- 6 - Key lock
- 7 - Operation counter
- 8 - Springs charged/discharged indicator
- 9 - Earthing screw
- 10 - Truck



ANEXO 9: RELÉ DE PROTECCIÓN DE SOBREENTENSIDAD



2.2 UNPACKING

The shipping container includes:

- IPR-A relay
- this instruction manual
- the fixing elements
- the Test certificate (if required)

As soon as you receive the unit, inspect it and inform ORION ITALIA of any damage. If reshipment is required, the original container and packing should be used.

2.3 MOUNTING

The mounting should be carried out as follows:

1. Install the relay in a place where the humidity and temperature are those for which it has been designed [→ § 1.7 – “Specification”] and away from current conductors and sources of strong magnetic fields.
2. Put the relay inside a panel and place it so that the keypad is easily accessible and the display is visible.
3. Make a cutout in the panelboard of 137 x 137 mm [→ Fig. 2.1] and fix the relay by using the fixing elements provided with the relay.

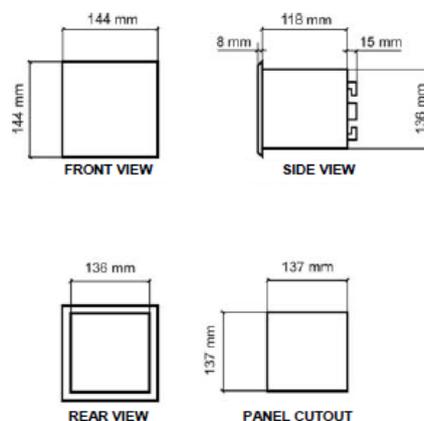


Figure 2.1 –IPR-A overall dimensions

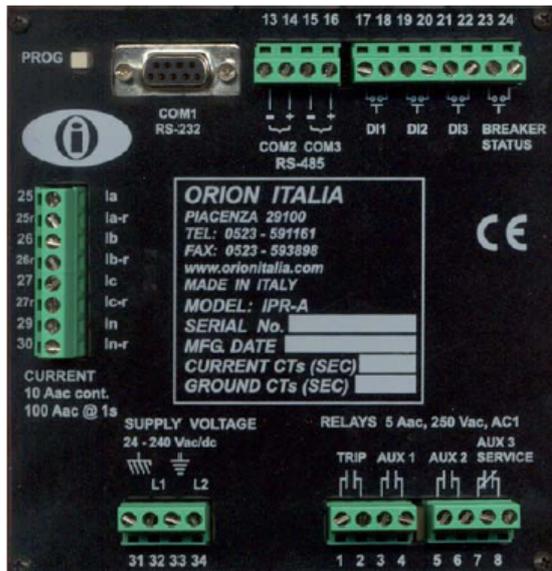
2.4 WIRING – OUTPUT RELAY AND DIGITAL INPUTS



Before carrying out the installation of the unit, it is necessary to read and understand the indications provided by the Constructor.

All the installation operations must be carried out by qualified personnel with adequate knowledge of the functioning of the unit and of the content of this manual.

Terminal blocks in the rear side of the unit make the electrical connections.



DIGITAL INPUT	TERMINALS No.
DIGITAL INPUT 1	17 – 18
DIGITAL INPUT 2	19 – 20
DIGITAL INPUT 3	21 – 22
BREAKER STATUS	23 –24

Figure 2.2 – Rear view

The 4 output relays on the IPR-A are the following:

Relay	Type	Note	Terminals
TRIP	N.O.	Programmable: "pulsed" or "latched"	1 - 2
AUX1	N.O.	Programmable: "pulsed" or "latched"	3 - 4
AUX2	N.O.	Programmable: "pulsed" or "latched"	5 - 6
AUX 3 - SERVICE	N.C.	Programmable: "pulsed" or "latched" [if set as SERVICE: used for signalling any control power drop or internal fault]	7 - 8

- In Fig. 2.3 the relays contacts are represented in condition of no power supply.
- Generally, the circuit breaker AUX 52a contact is connected in series to IPR-A TRIP contact for cutting the current to the coil. For high-absorption trip coils an auxiliary relay is needed.
- The service contact is failsafe: it reacts in case of control power drop or of internal fault of the unit. The contact is N.C.. Connect the SERVICE relay to an external alarm system. For configuring AUX3 relay as a service relay: → "Setpoint Page 2 - OUT OF SERVICE ON AUX3".



