

**UNIVERSIDAD NACIONAL “SAN LUIS GONZAGA”**

**VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN**

Facultad de Ingeniería Mecánica Eléctrica y Electrónica



Diseño de subestación eléctrica 16 MVA expansión de planta  
de termoformado 3 San Miguel Industrias Pet Cercado de Lima

**LINEA DE INVESTIGACION**

Ciencias Naturales, Ingeniería y Tecnologías Sostenibles

**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL**

**PARA OBTENER EL TITULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA**

Autor:

Bruno Darío Medina Uribe

Asesor:

JOSE DEMETRIO MORALES VALENCIA

**Ica – Perú**

**2024**

## **DEDICATORIA**

Este trabajo de suficiencia profesional está dedicado a:

Mis padres quienes siempre dieron lo mejor de sí para que yo pudiera salir adelante y cumplir mis objetivos.

A mi madrina Raffaella Uribe que siempre me apoyo en muchos aspectos y que sin ellos no hubiera sido posible este trabajo

## **AGRADECIMIENTO**

A mi abuela Marianella Ferreyra Guzmán quien siempre me trato como su propio hijo y me apoyo incondicionalmente en todas las etapas de mi vida hasta el último de sus días.

A la Universidad Nacional San Luis Gonzaga quien se convirtió en mi segunda casa, así como también a muchos de sus docentes que hoy en día me sirven sus enseñanzas.

A mi asesor el Ingeniero José Morales quien gracias a su dirección y enseñanza me permitieron el desarrollo de este trabajo.

## INDICE DE CONTENIDO

<b>Índice de tablas</b>	<b>VI</b>
<b>índice de figuras</b>	<b>VII</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>VIII</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>IX</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>10</b>
<b>a.1 ¿Qué es el termoformado del plástico?</b>	<b>10</b>
<b>a.2 Tipo de termoformado</b>	<b>11</b>
<b>a.3 Materiales utilizados en el termoformado</b>	<b>12</b>
<b>a.4 Proceso de diseño en el termoformado</b>	<b>12</b>
<b>a.5 Aplicaciones del termoformado</b>	<b>15</b>
<b>a.6 Aplicaciones del termoformado en la industria</b>	<b>15</b>
<b>CAPITULO I: CONTEXTO EN EL QUE SE DESARROLLO LA EXPERIENCIA</b>	<b>17</b>
1.1 MARCO INSTITUCIONAL	17
1.1.1 Razón Social	17
1.1.2 Rubro	17
1.1.3 Ubicación	19
1.1.4 Ubicación Geográfica	20
1.1.5 Funciones del área	20
1.1.6 Visión	21
1.1.7 Misión	21
1.1.8 Propósito	21
1.2 OBJETIVO	21
1.3 ORGANIGRAMA	22
1.4 FUNCIONES DEL ÁREA	22
<b>CAPÍTULO II: TRAYECTORIA PROFESIONAL</b>	<b>23</b>

2.1	EXPERIENCIA PROFESIONAL	23
<b>CAPITULO III: APLICACIÓN PROFESIONAL</b>		<b>25</b>
3.1	CONTEXTO LABORAL.	25
3.2	DETERMINACIÓN Y ANÁLISIS DEL PROBLEMA.	25
3.3	PROYECTO DE SOLUCIÓN.	30
3.4	EVALUACIÓN DEL PROYECTO	32
3.4.1	Alcances del Proyecto [6], [7]	32
3.4.2	Cálculos Justificativos de conductor [8]	32
3.4.3	Cálculo de la subestación [2]	35
3.4.3.2	Cálculo de barras en la subestación	36
3.4.4	Especificaciones técnicas	38
3.4.4.1	Subestación Eléctrica [8]	38
3.4.4.2	Equipamiento electromecánico	38
3.4.5	Celdas en 24.0 KV – Tipo DM1C	39
3.4.6	Relé Sepam – S20	40
3.4.7	Cargador - Rectificador	40
3.4.8	Ambiente de transformación – 20 KV	40
3.4.9	Transformadores de potencia	41
3.4.10	Sistema de puesta a tierra	42
3.4.11	Sistema de alimentación	42
3.4.12	Tendido del cable directamente enterrado	43
3.4.13	Tendido del cable en ductos de concreto	43
3.4.14	Cinta de señalización	43
3.4.15	Terminal para el cable tipo corto	44
3.4.16	Equipo de protección para maniobras en media tensión	44
3.5	COSTO REAL DEL PROYECTO	45
<b>CAPITULO IV: REFLEXIÓN CRITICA DE LA EXPERIENCIA</b>		<b>46</b>
4.1	ANÁLISIS DE RESULTADOS	46
4.2	APORTES A LA INSTITUCIÓN.	46
<b>CONCLUSIONES</b>		<b>47</b>
<b>RECOMENDACIONES</b>		<b>48</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>		<b>49</b>
<b>ANEXOS</b>		<b>50</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla I. SUMINISTROS ELÉCTRICOS SMI</b>	25
<b>Tabla II. CUADRO DE CARGAS PROYECCIÓN 2025</b>	28
<b>Tabla III. COSTO REAL DEL PROYECTO</b>	45

## INDICE DE FIGURAS

Fig. 1 Proceso de termoformado	13
Fig. 2 Máquina de termoformado	13
Fig. 3 Máquinas de termoformado	14
Fig. 4 Máquina para proceso de termoformado	14
Fig. 5 Materiales para termoformado	14
Fig. 6 Planta de proceso de termoformado	15
Fig. 7 Botellas	18
Fig. 8 Preformas	18
Fig. 9 Tapas	18
Fig. 10 Envase de termoformado	19
Fig. 11 Laminado	19
Fig. 12 Ubicación Geográfica. Fuente: Google Earth	20
Fig. 13 Planta matriz: San Miguel Industrias Pet S.A. Fuente: Google Maps	20
Fig. 14 Planta de llenado	21
Fig. 15 Organigrama	22
Fig. 16 SSEE 1A Máxima Demanda	26
Fig. 17 SSEE 1B Máxima Demanda	27
Fig. 18 SSEE 1C Máxima Demanda	27
Fig. 19 SSEE 1D Máxima Demanda	28
Fig. 20 Layout General SMI	29
Fig. 21 Ingreso Subestación eléctrica 1F	30
Fig. 22 Tableros baja tensión Subestación eléctrica 1F	31
Fig. 23 Tableros baja tensión Subestación eléctrica 1F continuación	31
Fig. 24 Subestación eléctrica 1F	32

## **RESUMEN**

El alcance de este informe de suficiencia profesional abarca toda el diseño y la planificación para la ejecución de una subestación eléctrica con capacidad de 16MVA para poder satisfacer la necesidad de crecimiento de la planta de termoformado de San Miguel Industrias PET.

Para el desarrollo de este fue necesaria la recolección de datos y evaluar una proyección hasta el año 2025, luego realizar los cálculos y cerrar con la ingeniería de detalle para iniciar con la compra de equipos y contratación para ampliar la potencia contratada con la que contábamos.

Al término de la instalación y puesta en marcha de esta subestación la empresa tendrá la capacidad suficiente para suplir la necesidad de energía eléctrica y no ver afectada su producción y crecimiento.

**Palabras Claves:** Diseño, subestación eléctrica, planta de termoformado

## **ABSTRACT**

The scope of this professional proficiency report covers the entire design and planning for the execution of an electrical substation with a capacity of 16MVA to satisfy the growth need of the San Miguel Industrias Pet thermoforming plant.

For its development, it was necessary to collect data and evaluate a projection until 2025, then carry out the calculations and close with the detailed engineering to begin with the purchase of equipment and contracting to expand the contracted power that we had.

Upon completion of the installation and commissioning of this substation, the company will have sufficient capacity to meet the need for electrical energy and its production and growth will not be affected.

**Keywords:** Design, Electrical substation, thermoforming plant

## INTRODUCCIÓN

San Miguel Industrias PET (tereftalato de polietileno). es una empresa líder en la región andina, centro américa y en el caribe en la fabricación de envases rígidos plásticos, hoy en la actualidad la sede matriz de Perú viene creciendo continuamente en la fabricación de envases y recipientes en materiales como de PET (Tereftalato de polietileno) y PP (Polipropileno) ya que el mercado de estos recipientes ha ido en aumento los últimos años, claro ejemplo de esto son los deliveries de los restaurantes del país, los cuales sufrieron un considerable aumento de demanda por la pandemia que atravesamos y a día de hoy seguimos atravesando, así mismo también envases para la exportación de frutas como los arándanos y otros casos más como la reciente promulgación de la ley 30884 promulgada a fines del año 2021 la cual prohíbe la comercialización y uso de Tecnopor. Todas estas han forzado a las pequeñas, medianas y grandes empresas a buscar otras alternativas en el mercado para no verse afectadas.

Dicho esto, la planta de termoformado de San Miguel Industrias PET en adelante SMI, como proyección estratégica de crecimiento está apostando por la inversión en este rubro, aumentando el tamaño y capacidad de su actual planta de termoformado y que surgió sin una proyección tan grande de la que se tiene ahora, contando actualmente con más de 10 líneas de producción y se proyecta a montar 6 líneas termoformadoras más este 2022. Esto esta desencadenando en un déficit de suministro de energía eléctrica para la planta y un grave problema si no se logra solucionar para cuando las máquinas lleguen a Perú. Al no tener la capacidad para el funcionamiento de estas, generará graves pérdidas económicas para la empresa.

### **a. Bases teóricas**

#### **a.1 ¿Qué es el termoformado del plástico?**

[1] afirma que el termoformado es un proceso de fabricación de plásticos que utiliza calor y moldes para formar láminas termoplásticas para producir la pieza final.

Los materiales termoformables más utilizados incluyen ABS, poliestireno, policarbonato y PETG. La elección del material depende del proyecto de producción y de las propiedades requeridas para el producto final.

El termoformado se aplica a productos agrícolas, farmacéuticos, bienes de consumo y electrodomésticos. Utilizado en diversas industrias, como la fabricación de materiales de embalaje. También se utiliza para fabricar piezas duraderas, como piezas de aviones, equipos de manipulación de materiales, interiores de automóviles y dispositivos médicos [1].

Una de las ventajas del termoformado es la capacidad de producir paquetes grandes y pequeños a bajo costo. también, amplia gama de termoplásticos permite la fabricación rápida de artículos de alta calidad. Sin embargo, existen algunas limitaciones en el proceso. Estas incluyen la restricción a diseños de paredes delgadas, espesor desigual y dificultades para fabricar piezas con geometrías complejas [1].

## **a.2 Tipo de termoformado**

### **Conformación al vacío [2]:**

Durante el conformado al vacío, las láminas termoplásticas como HDPE, PET, PP, ABS, PVC o PC se calientan a una temperatura de conformado específica. A continuación, la tabla se estira hasta formar un molde de una sola cara y se prensa bajo un fuerte vacío. Este tipo de termoformado es ideal para producir objetos permanentes como señales de tráfico, parachoques y autopartes. También es adecuado para materiales transparentes como el acrílico comúnmente utilizado en aplicaciones aeroespaciales. El conformado al vacío, por un lado, produce piezas con dimensiones estables y una estética de alta calidad.