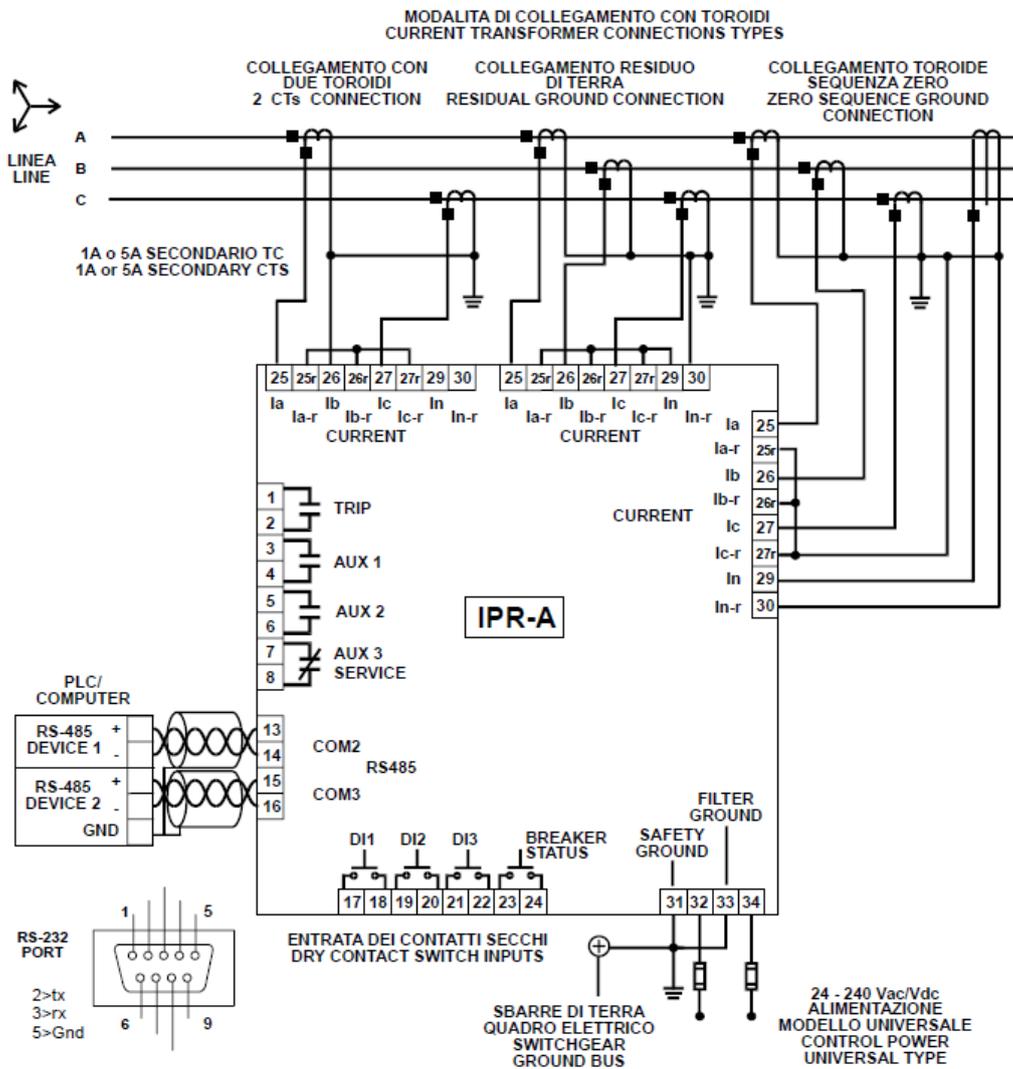
The digital inputs must be connected only to dry-contact circuits so as to avoid damaging the IPR-A. No external voltage should be applied to the corresponding terminals as they are internally energized from the IPR-A and opto-coupled to the sensing circuitry.

Digital outputs should be isolated from each other for correct operation. The maximum input impedance to these digital outputs is 2 kΩ.



The power supply must be connected to terminals 32 and 34.

ANEXO 10: MODO DE CONEXIÓN CON TRANSFORMADOR DE CORRIENTE TOROIDAL



ANEXO 11: VALORES DE TENSION EN LOS TABLEROS GENERAL Y DE CONTROL

TABLERO GENERAL HANGAR 1

FECHA	R	S	T
16/06/2011 19:50	225	226	225
16/06/2011 20:50	225	225	226
16/06/2011 22:00	225	225	225
16/06/2011 23:00	225	225	225
16/06/2011 0:00	223	223	224
17/06/2011 1:00	224	223	224
17/06/2011 2:00	225	224	224
17/06/2011 3:00	225	225	225
17/06/2011 4:00	225	225	225
17/06/2011 5:00	226	225	225
17/06/2011 6:00	225	225	225
17/06/2011 20:00	226	226	226
17/06/2011 21:00	226	226	225
17/06/2011 22:00	225	225	225
17/06/2011 23:00	225	225	225
18/06/2011 0:00	225	226	225
18/06/2011 1:00	225	225	225
18/06/2011 2:00	225	226	225
18/06/2011 3:00	225	226	225
18/06/2011 4:00	225	225	226
18/06/2011 5:00	225	224	225
18/06/2011 6:00	225	225	226
18/06/2011 20:00	226	225	226
18/06/2011 21:00	227	225	225
18/06/2011 22:00	225	226	228
18/06/2011 23:00	225	225	225
19/06/2011 0:00	225	223	223
19/06/2011 1:00	225	225	225
19/06/2011 2:00	225	225	225
19/06/2011 3:00	226	225	225
19/06/2011 4:00	225	226	225
19/06/2011 5:00	225	225	226
19/06/2011 6:00	225	225	225
19/06/2011 20:00	225	226	226
19/06/2011 21:00	225	225	225
19/06/2011 22:00	225	225	225
19/06/2011 23:00	225	225	225
20/06/2011 0:00	225	225	225
20/06/2011 1:00	224	225	225
20/06/2011 2:00	224	226	225
20/06/2011 3:00	224	225	226
20/06/2011 4:00	225	225	225
20/06/2011 5:00	225	225	225
20/06/2011 6:00	225	225	225
20/06/2011 20:00			
20/06/2011 21:00			
20/06/2011 22:00			
20/06/2011 23:00	225	225	226
21/06/2011 0:00	226	226	224
21/06/2011 1:00	225	226	225
21/06/2011 2:00	225	226	225

TABLERO DE CONTROL MD-125

FECHA	R	S	T
16/06/2011 19:50	220	220	219
16/06/2011 20:50	220	220	220
16/06/2011 22:00	219	218	220
16/06/2011 23:00	220	219	219
16/06/2011 0:00	220	220	220
17/06/2011 1:00	220	218	220
17/06/2011 2:00	220	220	220
17/06/2011 3:00	220	220	220
17/06/2011 4:00	220	219	220
17/06/2011 5:00	220	220	220
17/06/2011 6:00	219	220	218
17/06/2011 20:00	220	220	220
17/06/2011 21:00	219	219	220
17/06/2011 22:00	220	220	219
17/06/2011 23:00	218	220	220
18/06/2011 0:00	220	220	220
18/06/2011 1:00	220	220	220
18/06/2011 2:00	220	220	220
18/06/2011 3:00	220	220	219
18/06/2011 4:00	220	220	220
18/06/2011 5:00	220	220	220
18/06/2011 6:00	220	220	220
18/06/2011 20:00	220	218	220
18/06/2011 21:00	220	220	220
18/06/2011 22:00	218	218	220
18/06/2011 23:00	220	215	216
19/06/2011 0:00	220	220	218
19/06/2011 1:00	220	215	217
19/06/2011 2:00	220	220	218
19/06/2011 3:00	220	220	220
19/06/2011 4:00	220	220	220
19/06/2011 5:00	220	220	220
19/06/2011 6:00	220	220	220
19/06/2011 20:00	220	220	220
19/06/2011 21:00	220	218	220
19/06/2011 22:00	220	218	218
19/06/2011 23:00	218	217	218
20/06/2011 0:00	218	218	218
20/06/2011 1:00	220	220	220
20/06/2011 2:00	220	220	220
20/06/2011 3:00	220	220	220
20/06/2011 4:00	219	220	220
20/06/2011 5:00	220	220	220
20/06/2011 6:00	220	220	220
20/06/2011 20:00			
20/06/2011 21:00			
20/06/2011 22:00			
20/06/2011 23:00	221	221	220
21/06/2011 0:00	222	220	220
21/06/2011 1:00	220	220	220
21/06/2011 2:00	220	220	220

21/06/2011 3:00	226	226	227	21/06/2011 3:00	221	221	222
21/06/2011 4:00	225	228	225	21/06/2011 4:00	220	220	220
21/06/2011 5:00	225	225	226	21/06/2011 5:00	220	220	220
21/06/2011 6:00	228	226	226	21/06/2011 6:00	220	220	220
21/06/2011 20:00	225	225	225	21/06/2011 20:00	220	220	220
21/06/2011 21:00	225	226	225	21/06/2011 21:00	220	221	220
21/06/2011 22:00	224	223	225	21/06/2011 22:00	219	218	220
21/06/2011 23:00	222	224	224	21/06/2011 23:00	217	217	217
22/06/2011 0:00	221	221	221	22/06/2011 0:00	217	217	217
22/06/2011 1:00	221	221	221	22/06/2011 1:00	217	217	217
22/06/2011 2:00	225	225	225	22/06/2011 2:00	220	220	220
22/06/2011 3:00	227	227	226	22/06/2011 3:00	221	221	220
22/06/2011 4:00	218	220	219	22/06/2011 4:00	217	217	218
22/06/2011 5:00	219	219	220	22/06/2011 5:00	217	218	217
22/06/2011 6:00	217	217	217	22/06/2011 6:00	214	214	215
22/06/2011 20:00	233	233	232	22/06/2011 20:00	230	230	230
22/06/2011 21:00	225	224	224	22/06/2011 21:00	221	220	220
22/06/2011 22:00	225	225	222	22/06/2011 22:00	223	223	222
22/06/2011 23:00	225	226	226	22/06/2011 23:00	221	224	223
23/06/2011 0:00	225	224	222	23/06/2011 0:00	221	220	220
23/06/2011 1:00	225	224	223	23/06/2011 1:00	222	220	222
23/06/2011 2:00	232	233	232	23/06/2011 2:00	232	230	230
23/06/2011 3:00	225	225	224	23/06/2011 3:00	221	220	220
23/06/2011 4:00	223	224	224	23/06/2011 4:00	221	220	220
23/06/2011 5:00	224	223	223	23/06/2011 5:00	220	220	220
23/06/2011 6:00	224	224	224	23/06/2011 6:00	220	220	220
23/06/2011 20:00	224	223	224	23/06/2011 20:00	221	222	222
23/06/2011 21:00	233	235	233	23/06/2011 21:00	230	232	233
23/06/2011 22:00	225	225	225	23/06/2011 22:00	223	223	223
23/06/2011 23:00	226	225	225	23/06/2011 23:00	219	220	220
24/06/2011 0:00	224	224	225	24/06/2011 0:00	218	218	218
24/06/2011 1:00	223	224	223	24/06/2011 1:00	218	218	219
24/06/2011 2:00	225	224	224	24/06/2011 2:00	218	220	220
24/06/2011 3:00	223	223	225	24/06/2011 3:00	220	220	220
24/06/2011 4:00	224	223	224	24/06/2011 4:00	221	221	221
24/06/2011 5:00	224	223	223	24/06/2011 5:00	220	220	220
24/06/2011 6:00	225	224	224	24/06/2011 6:00	221	220	220