Esto puede parecer un proceso sencillo, pero puede causar problemas. La absorción de humedad puede provocar la formación de burbujas en el plástico, lo que puede debilitarlo significativamente. Para evitar este problema, es necesario dejar secar el plástico durante un tiempo prolongado antes de termoformar. Problemas como rayas también pueden ocurrir por sobrecalentamiento o moho demasiado grande o demasiado juntos. Sin embargo, estos problemas se pueden prevenir controlando cuidadosamente la temperatura y prestando atención a los detalles. Además, hay casos en los que el producto moldeado se pega al molde, lo que se puede evitar inclinando el molde más de 3 grados.

### **Formación a presión [2]:**

El moldeo por compresión es un proceso similar al moldeo al vacío, pero en lugar de utilizar vacío, se utiliza aire comprimido para forzar una lámina de plástico caliente a entrar en un molde.

En este caso, se añade una caja de presión en el lado sin forma de la placa. Además del vacío en el lado de la matriz, se aplican hasta 60 PSI (libras por pulgada cuadrada) de presión de aire al lado sin formar de la placa. Esta presión adicional garantiza detalles nítidos en piezas termoformadas. El moldeo produce piezas similares al moldeo por inyección, pero los costos de herramientas son menores. Debido a que con este método se aplica alta presión, las piezas con detalles claros y texturas variadas se fabrican en una sola pieza. Esto lo hace ideal para la producción de conjuntos de varias piezas, carcasas y dispositivos médicos. Este proceso también requiere menos tiempo de diseño y herramientas, lo que lo convierte en una opción eficiente y sencilla para producir prototipos y productos pequeños.

### a.3 Materiales utilizados en el termoformado

En el termoformado se utiliza una variedad de materiales, cada uno con propiedades físicas únicas adecuadas para aplicaciones específicas. Aquí están los seis más comunes [2]:

- 1. Acrilonitrilo Butadieno Estireno (ABS):** Proporciona excelente resistencia al impacto, buena procesabilidad y altas cualidades estéticas. También tiene un buen efecto sobre pinturas y adhesivos durante trabajos secundarios. Son económicos y vienen en una variedad de colores y texturas. Se utiliza para carcasas, fundas, repuestos de automóviles, asientos, etc. [2].
- 2. Poliestireno de alto impacto (HIPS):** Tiene excelente resistencia al impacto, excelente procesabilidad y estabilidad dimensional. También tiene excelentes cualidades estéticas y responde bien a pinturas y adhesivos en aplicaciones secundarias. Este material económico se utiliza para piezas estructurales, piezas prototipo, casas, tiendas de campaña, contenedores, etc. Utilice [2].
- 3. Polietileno de alta densidad (HDPE):** Un material liviano, no tóxico y de baja higroscopicidad. Tiene una excelente resistencia química y a la corrosión, así como una excelente resistencia al impacto. También funciona bien a bajas temperaturas. Componentes de techo UTV, cajas de baterías, cajas de almacenamiento y más. Utilice [2].
- 4. Cloruro de polivinilo (PVC):** Tiene alta resistencia a la corrosión, resistencia química y bajo precio. Además, es autoextinguible y resistente a temperaturas extremas y golpes. Se utilizan en cerramientos, embalajes, contenedores y muchas otras aplicaciones [2].
- 5. Tereftalato de polietileno (PET):** un material reciclado muy transparente y económico. Son livianos y se utilizan en una amplia gama de aplicaciones, como señalización, expositores minoristas, bandejas y embalajes [2].
- 6. Poliolefina Termoplástica (TPO):** excelente resistencia al impacto, resistencia química y resistencia al frío. Se utiliza para materiales de interior y exterior, máscaras de pintura y exteriores de automóviles [2].

Estos materiales termoformables ofrecen una variedad de propiedades y propiedades adecuadas para una variedad de aplicaciones industriales y comerciales. La elección del material adecuado depende de los requisitos específicos del proyecto y de los requisitos del componente final [2].

### a.4 Proceso de diseño en el termoformado

El proceso de diseño para el termoformado implica varios pasos y requiere una planificación cuidadosa para garantizar resultados óptimos. En primer lugar, es importante definir el propósito del producto y las características de diseño requeridas. Allí se deben realizar análisis de materiales y evaluaciones de viabilidad de producción a gran escala [2].

Una vez determinadas las especificaciones, se crea un modelo virtual del producto utilizando un software de diseño asistido por computadora (CAD). Este modelo se puede modificar y modificar según sea necesario antes de continuar con el siguiente paso [2].

Los prototipos a escala real se crean utilizando tecnología de impresión 3D u otros métodos similares. Este prototipo se puede evaluar en términos de diseño y funcionalidad, y se pueden realizar cambios antes de la producción a gran escala [2].



**Fig. 1 Proceso de termoformado**

Existen varias máquinas termoformadoras diferentes, cada una diseñada para una aplicación específica.



**Fig. 2 Máquina de termoformado**

## Máquinas de termoformado

- MANUAL**
  - Ideales para operaciones a pequeña escala o prototipos.
  - Control directo del operador.
- SEMIAUTOMÁTICAS**
  - Características manuales y automáticas.
  - Producciones de volumen medio.
- AUTOMÁTICAS**
  - Producción a gran escala.
  - Mínima intervención humana.
  - Eficiencia, consistencia y precisión.
- ROTATIVAS**
  - Sistema rotativo para formar el plástico.
  - Rápidas y eficientes.
  - Altos volúmenes de producción.



Fig. 3 Máquinas de termoformado



Fig. 4 Máquina para proceso de termoformado



Fig. 5 Materiales para termoformado

### a.5 Aplicaciones del termoformado

Empaques y embalaje, agricultura, automotriz, medicina, construcción, electrónica, entre otros.

#### **Innovaciones en termoformado:**

Uso de bioplástico y materiales reciclados

Impresión 3D para moldes y robots para mejorar la eficiencia

**Desafíos actuales:** Aprovechar los materiales recuperados para fabricar nuevos productos



**Fig. 6 Planta de proceso de termoformado**

### a.6 Aplicaciones del termoformado en la industria

- El termoformado tiene amplias aplicaciones en diversos campos. A continuación, se muestran ejemplos de las aplicaciones más populares del termoformado y las industrias que las utilizan.
- **Automoción y transporte:** el termoformado se utiliza ampliamente en la producción de piezas interiores y exteriores de automóviles. Esto incluye el tablero, paneles de puertas, parachoques, spoilers, ventanas, asientos, etc. Incluye los siguientes componentes: Estas piezas están fabricadas con materiales como ABS, que pueden soportar altas temperaturas y presiones. Las industrias automotrices y de transporte se benefician de la eficiencia y versatilidad del termoformado [2].
- **Dispositivos y equipos médicos:** El termoformado es ideal para fabricar dispositivos y equipos médicos debido a su capacidad para crear piezas esterilizables resistentes, livianas y precisas. Las aplicaciones en esta área incluyen carcasas para dispositivos médicos como audífonos, ventiladores y desfibriladores, así como componentes para camas de hospital, contenedores, contenedores y embalajes estériles. El termoformado

desempeña un papel importante en la industria médica, proporcionando soluciones seguras y confiables [2].

- **Empaques y exposición:** También se utiliza habitualmente en la industria del embalaje y exposición. Se utiliza en la producción de películas, blísteres, palets de plástico y expositores para puntos de venta. Se utilizan materiales como PETG, HIPS y PVC para proporcionar transparencia y resistencia al impacto. Este método de producción permite la creación de envases atractivos y funcionales para alimentos, bebidas y otros productos, así como expositores que distingan los productos en el punto de venta [2].
- **Dispositivos eléctricos y electrónicos:** El termoformado es una solución ideal para la fabricación de componentes eléctricos y electrónicos. Se utiliza para fabricar carcasas de computadoras, gabinetes de control, paneles de control, gabinetes protectores y componentes de refrigeración. Estas piezas deben tener las cualidades ligeras, resistentes al calor y precisas que puede proporcionar el termoformado. La industria de equipos eléctricos y electrónicos se beneficia de las capacidades de termoformado para producir de manera eficiente piezas de alta calidad [2].
- **Bienes de consumo:** este proceso es rentable para fabricar bienes de consumo con piezas complejas y tolerancias estrictas. Se utiliza para fabricar juguetes, artículos deportivos y muebles. Los ejemplos incluyen automóviles con control remoto, bloques de construcción, cascos, equipos de protección, muebles y armas. El termoformado puede crear productos atractivos y duraderos que cumplan con los estándares de calidad requeridos por los fabricantes de bienes de consumo [2].
- **Bienes de consumo:** este proceso es rentable para fabricar bienes de consumo con piezas complejas y tolerancias estrictas. Se utiliza para fabricar juguetes, artículos deportivos y muebles. Los ejemplos incluyen automóviles con control remoto, bloques de construcción, cascos, equipos de protección, muebles y armas. El termoformado puede crear productos atractivos y duraderos que cumplan con los estándares de calidad requeridos por los fabricantes de bienes de consumo [2].
- **Equipos industriales:** Se utilizan en la producción de paneles, techos, interiores de automóviles, cerramientos para rociadores, contenedores de suministros, componentes acústicos y cubiertas de iluminación. Estas aplicaciones demuestran la versatilidad del termoformado en la creación de prototipos y fabricación de piezas de precisión para una variedad de industrias [2].

## **CAPITULO I: CONTEXTO EN EL QUE SE DESARROLLO LA EXPERIENCIA**

### **1.1 MARCO INSTITUCIONAL**

#### **1.1.1 Razón Social**

La razón social de la empresa donde se desarrolla esta experiencia es San Miguel Industrias PET, empresa perteneciente al grupo Intercorp con Registro único de contribuyente N° 20513320915.

#### **1.1.2 Rubro**

La empresa está dedicada a la fabricación de envases rígidos y al reciclaje en distintos materiales como polipapel, polipropileno, poliestileno y PET. Dentro de los principales envases que produce son:

- Preformas
- Botellas
- Envases de termoformado
- Láminas
- Tapas, entre otros.

Las tecnologías disponibles de la empresa, junto con procesos de fabricación eficientes, le permiten producir contenedores de alta calidad de diversos tamaños y formas para satisfacer las necesidades de los clientes. En este sentido, gracias a nuestro énfasis en la innovación, la seguridad y la durabilidad, nos hemos ganado la confianza de marcas famosas en el país y en el extranjero. Además del compromiso con la calidad del producto, la empresa también se preocupa por la protección del medio ambiente. Para ello, nos comprometemos a adoptar prácticas responsables de gestión de residuos y alentar a las comunidades locales a reciclar envases de PET. Por tanto, contribuye a reducir la huella ecológica.

**Botellas:** Nuestras botellas se adaptan a las necesidades de nuestros clientes y sirven a una variedad de mercados manteniendo el liderazgo en la industria. Ofrecemos llenado en frío y en caliente para cualquier plástico que necesite, incluidos PET, HDPE, LDPE y PP.



**Fig. 7 Botellas**

**Preformas:** Nuestra gama de preformas de PET está aprobada por la FDA y empresas líderes de la región. Actualmente ofrecemos preformas de resina pura y reciclada para llenado en frío y en caliente en todos los colores y acabados deseados por nuestros socios estratégicos.



**Fig. 8 Preformas**

**Tapas:** Nuestros productos básicos forman parte de las soluciones completas de embalaje que ofrecemos a todos los socios estratégicos de la región. Proporcionamos tapas en diferentes colores y funcionamiento claro según los requisitos del cliente.



**Fig. 9 Tapas**

**Termoformado:** Las máquinas termoformadoras de última generación nos permiten brindar soluciones de empaque a los mercados de carne y frutas que cumplen con los estándares alimentarios globales y la aprobación de la FDA.



**Fig. 10 Envase de termoformado**

**Laminado:** Nuestras laminadoras le permiten complementar perfectamente su proceso de termoformado con placas aprobadas por la FDA con un peso de hasta 800 kg.



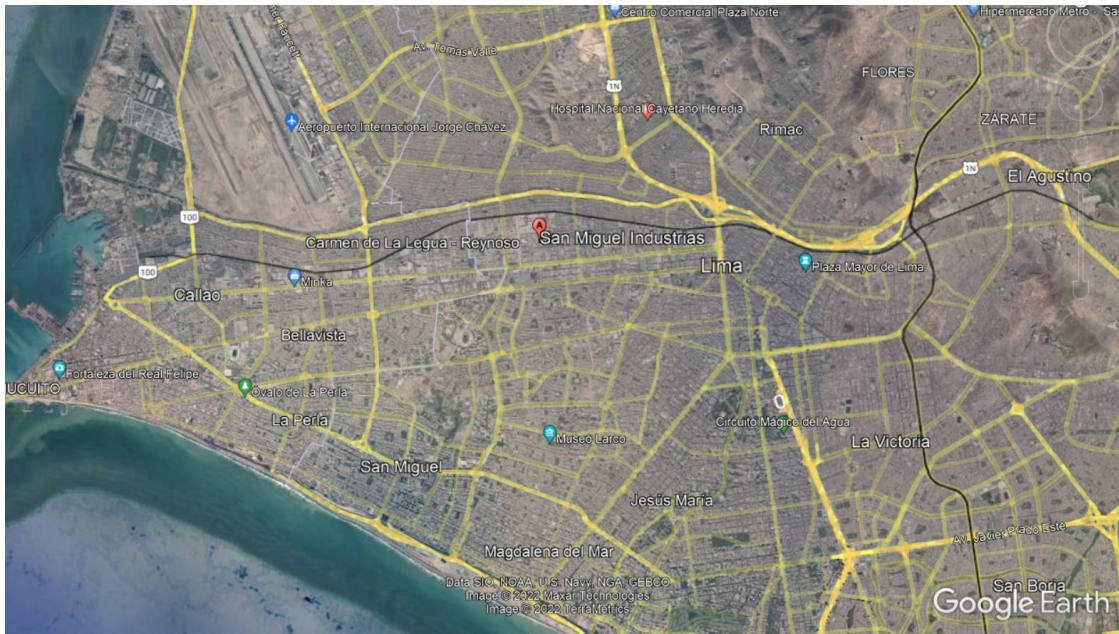
**Fig. 11 Laminado**

### **1.1.3 Ubicación**

La empresa cuenta con operaciones en 10 países a nivel de Latinoamérica con sede Matriz en Perú. Actualmente algunos de los principales países con los que también cuenta operación son México, El Salvador, Colombia, Ecuador, Chile y Argentina.

### 1.1.4 Ubicación Geográfica

La Planta matriz se encuentra en Avenida Materiales 2354 cercado de Lima. A continuación, una imagen con mejor referencia de esta.



**Fig. 12 Ubicación Geográfica. Fuente: Google Earth**



**Fig. 13 Planta matriz: San Miguel Industrias Pet S.A. Fuente: Google Maps**

### 1.1.5 Funciones del área

El cargo que desempeño en la empresa es la de Ingeniero Junior de Proyectos, en este puesto me dedico específicamente a la planificación y control de la ejecución de los distintos proyectos que la empresa tiene en curso. Dentro de esto se considera el diseño e ingeniería de redes eléctricas, de agua, aire entre otras a fin de brindar y cumplir con los mejores plazos para los stakeholders y usuarios finales quienes serán beneficiados con estos proyectos.

### **1.1.6 Visión**

Ser una organización global atemporal, socialmente responsable y enfocada en el desarrollo profesional y ético de nuestros empleados.

### **1.1.7 Misión**

Ofrecer bebidas y alimentos saludables que toda la familia puede disfrutar en el mercado global, con calidad y competitividad internacional.

### **1.1.8 Propósito**

Dedicamos todo nuestro espíritu emprendedor al fuego de un futuro próspero.

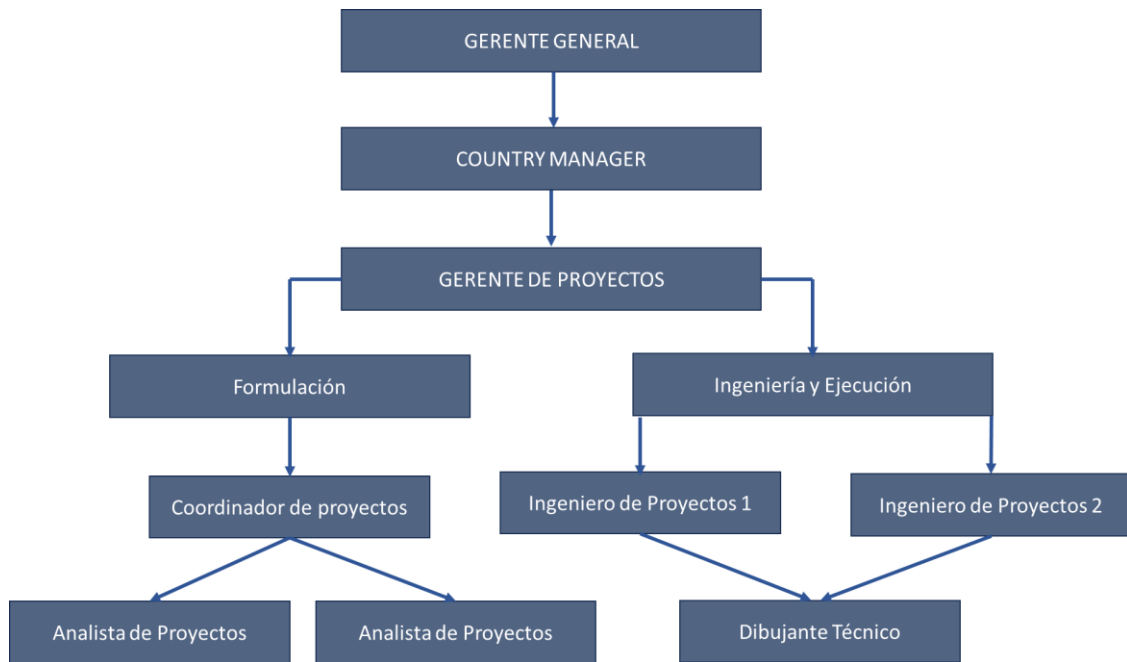
## **1.2 Objetivo**

El proyecto tiene como objetivo plantear una solución para el abastecimiento eléctrico de las nuevas cargas a instalar pertenecientes a las nuevas líneas de producción para la ampliación de la planta de termoformado 3 de SMI de forma integral permanente y confiable.



**Fig. 14 Planta de llenado**

### 1.3 Organigrama



**Fig. 15 Organigrama**

### 1.4 Funciones del área

El área de proyectos es la encargada de evaluar técnica y económicamente las distintas inversiones que la empresa está interesada en implementar para satisfacer aumentos de producción o nuevas líneas de negocio en el mercado, así mismo de hacer la planificación y ejecución de los mismos, siendo encargada de las coordinaciones con las áreas usuarias, interesadas, desarrollo de ingenierías y planes de trabajo para la ejecución de estos.

## CAPÍTULO II: TRAYECTORIA PROFESIONAL

### 2.1 Experiencia Profesional

La experiencia profesional se desarrolla desde antes del término de las clases universitarias, es decir desde la etapa preprofesional y que en orden cronológico se desarrollada:

**a) San Miguel Industrias PET S.A.** (junio 2021 – Actualidad)

Cargo: Ingeniero Junior de proyectos (mayo 2022 – Actualidad)

Cargo: Asistente de proyectos (junio 2021 – abril 2022)

Soporte Desarrollo de proyectos estratégicos de ingeniería en la división de producción de plásticos, con manejo de CAPEX mayores a 4M USD, alcanzando aumento de volumen de producción anual.

Principales aportes:

- Participación en inicio, planificación, ejecución, seguimiento-control y cierre de los principales proyectos
- Implementación y Montaje de sopladora Sidel Matrix SBO6.
- Inyectora Husky HYPET 500 HPP molde 144 cav.
- Implementación y Montaje de sopladora Lineal 1blow
- Montaje de Anillos de Aire, redes de agua fría, arranque de compresores, etc.
- Licitaciones de servicios para montaje electromecánico y gestión de Solicitudes de pedido y órdenes de compra.
- Planteamiento y diseño de ingeniería básica para nuevos proyectos.
- Uso de SAP, Autocad y herramientas de ofimática.

**b) ICSK Ingeniería y construcción Sigdo Koppers S.A.C.**

Cargo: Asistente de Planeamiento (agosto 2020 – junio 2021)

Análisis y estudio de proyectos de ingeniería y construcción para minería e industria, elaboración de cronogramas en primavera P6, estrategias de construcción, histogramas de personal directo e indirecto, Curva S, distribución de recursos, metrados, S10 costos y presupuestos.

Principales aportes:

- Adjudicación de concurso para construcción de proyectos de ampliación para proyecto Toromocho Chinalco.

Cargo: Asistente de Presupuestos E&I (Julio 2019 – marzo 2020)

Análisis y estudio de proyectos de ingeniería y construcción para minería e industria, elaboración de presupuestos, aplicación de diseño de ingeniería básica (malla a tierra,

iluminación, diagramas unifilares, análisis de montaje de líneas de transmisión, diseño de instalaciones eléctricas), metrados, S10 costos y presupuestos, Dialux.

Principales aportes:

- Adjudicación de concurso para construcción de proyectos de ampliación para proyecto Toromocho Chinalco.
- Adjudicación de proyecto de sistema de bombeo de agua para minera Las Bambas Apurímac.

**c) Luz del Sur S.A.A.** (mayo 2018 – mayo 2019)

Cargo: Practicante de Elaboración de Presupuestos y Control de obras.