ANEXO 12: PROTECCION DE SOBRECORRIENTE

Es la protección con selectividad relativa que reacciona ante el aumento de la electricidad en un elemento protegido, es decir, se pone en acción cuando la corriente por el mismo supera un cierto valor preestablecido. Esta protección ha de asegurar la operación contra los cortocircuitos en las líneas o equipos y respaldo de las protecciones adyacentes en caso de fallar sus protecciones.

- **Usos de las protecciones de sobrecorriente**

Las protecciones de sobre corriente son mayormente utilizadas en redes de distribución radiales con voltajes entre 34.5kV y 115 kV, debido a que las mismas tienen un pequeño tiempo de respuesta y reposición rápida; además son sencillas, confiables y económicas, pero requieren ajustes al cambiar la configuración o la carga del sistema.

- **Tipos de relés de sobre corriente**

De acuerdo a su principio de funcionamiento los relés de sobre corriente se dividen en dos tipos:

A) Electromecánico, pueden ser de:

- a. Atracción electromagnética.
- b. Inducción electromagnética.

B) Electrónicos. Los relés de atracción electromagnética son de tiempo definido, o sea, el tiempo de operación es independiente de la magnitud de la corriente.

Estos, según su principio de funcionamiento, pueden ser:

- a. Relé de atracción de armadura.
- b. Relé de vástago.
- c. Relé rotacional.

En algunos esquemas, el retardo de tiempo es fijado por un relé de tiempo, conectado a los contactos de salida del relé de sobrecorriente. Se utilizan donde hay necesidad de coordinar con otros dispositivos, en particular, en corriente de falla que no varía apreciablemente en condiciones de máxima y mínima generación. Los relés de inducción electromagnética sólo se usan para la protección de circuitos alimentados con corriente alterna.

Su principio de funcionamiento se basa en la interacción magnética entre el flujo magnético de las bobinas y las corrientes inducidas en un disco de material magnético. Esta protección es de tiempo inverso, por lo que las mismas actúan más rápido, mientras mayor sea la corriente de cortocircuito.

El relé estático o electrónico, pueden ser de tiempo inverso o de tiempo definido, debido a que su principio de funcionamiento se basa en el empleo de dispositivos semiconductores, que realizan la comparación de la corriente a partir de la forma de la señal de entrada y su posterior procesamiento en los órganos del relé. De acuerdo con el procesamiento de señales los relés electrónicos pueden ser:

- Relés de sobre corriente con señales analógicas.
- Relés de sobre corriente con señales discretas.

ANEXO 13: VARIADOR DE FRECUENCIA

El variador de frecuencia o variador de velocidad, es un elemento empleado en equipos que requieren funcionar con velocidades variables, equipos mayormente usados en la industria moderna, los cuales necesitan de un control preciso de velocidad para que su funcionamiento y productividad sea el adecuado.

El variador de velocidad como su nombre lo indica varia la velocidad de los equipos (motores) y convierte en magnitudes variables las magnitudes fijas de tensión y frecuencia. Este elemento esta controlado por un microprocesador de alta tecnología, que lo hace fiable y versátil, fácil de instalar, y tiempo de respuesta a señales de mando rápido y repetible



Ilustración: Variador de velocidad

INSTALACION Y AJUSTE DEL VARIADOR DE VELOCIDAD

El variador de frecuencia, se ubica dentro del gabinete principal junto con los otros elementos de control, este equipo es el encargado de establecer y fijar la frecuencia de trabajo del motor durante todo el proceso de extrusión.

En la parte baja de la figura se pueden notar los cables de conexión, por un lado el cableado desde los tacos de poder y por otro la conexión hacia el motor eléctrico trifásico de la maquina extrusora.

Cada una de las fases del cable de poder del motor se conectan en los bornes marcados con las letras U, V y W a la derecha en la parte baja del variador; seguido se conecta el cable de alimentación a los bornes indicados con las letras L1, L2, L3 a la izquierda en la parte baja del variador. El cable de poder del variador va directamente al taco de conexión trifásica.