Análisis de proyectos para la atención de clientes menores a 50 kW y desafectación de redes en DMS, sobrecarga de llaves y subestaciones, reforma y ampliación de redes BT y MT. Elaboración de expedientes para maniobras en BT, factibilidades de punto de entrega en BT con software tipo GIS, elaboración de permisos municipales para autorización de obras en vía pública, coordinación con personal contratista y distintas áreas de la empresa.

Principales aportes:

- Reducir órdenes fuera de plazo hasta su eliminación, seguimiento diario de ejecución de obras para evitar fuera de plazos y/o reclamos acordes a la NTCSE.
- Elaboración de indicadores sobre principales motivos de paralización a fin de capacitar mejor a los clientes a través de fonoluz y área comercial y evitar posibles retrasos en sus solicitudes.
- Reportes a jefatura y programación de atención de órdenes sobre clientes corporativos.

**d) Ceyesa Ingeniería Eléctrica S.A.C.** (diciembre 2017 – mayo 2018)

Cargo: Practicante Asistente de Ventas

Elaboración de cotizaciones y selección de equipos eléctricos BT para la industria tales como PLC, variadores, interruptores, refrigeradores para tableros, etc. Uso de SAP BO para cotizaciones, órdenes de compra y seguimiento de proyectos de venta, coordinaciones con logística y almacén para solicitar pedidos y su posterior envío al cliente.

Principales aportes:

- Seguimiento a nuevos clientes para fidelizarlos con la empresa.
- Mejora en la implementación de software en selección de refrigeradores para gabinetes.

## CAPITULO III: APLICACIÓN PROFESIONAL

### 3.1 Contexto laboral.

San Miguel Industrias PET (SMI) es una empresa líder en la fabricación de envases rígidos plásticos a través de procesos tales como de reciclado, inyección de plástico, soplado de botellas, extrusión y termoformado de láminas, actualmente se encuentra iniciando la ampliación de su planta de termoformado 3, esto para el área comercial de la empresa es un avance significativo en su crecimiento en el mercado actual, sin embargo a nivel de operación para la implementación significa un problema para el área de proyectos debido a que esto no estaba contemplado en un corto plazo originando que las actuales subestaciones con las que cuenta la planta no sean capaces de satisfacer la máxima demanda que estas cargas necesitarán. Sin embargo, se tienen que cumplir con los plazos e hitos que la empresa se ha dispuesto a implementar estos. El área de proyectos está planteando más de una solución a este problema, dando finalmente por determinado solicitar a Enel S.A.A. un nuevo suministro eléctrico para la planta o solicitar la ampliación de uno de los existentes, así mismo el diseño y la construcción de una nueva subestación eléctrica de capacidad nominal de 16 MVA.

### 3.2 Determinación y análisis del problema.

Actualmente en la planta de SMI matriz se cuenta con 5 subestaciones eléctricas y 4 suministros como cliente libre a través de la empresa Kallpa Generación S.A. tal como muestra la siguiente tabla

**Tabla I. SUMINISTROS ELÉCTRICOS SMI**

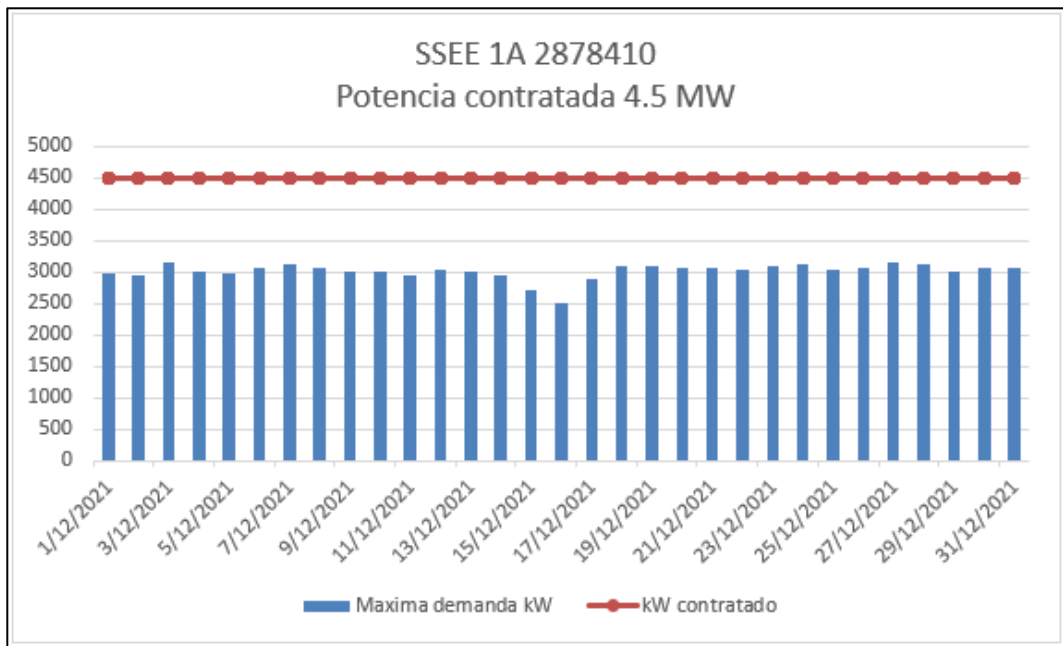
<b>N° Suministro</b>	<b>Potencia Aprobada por Enel distribución (KW)</b>	<b>Potencia Contratada con Kallpa Generación (KW)</b>
1725618	4900	
2878403	3800	
2878410	4500	17000
3032385	6000	

Si nos detenemos a observar el plano layout general actual de la planta (Figura 20), las subestaciones técnico económicamente factibles para alimentar estas nuevas cargas serían las subestaciones 1C y 1D que actualmente alimentan la planta de soplado, la nave 4 de inyección y la subestación eléctrica 1E ya que se encuentran más cerca de la planta de

termoformado, por otro lado también se cuenta con otras 3 subestaciones 1A, 1B y 1E. Alimentar las cargas de alguna de estas subestaciones no sería factible por los siguientes motivos: [3]

**Alimentación desde la Subestación 1A:**

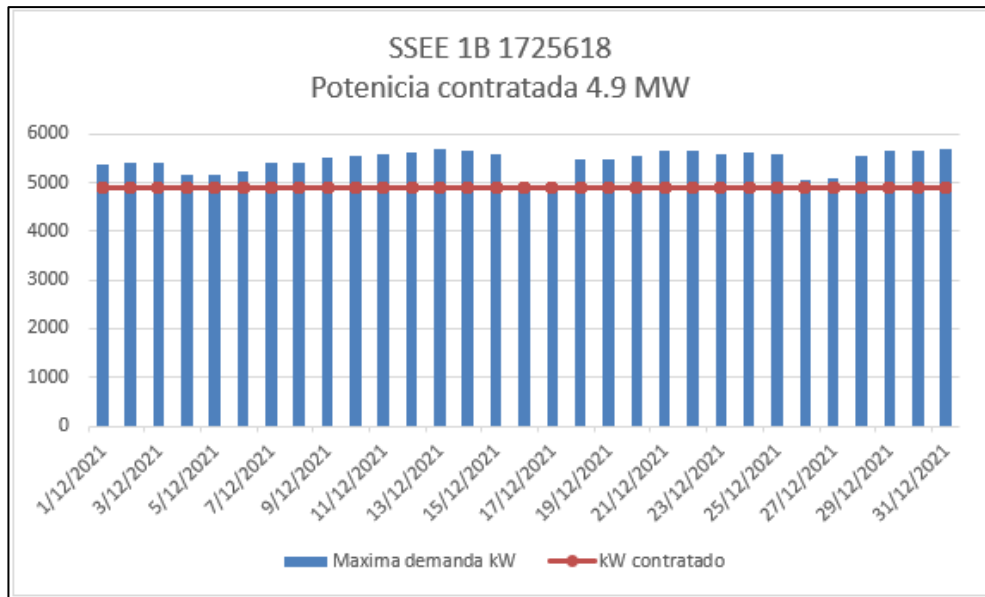
Actualmente se encuentra muy alejada de la planta de termoformado, si se quiere alimentar de las cargas de aquí, implicaría un costo más elevado para las canalizaciones, suministros y tendidos de cables. Además de que la proyección que se tiene para ambas plantas es la seguir creciendo, aumentando nuevas líneas de producción y por ende sus cargas eléctricas. Por consiguiente, la subestación 1A no está apta para estas condiciones futuras en un corto y mediano plazo. [4]



**Fig. 16 SSEE 1A Máxima Demanda**

**Alimentación desde la subestación 1B:**

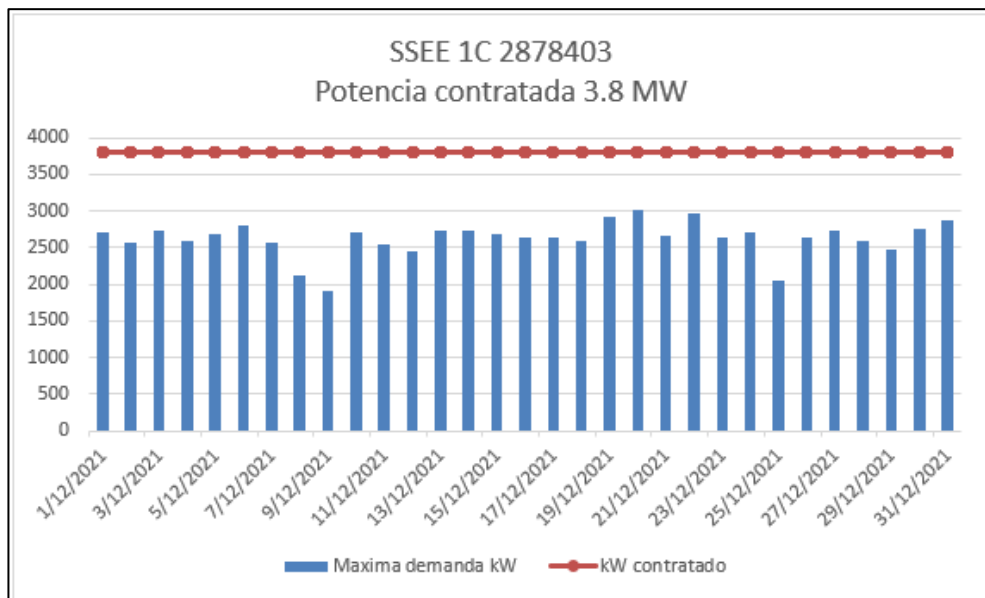
De igual forma que la subestación 1A, esta se encuentra muy alejada de la planta de termoformado además de que esta está destinada a alimentar la planta de inyección, por lo que por un tema de mantener un orden en la topología de la red eléctrica de SMI no sería factible, si deseamos por temas prácticos obviar el orden y alimentar de aquí las nuevas cargas tampoco es factible debido a que la máxima demanda de la SSEE 1B se encuentra por encima de la potencia contratada en las horas pico del mes. [5]



**Fig. 17 SSEE 1B Máxima Demanda**

**Alimentación desde la Subestación 1C:**

Técnicamente esta es una de las mejores opciones dentro de las subestaciones que se tienen actualmente en la planta para suplir nuestras necesidades, sin embargo, no es suficiente. Si bien es cierto esta SSEE se encuentra cerca de la planta de termoformado lo que resulta en un costo menor para la distribución de alimentadores y canalizaciones, la máxima demanda de esta actualmente se encuentra a 800 kW de la potencia contratada por lo que no cuenta con la energía suficiente para alimentar nuestras nuevas cargas [5].

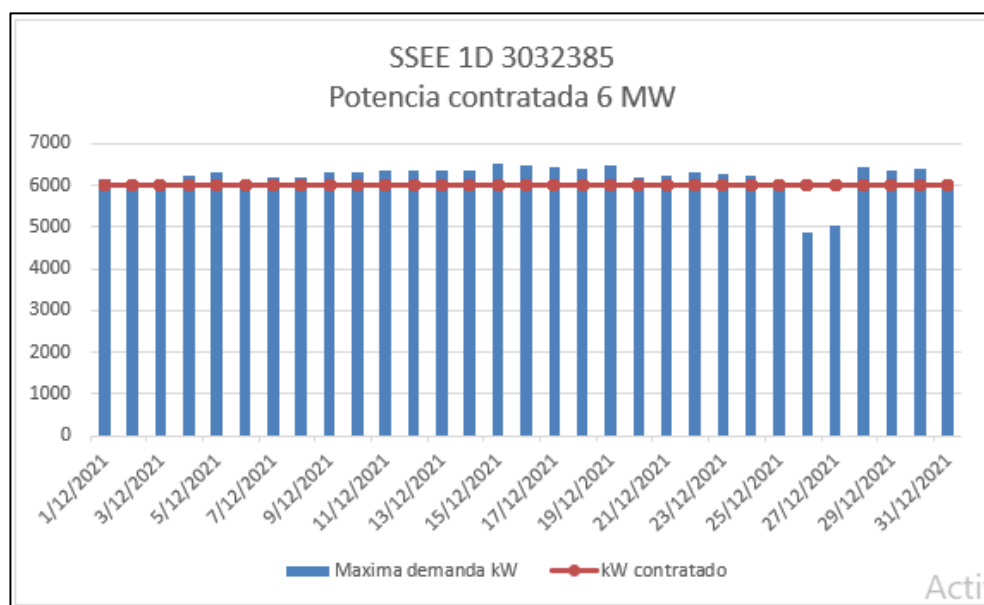


**Fig. 18 SSEE 1C Máxima Demanda**

**Alimentación Eléctrica desde la subestación 1D:**

Esta subestación actualmente se encuentra muy sobrecargada, teniendo en cuenta que para el corto plazo 2022 se está requiriendo una carga disponible de más de 1MW (ver tabla

2.2.6), la SSEE no cuenta con el suministro eléctrico suficiente para satisfacer esta demanda [5].



**Fig. 19 SSEE 1D Máxima Demanda**

**Alimentación Eléctrica desde la subestación 1E:**

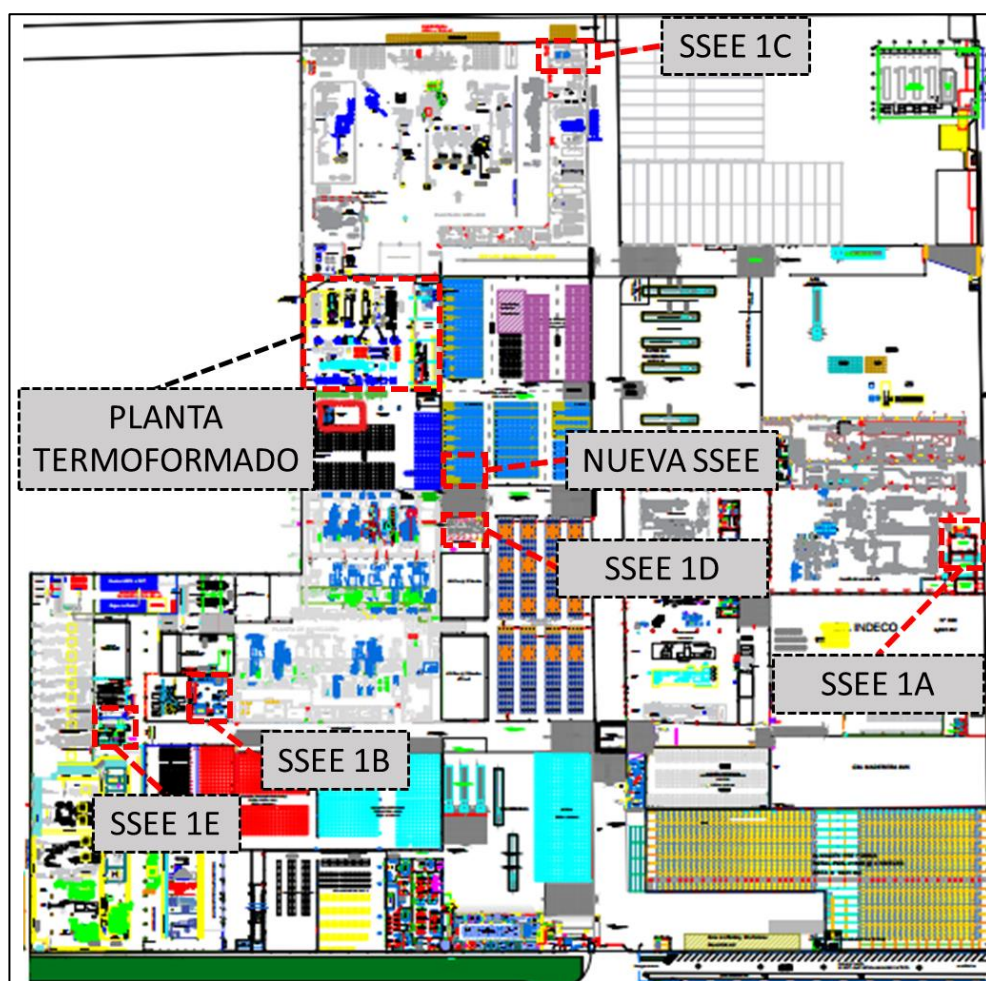
Esta subestación es alimentada desde la subestación 1D, por lo que tampoco sería factible alimentar nuestras nuevas cargas desde esta SSEE además de que también se encuentra lejana a la planta de termoformado [5].

**Tabla II. CUADRO DE CARGAS PROYECCIÓN 2025**

AÑO	ESTADO	TERMOFORMADO	KW (440V)	KW (380V)
2022	Proyectada	CM3	35	294
	Proyectada	WM	22	175
	Proyectada	M60	180	
	Proyectada	ABTECH	20	
	Proyectada	AXON	50	
	Proyectada	COMPRESOR DE AIRE 1	75	
	Proyectada	COMPRESOR DE AIRE 2	75	
	Proyectada	CHILLER 1	135	
	Existente	KIEFEL	175	
	Existente	CHENG MEI 1		270
	Existente	CHENG MEI 2		270
	Existente	LITAI 1		110
	Existente	LITAI 2		100
	Existente	OTRAS CARGAS	350	
2023	Proyectada	CM4	35	294
	Proyectada	CM5	35	294
	Proyectada	M60	180	
	Proyectada	WM	22	175

**CUADRO DE CARGAS PROYECCIÓN 2025 (CONTINUACIÓN)**

AÑO	ESTADO	TERMOFORMADO	KW (440V)	KW (380V)
2023	Proyectada	COMPRESOR 1	75	
	Proyectada	CHILLER 1	100	
	Proyectada	KASE	20	
2024	Proyectada	CM6	35	294
	Proyectada	M60	180	
	Proyectada	ABTECH	20	
	Proyectada	COMPRESOR	75	
	Proyectada	CHILLER	135	
	Proyectada	CM7	35	294
2025	Proyectada	CM8	35	294
	Proyectada	M60	180	
	Proyectada	ETIQUETADORA	20	
	Proyectada	COMPRESOR	75	
	Proyectada	CHILLER	135	
<b>SUB TOTAL</b>			<b>2509</b>	<b>2864</b>
<b>TOTAL</b>			<b>5373</b>	



**Fig. 20 Layout General SMI**

### 3.3 Proyecto de solución.

Dada la cantidad de cargas proyectadas para la planta hasta el año 2025, ninguna subestación y suministro existente en ese entonces en la planta contaba con las condiciones para satisfacer esta necesidad. Por lo que se planteó como solución solicitar un nuevo suministro eléctrico en 20KV a la empresa Enel S.A.A. y construir una nueva subestación la cual se denominará de ahora en adelante Subestación 1F.

Considerando la carga indicada en el cuadro de la tabla 2.2.6, esta subestación contará con 4 transformadores 4 MVA cada uno con niveles de tensión de acuerdo a lo siguiente:

- 2 Transformadores de 4 MVA 20 KV/0.46 KV
- 1 Transformador de 4 MVA 20 KV/0.40 KV

A continuación, una muestra de las imágenes del trabajo realizado para la implementación de este proyecto, esta subestación se construyó de acuerdo con los de los anexos del presente informe.



**Fig. 21 Ingreso Subestación eléctrica 1F**



**Fig. 22 Tableros baja tensión Subestación eléctrica 1F**



**Fig. 23 Tableros baja tensión Subestación eléctrica 1F continuación**



**Fig. 24 Subestación eléctrica 1F**

### **3.4 Evaluación del proyecto**

#### **3.4.1 Alcances del Proyecto [6], [7]**

- Diseño, Instalación y conexionado de alimentador entre servidumbre de Enel y celda de llegada de Subestación Eléctrica 1F que se diseñará para recibir la energía en 20.0 KV según ruta y detalle de cruces indicados en Plano.
- Diseño y Equipamiento de la Subestación Particular Proyectada constituida por inicialmente con tres Transformadores tipo seco dos de 4000 KVA, 20.0/0.46 KV y otro de 20.0/0.40 KV, dentro de las Instalaciones de San Miguel Industrias PET.

Comprenderá la instalación de los siguientes equipos:

- 01 celda de Media Tensión 24 Kv: Celda de Llegada, DM1C
- 02 celda de Protección con Medición tipo DM1C.
- Instalación final de 02 transformador tipo seco:
  - 2 de 4,000 KVA, 20.0-10/0.46 KV
  - 1 de 4,000 KVA, 20.0-10/0.40 KV
- Especificaciones Técnicas y Cálculos Justificativos
- Coordinación de la Protección

#### **3.4.2 Cálculos Justificativos de conductor [8]**

##### **3.4.2.1 Cálculo del conductor por corriente nominal**

Para el cálculo de corriente nominal usaremos la siguiente fórmula:

$$I_N = \frac{\text{Potencia diseño}}{\sqrt{3}xV} \dots (1)$$

Los valores a reemplazar en la ecuación (1) son los siguientes:

- La potencia de diseño la obtenemos de la tabla II y para fines prácticos asumimos que será 6 MVA
- La tensión es la otorgada y solicitada a la concesionaria.