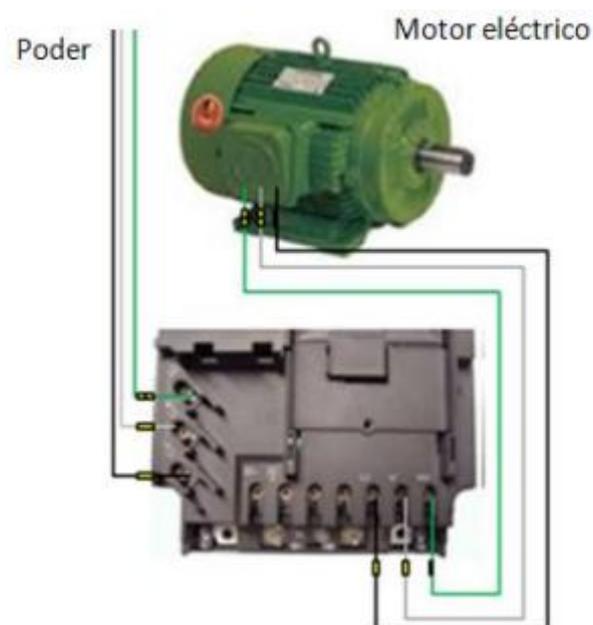
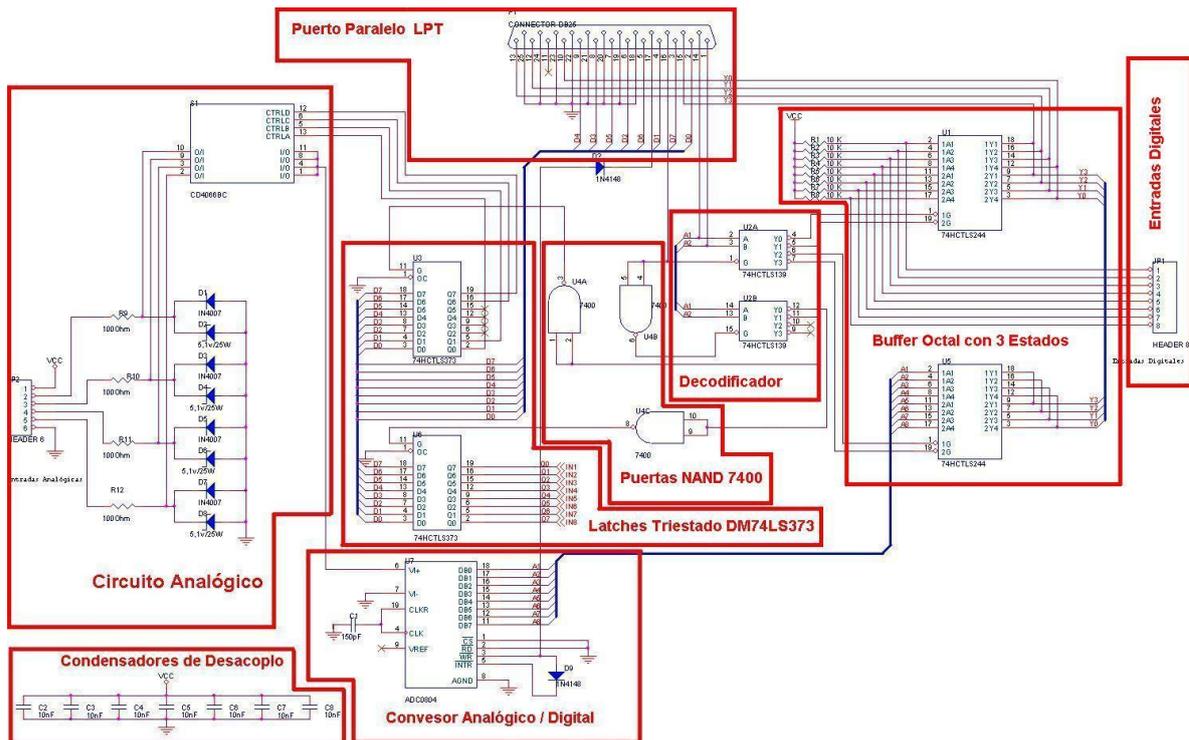


Ilustración: Cableado motor – variador de frecuencia

ANEXO 14: TURBOMEZCLADORES – CIRCUITOS DE CONTROL ELECTRONICO Y AUTOMATIZACION

El circuito de control es la parte más delicada de la controladora, ya que se encarga de controlar las entradas (Puerto LPT, Entradas Analógicas, Entradas Digitales y circuito de potencia) y las salidas (Salidas Digitales).



La forma de manejar esta controladora es mediante un ordenador utilizando algún lenguaje de programación (Por ejemplo.: C, Visual Basic, Logo).

El circuito de control de la controladora CNICE está dividido en varios bloques que más adelante serán explicados en profundidad:

El primer bloque es el circuito analógico que sirve para poder manejar componentes analógicos de baja potencia por ejemplo una resistencia LDR. Este bloque está formado por cuatro entradas analógicas A0 a A3, cuyo valor es regulado por el dispositivo de entrada hasta un máximo de 5 voltios.

El segundo bloque es el circuito digital que se puede dividir en otros bloques de nivel inferior:

- Bloque de control de habilitaciones: es el encargado de activar y desactivar las habilitaciones de los integrados.
- Bloque de control de datos: esta parte del circuito se encarga de manejar los datos de entrada y de salida. En este bloque también entraría los conectores de entrada y de salida de datos (ocho entradas digitales E0 a E7, cuyo valor lógico pasa de 0 a 1 cuando se conectan a 5 voltios y ocho salidas digitales S0 a S7, de valor 0 ó 5 voltios).

Componentes

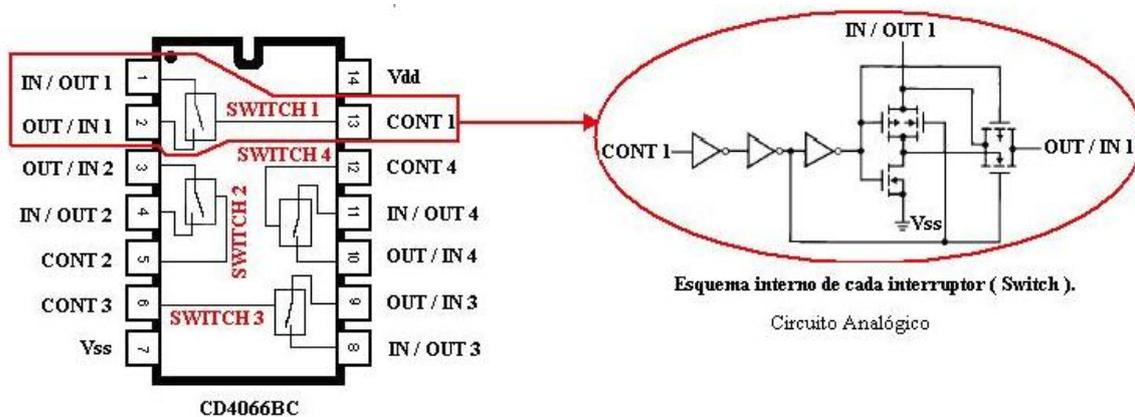
- Circuito Analógico: En el circuito analógico nos encontramos con 4 entradas analógicas en las que podremos conectar cualquier dispositivo analógico:
 - Resistencias: Limitan la corriente de entrada a los diodos y al Switch, estas resistencias son 1/2W y de un valor de 100 ohmios.
 - Diodos rectificadores: Son utilizados para proteger al circuito de corrientes inversas.
 - Diodos Zener 5,1v: Es un elemento estabilizador, el cual entra en funcionamiento cuando la tensión zener es superior a 5,1v. Por lo tanto en esta parte del circuito, el diodo zener mantendría la tensión de 5,1v cuando haya tensiones superiores. Si en el circuito analógico hay una tensión inferior a la tensión zener entonces existirá la tensión que se esté aplicando.

- CD4066bc: Este circuito integrado es un switch para la transmisión o multiplexación de señales analógicas o digitales. El Switch tiene 8 patillas de Entrada/Salida. En este caso las entradas analógicas son OUT/IN y las salidas IN/OUT.

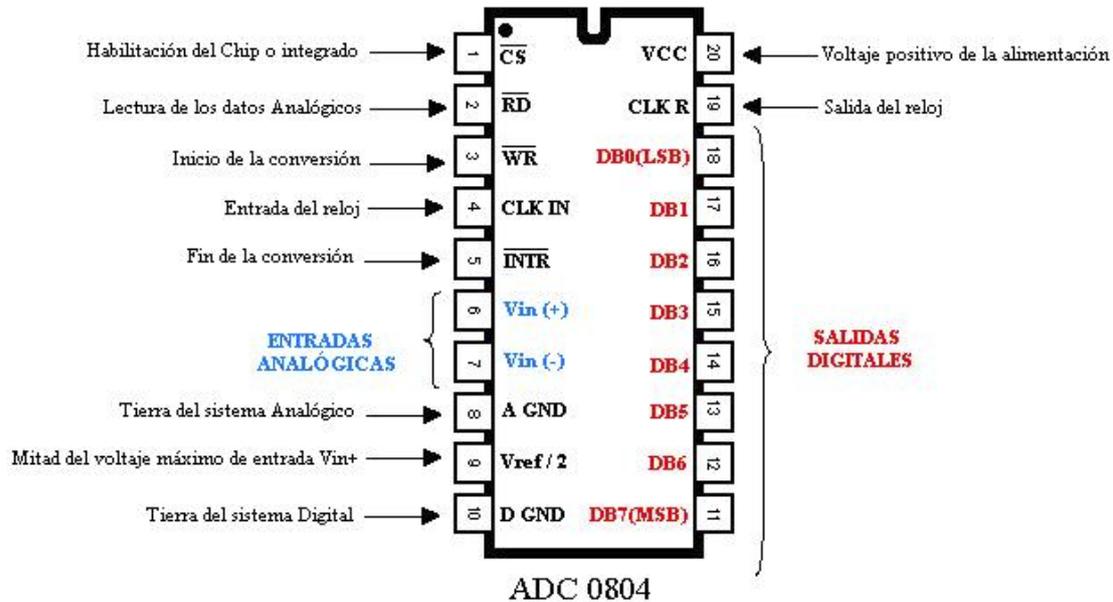
Las salidas analógicas se unen para formar una única señal analógica que será la que vaya al conversor analógico/digital.