Reemplazando estos datos en (1), se tiene que:

$$I_N = 173 \text{ A}$$

Aplicando factores de corrección de acuerdo a lo siguiente:

- La resistencia térmica directa subterránea es un factor de corrección para la resistencia térmica del suelo (100°C – cm). /W (considerando uno de los peores casos): 1 (Anexo 1)
- Factor de corrección para profundidad de exposición en 1 m (Anexo 2): 0,96
- Factor de corrección para temperatura del suelo 35°C (Anexo 3): 0,89
- Factor de corrección respecto a la proximidad de otros cables directamente enterrados (Anexo 4): 0,7
- Factor de corrección equivalente:

$$FC_{EQ} = FC1 \times FC2 \times FC3 \times FC4$$

$$FC_{EQ} = 1 \times 0.96 \times 0.89 \times 0.7$$

$$FC_{EQ} = 0.6$$

De donde se tiene que la corriente del cable corregida es la siguiente para un calibre de cable 3 – 1 x 120mm<sup>2</sup> N2XSY según el fabricante (Anexo 15):

$$I_{\text{corregida}} = 0.6 \times 332$$

$$I_{\text{corregida}} = 199 \text{ A}$$

Por lo tanto, se concluye que la I corregida del cable es mayor que la nominal.

$$199 > 173.$$

### 3.4.2.2 Cálculo del conductor por caída de tensión

El cable a instalar seleccionado es del tipo N2XSY (18/30) KV y de sección 120 mm<sup>2</sup>, para trabajo a tensión nominal de trabajo a 20.0 KV.

La longitud del cable entre la Subestación 1F y la celda de alimentación brindada por la concesionaria es de aproximadamente 250 metros

Según el fabricante, los parámetros eléctricos del cable son los siguientes:

Resistencia 0.1958 Ω/Km.

Reactancia 0.2137  $\Omega$ /Km

Los cálculos de caída de voltaje se realizan a plena carga.

L = Longitud del cable (metros): 200

I = Corriente de carga máxima instalada (amperios): 173A Los valores alternativos son:

$$\begin{aligned} \text{Caída de tensión} &= \sqrt{3}xI_{Nominal}xL (R \cos \phi + J \sin \phi) \\ \Delta V &= \sqrt{3}x 173 x 250 (0.1958 x 0.92 + 0.2137 x \sin 23.07)/1000 \\ \Delta V &= 19.77 V < 1000 V (5\% \text{ de } 20KV) \end{aligned}$$

Por lo tanto, la caída de tensión del punto de entrega de energía en 20kV hasta la subestación es menor a 5% del voltaje de operación.

### 3.4.2.3 Cálculo del conductor por cortocircuito

La corriente de cortocircuito viene dada por la siguiente expresión:

$$I_{CC} = \frac{P_{CC}}{\sqrt{3}xV} \text{ KA ... (2)}$$

Donde:

En el punto de diseño de la concesionaria, se tiene lo siguiente:

- Potencia de cortocircuito:  $P_{CC} = 300 \text{ MVA}$
- Tiempo de apertura:  $t = 0.2 \text{ s}$

Para las siguientes condiciones se calcula una corriente de cortocircuito:

- Tensión normal de servicio: 20KV
- Sección del conducto:  $S = 120\text{mm}^2$

Reemplazando estos datos en la ecuación (2) se tiene que:

$$I_{CC} = 8.66 \text{ KA}$$

Durante un cortocircuito, la temperatura de los elementos metálicos del cable de alimentación (conductores y pantalla o cubierta metálica) aumenta bruscamente.

Si analizamos el comportamiento en condiciones de cortocircuito con parámetros perfectamente definidos, la fórmula para calcular la porción mínima del cable que puede soportar la corriente de cortocircuito en un momento dado es:

$$S_{min} = \frac{I_{CC} x \sqrt{t}}{143} x 1000 \text{ mm}^2 \dots (3)$$

Reemplazando datos en la ecuación (3) se tiene que:

$$S_{min} = 27.08 \text{ mm}^2$$

Por lo que la sección de cable seleccionado de 120mm<sup>2</sup> cumple con lo requerido y es mayor a la mínima necesaria.

Luego calculamos la corriente de cortocircuito para el cable seleccionado a partir de la ecuación (3):

$$I_{CC \text{ cable}} = \frac{143 \times 120}{\sqrt{0.2 \times 1000}} \Rightarrow I_{CC \text{ cable}} = 38.37 \text{ KA}$$

Como el cable puede soportar una corriente de cortocircuito de 38.37 KA, siendo esta mayor a la corriente de cortocircuito en la barra de alimentación, se concluye que el conductor esta seleccionado correctamente para sobreintensidades por cortocircuito.

### 3.4.3 Cálculo de la subestación [2]

#### 3.4.3.1 Cálculo potencia de cortocircuito en la subestación

Esta se determina a partir de la siguiente fórmula:

$$P_{CCs} = \frac{V^2}{Z_{SISTEMA}} \dots (3.61)$$

Donde:

$P_{CCs}$ : Potencia de cortocircuito de la SSEE

V: Voltaje nominal de la SSEE

$Z_{TOTAL}$ : Impedancia total

Luego procedemos a calcular cada una de estas,

$$Z_{TOTAL} = Z_{CONDUCTOR} + Z_{SISTEMA}$$

$$Z_{SISTEMA} = \frac{V^2}{P_{CC}}$$

$$Z_{SISTEMA} = \frac{20^2}{300}$$

$$Z_{SISTEMA} = 1.33 \text{ ohm}$$

De acuerdo a la ficha técnica del cable, se tiene los siguientes datos del cable (Anexo 12):

R= 0.1958 ohm/km

X= 0.2137 ohm/km

L= 0.250 Km

Luego:

$$Z_{CONDUCTOR} = (R + jX) \times L$$

$$Z_{CONDUCTOR} = (0.1958 + 0.2137j) \times 0.25$$

$$Z_{CONDUCTOR} = 0.049 + 0.053j$$

$$Z_{CONDUCTOR} = 0.072$$

La impedancia total del sistema quedaría de la siguiente manera:

$$Z_{TOTAL} = 1.33 + 0.072$$

$$Z_{CONDUCTOR} = 1.402 \text{ ohm}$$

Finalmente reemplazamos estos datos en la ecuación 3.61:

$$P_{CCS} = \frac{20^2}{1.402}$$
$$P_{CCS} = 285.3 \text{ KVA}$$

En resumen:

- Pcc en S.E. brindada por la empresa concesionaria: 300 MVA
- Icc en S.E. San Miguel Industrias: 8.66 KA
- Pcc en S.E. Particular San Miguel Industrias: 285.3 MVA
- La Potencia de Cortocircuito en la Subestación Particular es menor que en la Subestación de la concesionaria:  $285.3 < 300$  MVA.
- Por lo tanto, para el nivel de tensión de operación 20.0 KV, las características de las Celdas SM6 24KV y sus componentes (20 KA), cumplen con estas exigencias de cortocircuito.

#### **3.4.3.2 Cálculo de barras en la subestación**

Las únicas barras existentes en media tensión, son las que se utilizan en el acoplamiento de las Celdas SM6 24, 24KV, 20KA (Llegada: DM1C y Salida: QM), ya que la conexión a los transformadores se efectuará mediante cable seco tipo N2XSY 18/30 KV).

El embarrado de las Celdas de Media Tensión DM1 C y QM propuestas para el presente proyecto son para una intensidad nominal de 630 A (Sección: 50mm x 5 mm). Asimismo, para el acoplamiento entre Celdas, la longitud entre apoyos del embarrado es de 375 mm y entre fases 20 mm. Estas barras se encuentran en el cubículo superior de la celda aislado en aire, por lo que dichas barras, así como las uniones están completamente aisladas con material epóxico termo contraíble retardante a la llama y en las uniones tienen cubierta móvil de material aislante. Estas celdas son sometidas a ensayos realizados por los fabricantes mediante aplicación de tensión y duración indicada en las características eléctricas y generales según Catalogo que se adjunta. Por otro lado, el suministro de estas Celdas viene acompañado de los protocolos de ensayo correspondientes de sollicitación electrodinámica, sollicitación térmica, Comprobación de Densidad de Corriente teniendo en cuenta una Icc de 16 KA muy por encima de la Icc del presente proyecto que es de 8.66 KA (en 20 KV). Por lo tanto, los ensayos citados justifican los valores que se indican en la información referente a las características de las Celdas del proyecto

### 3.4.3.3 Cálculo de puesta a tierra

La construcción de los nuevos pozos debe asegurar que su contribución mejore la resistencia total de la Malla existente. Para este caso el Pozo de Puesta a Tierra individual, está constituido por electrodos verticales estacadas en terreno del tipo turba húmeda.

Para el cálculo teórico consideramos la siguiente información típica para terrenos en esta ubicación:

- Resistividad de Terreno ( $\rho$ ): 100  $\Omega$ -m
- Electrodo Utilizado: Varilla de Cobre
- Diámetro de varilla:  $\frac{3}{4}$  "Ø
- Longitud de Varilla (L): 2.40 metros
- Resistencia teórica: "R", en Ohmios ( $\Omega$ ), debe ser menor de 25  $\Omega$  (Valor recomendado en el Código Nacional de Electricidad Suministro 2011 y Utilización-2006) [3]

La resistencia "R" se expresa mediante la fórmula:

$$R = \frac{\rho}{2\pi L} \left( \ln \frac{4L}{D} - 1 \right)$$

Donde:

$\rho$ : Resistividad Específica del Terreno = 100  $\Omega$  - m

L: Longitud de la Varilla de Cobre = 2.40 m

D: Diámetro de la varilla de Cobre = 0.01905 m

Remplazando valores se tiene:

$$R = \frac{100}{2(3.14)(2.40)} \left( \ln \frac{4(2.40)}{0.01905} - 1 \right)$$

$$R = 34.65 \text{ ohm}$$

Como este valor es mayor que el recomendado por el Código Nacional de Electricidad [3]; (25 Ohm), es necesario mejorar la calidad de la tierra del Pozo remplazando por tierra vegetal y ejecutando adicionalmente un tratamiento que consiste en adicionar Bentonita (48 kg) y Sal industrial (15 kg) En el centro se instala un núcleo de cobre de 8 pies de largo y 3/4" de diámetro. El núcleo está rodeado por cemento conductor de 4" de diámetro. Según experiencias se logra mejorar la resistividad a 50 Ohm-m. En estas nuevas condiciones resulta el siguiente valor:

$$R = \frac{50}{2(3.14)(2.40)} \left( \ln \frac{4(2.40)}{0.01905} - 1 \right)$$

$$R = 17.33 \text{ ohm} < 25 \text{ ohm}$$

Este último valor, es menor de 25 Ohmios, por lo cual se cumple con la recomendación indicada en el Código Nacional de Electricidad.