Las entradas de control las utilizaremos para seleccionar el switch que queremos habilitar, es decir, con las entradas de control activaremos la entrada donde estará conectado el dispositivo analógico.

Si observamos este circuito integrado, no es más que una serie de interruptores internos que son activados o desactivados dependiendo de nuestras necesidades.



- Conversor A/D ADC0804: Este circuito integrado es parte analógico y parte digital. Su función es convertir la señal analógica que viene del Switch en una señal digital en código binario de 1 byte o, lo que es lo mismo, 8 bits.



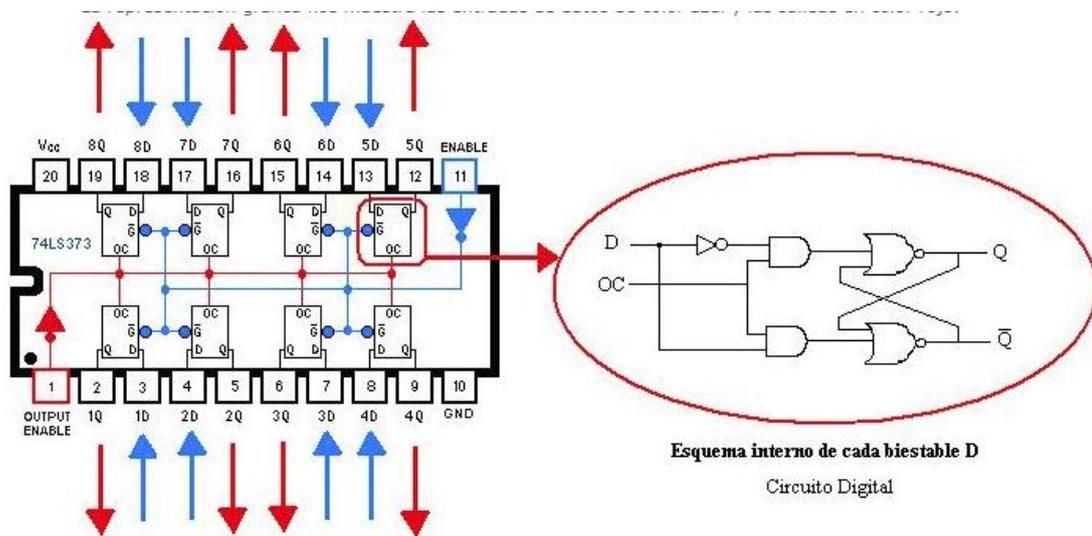
- CS y RD son habilitados a nivel bajo cuando hay un 0 en su entrada. Por lo tanto estás dos patillas irán conectadas directamente a masa, esto quiere decir que el chip siempre está habilitado o activado y continuamente lee los datos analógicos que hay en su entrada siempre que los haya.
- WR y INTR también son habilitados a nivel bajo. Para la activación del inicio y del fin de la conversión se conecta la patilla de inicio (WR) a una patilla del puerto paralelo, de esta forma el dará la orden de conversión. Esta conexión está separada mediante un diodo rectificador. Los dos pines de inicio y fin de la conversión también están separados por un diodo rectificador. El objetivo de los dos diodos rectificadores es evitar corrientes inversas en el caso de que se produzca la unión de alguna línea por error.
- CLK IN y CLK R son, respectivamente, la entrada y salida del reloj.
- Vin + y Vin - son la entradas analógicas que emplearemos para que el valor de entrada de un dispositivo analógico sea convertido en un valor digital.
- A GND y D GND el primero es la tierra del circuito analógico y el segundo es la tierra del circuito digital.

- $V_{ref} / 2$ es la referencia del voltaje máximo de entrada.
- V_{cc} voltaje positivo de la alimentación.
- DB0..DB7 son las salidas digitales.
- Puerto Paralelo (LPT): La conexión al puerto paralelo de la impresora del PC es un conector DB de 25 contactos hembra que se utilizará para la transmisión de los datos a la controladora.
- El puerto paralelo esta compuesto de 8 líneas de datos, 4 líneas de entrada y 4 líneas de control y el resto de las líneas son masa.