Finalmente, se requiere que la malla tenga una resistencia menor a 25 Ohmios, por lo que, si es mayor, se tendrá que efectuar la repotenciación de los otros pozos mediante el mismo tratamiento, hasta lograr el objetivo que quedará plasmado mediante un Protocolo de Mediciones que garantice dicho valor.

#### **3.4.3.4 Coordinación de la protección [7]**

Según la Sección 3.4.2.3, Pcc en el punto de diseño es 300 MVA y la corriente de cortocircuito  $I_{cc} = 8,66 \text{ KA}$ . Por tanto, en la celda de llegada de la subestación:

La apertura del disyuntor SF-6, 24KV se realiza mediante un relé Sepam20, programable mediante datos continuos. El tiempo medio de activación de un cortocircuito trifásico es inferior a 0,2 segundos. Dado que la corriente de falla en la estación SAN MIGUEL INDUSTRIAS es de 9.49 KA, el disyuntor debe dispararse en 0.2 segundos. En ambos casos, el relé del Sepam20 está programado para 15 in (1274 amperios)  $I_{cc}$  durante 0,15 segundos. Por otro lado, como dijo el crupier, el tiempo de apertura de la guardia del crupier es de 0,2 segundos. Por lo tanto, bajo estas condiciones regulatorias; Se coordina la protección del concesionario y SAN MIGUEL INDUSTRIAS.

### **3.4.4 Especificaciones técnicas**

#### **3.4.4.1 Subestación Eléctrica [8]**

La central eléctrica diseñada es de tipo convencional y está fabricada con materiales nobles. Está ubicado en la Plaza San Miguel Industrias. El Tablero de Media tensión está compuesta celdas de estructura metálica tipo metal- enclosed y equipadas con aparatos de corte, medición, protección y seccionamiento. Asimismo, contará con dos Transformadores secos de 4000 KVA [8] (en una primera etapa) (Anexo 3).

#### **3.4.4.2 Equipamiento electromecánico**

La nueva subestación San Miguel Industrias tendrá las siguientes características:

- Tablero de Media Tensión del tipo Metal-Enclosed, grado de Protección IP2X, constituido por las siguientes celdas:
- Tres Celdas Compacta, Modelo SM6 DM1-C con Medición, 24 KV-630 A- 20 KA: Celda de Llegada que se acopla a la Celda de Remonte, equipada un Seccionador en SF6, Cuchillas de Puesta a Tierra

incorporadas, Interruptor Tripolar Fluarc SF1 en SF6, 24/50/125 KV, 630 Amperios, 20 KA, , motorizado en 24 Vcc, tres transformadores de corriente, Medidor Multifunción ION 6200 y Relé de Protección Sepam S20 con protecciones 50/51, 50N/51N,46, cuchillas de puesta a tierra inferiores en aire, divisores capacitivos e indicadores de presencia de tensión.

#### **3.4.5 Celdas en 24.0 KV – Tipo DM1C**

- La puerta está formada por una estructura tipo marco metálico formada por placas de 2,5 mm de espesor, provista de puerta y panel frontal, equipada con protección lateral y mediana, 2 capas de pintura anticorrosión y 2 capas de acabado disponibles. Las puertas son de metal y tienen las siguientes dimensiones:
- Ancho: 750 mm
- Profundidad: 1.220 mm
- Altura: 1.600 mm
- Éstas incluyen:
- Juego de heatpipes cortos para cables unipolares N2XSY (18/30KV) de 120 mm2 que el distribuidor instalará a su llegada.
- Seccionador en SF6, Cuchillas de Puesta a Tierra incorporadas
- Interruptor Tripolar Fluarc SF1 en SF6, 24/50/125 KV, 630 Amperios, 20 KA
- Medidor Multifunción PM5560 y Relé de Protección Sepam S20.
- Cuchillas de puesta a tierra inferiores en aire
- Divisores capacitivos e indicadores de presencia de tensión.
- Las celdas están marcadas con las palabras "Peligro fatal por alto voltaje" en letras negras sobre fondo amarillo y un símbolo de corriente eléctrica.
- Tensión nominal: 24/50/125KV
- Intensidad nominal: 630Amp. • Capacidad máxima de cortocircuito: 20KA
- Corriente de cortocircuito 1 segundo: 20KA metro cuadrado.
- Corriente de cortocircuito 2 segundos: 20KA metro cuadrado.
- Tensión de impulso 1,2/50us: 75KV
- Par máximo de funcionamiento: 80 - 100 Nm
- Distancia entre postes: (300 – 360) mm
- Tensión adicional: 24 V CC
- Relés multifuncionales SEPAM, protección (50/51), (50N/51N) y (46)
- Contador multifuncional PM5560

- Transformador de corriente

#### **3.4.6 Relé Sepam – S20**

El relé es del tipo digital y permite el control, monitoreo y protección de redes de distribución en media tensión; diseñada además para la protección de subestaciones, transformadores, motores o barras.

Posee las funciones de protección 50/51, 50N/51N y 46, además de realizar mediciones (corriente eficaz, media, máxima, frecuencia, etc.), registros, diagnósticos, alarmas. Posee comunicación RS485, explotación local y remota del relé, teclado y pantalla LCD.

#### **3.4.7 Cargador - Rectificador**

Conjunto formado por un cargador rectificador electrónico de 220Vac/24Vdc y dos baterías de 12Vdc conectadas en serie, destinados cargar permanentemente estas baterías. Las baterías están en condiciones de suministrar energía de manera autónoma a sus distintas cargas por un período de 8 horas como mínimo.

Características:

- Tipo: electrónico
- Voltaje entrada: 220 VAC.
- Fases: Monofásico.
- Frecuencia: 60 Hz, +/- 5%
- Potencia: 90 Watt Voltaje salida: 24 VDC.
- Método carga: Tensión constante
- Este equipo suministra tensión continua que requiere el interruptor y relé

#### **3.4.8 Ambiente de transformación – 20 KV**

El ambiente de transformación se encuentra adyacente a las Celdas de Media Tensión. En dicho ambiente se montará cuatro Transformadores de Potencia de 4000 KVA

- Cable de Acometida 3-1x120 mm<sup>2</sup>, N2XSY-18/30KV, desde la Celda de Llegada DM1C (ubicado adyacente al transformador), a través de un ducto PVC-6" Ø, que se embutirá en piso. A la salida del ducto los cables subirán hacia los bornes de Media Tensión del transformador soportados en bandeja galvanizada de 300x50 mm
- Terminaciones tipo corto 24 KV (uso interior para cable de 120 mm<sup>2</sup>) para conexión de cable en Celda de Salida y Transformador
- Sistema de Ducto de barras de Salida en Baja Tensión.
- Sistema de Puesta a Tierra de carcasa de Transformador.

- Un cartel que indica la presencia de corriente eléctrica y la leyenda "Peligro de muerte por alta tensión" en letras negras sobre fondo amarillo.

### **3.4.9 Transformadores de potencia**

Será transformador trifásico, tipo seco encapsulado en Resina Epóxica al vacío, refrigerado por circulación natural de aire, núcleo de hierro de grano orientado de bajas pérdidas y bobinado en Aluminio, fabricado de acuerdo a (Anexo 13)

- Tipo : ANAN
- Potencia Nominal : 4000 KVA
- Frecuencia : 60 Hz
- Clase de Aislamiento : F (155 °C)
- Devanado de AT : 20000 V
- Número de Tomas: 5
- Regulación en AT :  $\pm 2 \times 2.5\%$
- N° de Bornes en AT: 4
- Conexión AT: Delta
- Devanado de BT: 460 V y 400V
- N° de Bornes en BT: 4
- Relación de Transformación: 20000/460 V y 20000/400
- Conexión BT: Estrella + N
- Grupo de Conexión: Dyn5
- Instalación: Interior
- Temperatura Ambiente Máxima: 40 °C
- Norma de Fabricación Internacional: IEC 60076-11
- Norma de Sobrecargabilidad: IEC 60905
- Clase de Aislamiento AT : 24/50/95 KV
- Clase de Aislamiento BT : 1.1/3 KV
- Altitud de Trabajo : 1000 msnm
- Grado de Protección: IP00
- Bobinas AT/BT de Aluminio
- Conexión de Bobinas AT mediante barras rígidas
- Placa de Característica
- Cáncamo de izaje del Transformador
- Ruedas para desplazamiento
- Relé Digital de Monitoreo Térmico + tres sensores tipo PT-100 para monitoreo de cada bobina de BT

#### **3.4.10 Sistema de puesta a tierra**

El sistema de puesta a tierra previsto para la subestación consta de tres pozos (03) pozos. Los pozos se encuentran ubicados en el exterior de la subestación.

Los pozos de puesta a tierra por construir serán similares a los existentes, de 1.0 x 1.0 x 3.0 m de profundidad ejecutado con cemento conductor, tierra vegetal y aditivo de Bentonita sódica y sal industrial.

En el centro se instalará una varilla de cobre de  $\frac{3}{4}$ "  $\varnothing$  por 2.40 m de longitud, la varilla será forrada con cemento conductor en un diámetro de 4". El enlace de los nuevos pozos con la malla existente se efectuará con cable desnudo de cobre de 70 mm<sup>2</sup> que será forrado con cemento conductor y con tratamiento de la tierra similar al de los electrodos.

Toda la ferretería de la subestación, así como las partes metálicas de los equipos no sujetas a tensión, están conectadas a su respectivo sistema de tierra mediante conductores de cobre de sección indicada en el plano correspondiente (70 mm<sup>2</sup> y 120 mm<sup>2</sup>).

Considerando que los valores límites de resistencia, son los señalados en el Código Nacional de Electricidad Suministro 2011 y Utilización 2006 (menor < 25 Ohmios) [3], la malla de pozos garantizará el cumplimiento de estos requerimientos.

#### **3.4.11 Sistema de alimentación**

El cable alimentador para el sistema de utilización en media tensión 20.0 KV, desde el Punto de Alimentación de la concesionaria hasta la Subestación Particular de SAN MIGUEL INDUSTRIAS, será cable unipolar de 120 mm<sup>2</sup>, tipo N2XSY-18/30 KV, de cobre electrolítico recocido, el cual tiene una pantalla interna de material semiconductor con aislamiento de polietileno reticulado XLPE y pantalla externa conformada con capa semiconductor y malla o cinta de cobre; la cubierta exterior es de policloruro de Vinilo (PVC), color rojo.

Las características principales son las siguientes:

- Tensión de funcionamiento normal: 20 KV
- Tensión máxima de funcionamiento: 30KV
- Área de sección transversal: 120 mm<sup>2</sup>
- Tipo: Seco
- Norma de fabricación: IEC-502
- Funcionamiento: 90°C
- Corriente nominal (según fabricante): 310 A
- Resistencia a 20°C: 0,494 Ohm/Km.
- Reactividad: 0,2761 Ohmios/Km.

- Longitud de pista: 250 metros.