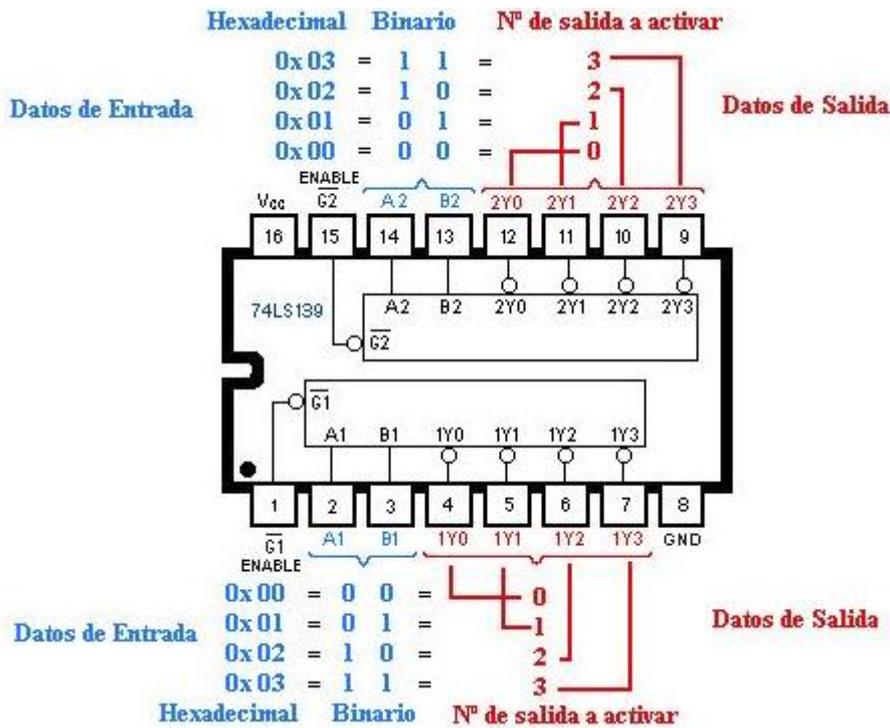


Latches Triestado DM74LS373: este integrado está compuesto por biestables D, esto quiere decir que el dato que tenemos en la entrada lo obtendremos a la salida. La entrada G negada (es la G con una línea encima), cuando está activada (1), permite la transmisión de los datos de las entradas del Latch a las salidas. La entrada OC, cuando está activada (0), habilita las salidas, cuando se encuentra desactivada (1) las salidas se encuentran en alta impedancia. La activación de la entrada OC se realiza a bajo nivel (0). Las salidas siempre están activadas y lo que se controla es el Enable G para pasar los datos solo cuando se haya escrito en el puerto.

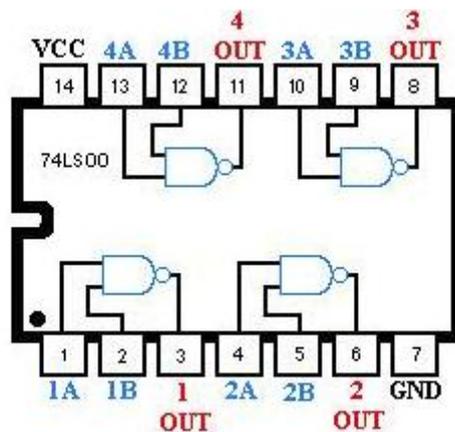
La representación gráfica nos muestra las entradas de datos de color azul y las salidas en color rojo.



- Decodificador: permite ampliar las líneas de control, que solo son 4. A la entrada del decodificador le enviaremos un dato en código hexadecimal que varía de 0 a 3, si el código a enviar es 2 se activará la salida 2 y si le enviamos el código 0 se activará la salida 0 y así sucesivamente.



- Puertas NAND 7400: La función de las puertas es multiplicar el dato en binario e invertir el resultado, por ejemplo 1 x 1 es 1 negado es 0, por lo tanto a la salida de la puerta tendríamos un 0. Las puertas son útiles debido a que existe una serie de componentes que se activan o habilitan con ceros y no con unos. Un ejemplo son los latch triestados (Biestables D), que habilitan la parte baja del codificador.



- Condensadores de desacoplo: Hay 7 condensadores de desacoplo que son utilizados para evitar ruidos y los picos de tensión que se puedan llegar a producir en las patillas de alimentación de cada integrado, de esta forma evitamos que los integrados se puedan llegar a deteriorar.
- Buffer Octal con 3 estados de salida 74LS244: En esta parte del circuito se conectan las entradas digitales (están conectadas a través de las resistencias Pull-up, para limitar la corriente de entrada).

Estos buffers tienen dos señales de habilitación para activar las cuatro salidas de menor peso o las otras cuatro de mayor peso.

Las 4 señales de salida (Data out) coinciden con las cuatro líneas de entrada al puerto paralelo (patillas 10,12,13 y 15 o Y0, Y1, Y2, Y3) así, el dato de entrada, ya sea de un sensor, un pulsador, etc, entrará por el puerto paralelo para que el usuario pueda operar con él. Cuando el usuario termina de operar con el dato mediante un lenguaje de programación, éste es reenviado por el puerto paralelo LPT para su transmisión por la salida de datos.