#### **3.4.12 Tendido del cable directamente enterrado**

En todo el recorrido el tendido del cable se efectuará en un solo tramo sin empalmes. En el exterior de la Subestación el cable será instalado directamente enterrado, en zanja de 0.60m x 1.20 m de profundidad. Se prepara un solado de arena fina o concreto pobre si es necesario de 5 cm. de alto; a continuación, se cubre con una capa de tierra cernida compactada de 15 cm. de alto. Acto seguido se instalan los cables manteniendo una separación mínima entre fases de 7 cm., luego se cubrirá el cable con tierra cernida en una altura de 15 cm. A continuación, se protegerá con una hilera de ladrillo que debe cubrir las tres fases del conductor y a 15 cm. se colocará una cinta de señalización de media tensión de color rojo, resistente a la humedad, ácidos y álcalis; finalmente se cubrirá los 70 cm. restantes con tierra original sin piedras y debidamente compactada hasta nivel de piso.

Efectuada la compactación de la última capa se procederá al resane de veredas.

#### **3.4.13 Tendido del cable en ductos de concreto**

En el cruce de pistas o cruce donde exista circulación de vehículos pesados, el cable será tendido en ductos de concreto de 4 vías. Los ductos de concreto serán de 0.25x0.25x1.00 m., y las vías de 90 mm Ø. Los ductos serán instalados en una zanja de 0.60x1.05 m de profundidad, en un solado de concreto de 5 cm. de alto, quedando un margen de solado de 5 cm a cada lado del borde del ducto.

A continuación, se cubrirá con una capa de tierra cernida debidamente compactada hasta un nivel de 10 cm por encima del ducto. A continuación, se rellenará con tierra original retirando las piedras y compactando por capas; colocando una cinta de señalización de media tensión de color rojo que debe quedar a 30 cm por debajo de la calzada de concreto o pavimento. Asimismo, se debe colocar base de material afirmado a 15 cm por debajo de la calzada. Finalmente se repondrá el Pavimento o Calzada de Concreto. La sección libre de los agujeros de los ductos dejado por el conductor debe ser sellado mediante anillos de taponeo.

Además, todo el recorrido del cable en la vía pública, se encintará con cinta adhesiva de color celeste para indicar que se trata de una línea particular. En el interior de la Subestación desde el buzón de ingreso hasta la celda de llegada ubicada en el mismo ambiente de la Subestación, el cable alimentador 3-1x120 mm<sup>2</sup> N2XSY 18/30 KV, se instalará en la red de ducto y buzones existentes

#### **3.4.14 Cinta de señalización**

La franja de señal roja se utiliza para indicar la presencia de cables de media tensión y se instala a lo largo de todo el recorrido del cable de alimentación. Tiene las siguientes características:

Material: Polietileno de alta resistencia a ácidos y bases.

Ancho: 50mm

Espesor: 0,10 mm

Expansión: 250%

Color: Rojo brillante con letras negras, resistente a la decoloración y recubierto de plástico. Subtítulo: "Riesgo de muerte por 20.000 V"

La cinta señalizadora de color celeste es utilizada para indicar que se trata de una línea particular y sus especificaciones técnicas son las siguientes:

Tipo : Cinta Scotch Super 33+ 3M

Material : Película de PVC con adhesivo ultrasensible, resistente a la abrasión, humedad, ácidos, álcalis y corrosión

Ancho : 19 mm

Espesor : 0.07 mm

#### **3.4.15 Terminal para el cable tipo corto**

Son del tipo unipolar termocontraible al cable para uso interior, resistente al medio ambiente que lo rodea, conformado por un tubo aislador de goma silicona resistente a la formación de camino carbonoso y un tubo de alta constante dieléctrica, de las siguientes características:

Tensión nominal: 25 KV

Temperatura máxima: 30°C

Materia: Goma silicona

Uso: Interior

Calibre: Cable seco tipo N2XSY- 18/30 KV- 70 mm<sup>2</sup>

La terminación queda provista de conductor de línea a tierra e instalado con su respectiva abrazadera o soporte metálico. Se apoyará en una estructura de fierro angular a fin de mantener su posición de diseño y no permitir la transferencia de esfuerzos mecánicos que perjudiquen el empalme con el cable alimentador.

#### **3.4.16 Equipo de protección para maniobras en media tensión**

Las maniobras en los equipos de Operación están contempladas en el Art. 53 del "Reglamento de Seguridad e Higiene Ocupacional del Sub Sector Electricidad" del Ministerio de Energía y Minas (R.M. N° 263-EM/VME) [9], donde se expresa que cualquier actividad en las instalaciones de un centro de transformación, conlleva a la utilización de equipos de protección personal e implementos de seguridad necesarios.

Por lo tanto, 800 mm x 600 mm x 600 mm x 2200 m, el soporte de automóvil aceptado es 21/2 "x21 / 2" "x21 / 2" x21 / 2 "x21 / 2" x21 / 2 "x3 / 16» es Hecho de un edificio y termina dos en puertas y sábanas.

- Para mantener la maniobra apropiada en el gabinete y el voltaje apropiado, se coloca el siguiente equipo de protección. Isole de 30 kV (al menos 2 metros)
- con aisladores de 30kV
- Guantes de seguridad en la Clase 3 (24kV)
- "Riesgo de muerte -" Riesgo de alto voltaje "de rojo con fondo amarillo
- Productores de voltaje de audio y visual al menos 24 kV
- Clase de seguridad del genoma y casco tipo II
- Zapatos de seguridad con fábricas de genom de 30kV
- Cambiar productos químicos

Nota: La maniobra del equipo de protección debe estar en la estación antes del pedido y puede usarse para el inicio futuro.

### 3.5 Costo real del proyecto

**Tabla III. COSTO REAL DEL PROYECTO**

Item	Descripción	Und	Cantidad	Costo Unit	Costo Total
<b>1</b>	<b>Nueva Subestación Eléctrica Termoformado</b>			-	-
<b>1.1</b>	<b>Ingeniería</b>			-	-
1.1.1	Ingeniería Civil	Glb	1	2,775	2,775
1.1.1	Ingeniería Eléctrica	Glb	1	5,000	5,000
<b>1.2</b>	<b>Compras y Procura</b>			-	-
1.2.1	Transformador	Und	3	100,215	300,645
	Transformador Auxiliar	Und	1	7,700	7,700
1.2.3	Celdas	Und	1	79,974	79,974
1.2.6	Ducto de barras	Und	3	73,645	220,936
1.2.7	Tableros BT	Und	12	50,000	600,000
1.2.8	Cables y otros	Glb	1	120,000	120,000
<b>1.3</b>	<b>Construcción</b>			-	-
1.3.1	Obras Civiles	Glb	1	575,800	575,800
1.3.2	Montaje	Glb	1	50,000	50,000
<b>Total</b>					<b>\$ 1,962,830</b>

## **CAPITULO IV: REFLEXIÓN CRITICA DE LA EXPERIENCIA**

### **4.1 Análisis de resultados**

La ingeniería y planificación de esta subestación se realizó en un tiempo muy corto debido a la necesidad que surgió para contar con esta para no afectar la producción y retos que se había planteado la empresa, resalto este estudio ya que anteriormente no se había dado una visión clara de la expansión que iba a tener esta planta y es por eso que esta subestación se planificó y tiene una proyección para satisfacer la necesidad de energía eléctrica hasta el año 2025 de 8MVA.

Aprovechando la coyuntura en ese entonces, el incremento de uso de recipientes de polipropileno y la prohibición de uso de recipientes de Tecnopor, la empresa necesitaba seguir con el crecimiento de sus productos de termoformado y se incrementen en el mercado.

Dado los buenos resultados que se han obtenido de esta obra, actualmente la empresa ha optado por replicar la base de cálculo de esta experiencia para una nueva subestación para la planta de reciclado la cual también se encuentra en una importante expansión para San Miguel Industrias PET.

### **4.2 Aportes a la institución.**

El diseño y construcción de esta subestación permitió a San Miguel Industrias Pet continuar con su agresivo plan de expansión en el mercado de envases rígidos por termoformado, concretando la implementación de estas nuevas líneas de producción que actualmente producen envases rígidos masivos para el mercado, como vasos, tapas, recipientes, entre otros. Sin la implementación de esta no se hubiera cumplir con el plazo desafiante para acaparar el mercado de recipientes que se estaba desarrollando en ese entonces. Así mismo las instalaciones cuentan con un riguroso control de calidad, así como celdas, transformadores, tableros y demás de marcas reconocidas y certificadas por normas internaciones que garantizaran la operatividad de esta subestación por un tiempo mayor a 15 años.

Específicamente para esta subestación se tuvieron que hacer cálculos eléctricos y mecánicos de las distintas partes de la subestación como cálculo de interruptores, cables, disipación de calor, entre otros que estuvieron a cargo y bajo supervisión del área de proyectos de San Miguel Industrias PET.

## CONCLUSIONES

- 1- Se concluye que la mejor opción técnica para satisfacer esta necesidad era la implementación de una nueva subestación, físicamente en las otras subestaciones no había espacio físico para ampliar las instalaciones.
- 2- La nueva Subestación eléctrica de termoformado abastecerá una carga proyectada hasta el año 2025 de 8 MVA, con una proyección hasta 12MVA la cual permitirá satisfacer el plan agresivo de expansión de San Miguel Industrias PET.
- 3- Se concluye que al ampliar la red de media tensión en 20 kV e instalar dos transformadores de 4 MVA con una distancia de 250 metros; la caída de tensión es menor que lo permitido por la Norma Técnica de Calidad de Servicios eléctricos.
- 4- Si consideramos que la corriente de falla en la Subestación de San Miguel Industrias PET es 8.66 KA, el Interruptor Automático debe actuar en un tiempo menor que 0.2 segundos. En todo caso el relé Sepam20 se programará para una Icc de 15 In. Entonces Se concluye que las protecciones de la concesionaria y San Miguel Industrias PET están coordinadas.
- 5- Inicialmente, se debe instalar tres transformadores de 4 MVA de relación de transformación 20/0.46 KV y 20/0.4 KV en la nueva subestación. En una segunda etapa un cuarto transformador de 4 MVA de relación de transformación 20/0.46 KV, así como también otra terna de 120 mm<sup>2</sup> de las mismas características de la de la primera etapa.

## **RECOMENDACIONES**

- 1- Se recomienda para tomar la decisión de implementar una nueva subestación asegúrese de tener la máxima demanda proyectada correcta, ya que implementar una se requiere una inversión considerable que se puede también satisfacer desde una de las subestaciones existentes dependiendo de la potencia a consumir y la planificación de producción destinada a cada una de las líneas de producción proyectadas a un menor costo.
- 2- Se recomienda hacer un plan de expansión de máxima demanda a partir del 2025 para evaluar la implementación del cuarto transformador.
- 3- Se recomienda hacer un análisis de caída de tensión para no sobredimensionar cables y encarecer el proyecto, esto se debe lograr con una ingeniería de detalle y un replanteo en campo para evitar interferencias y distancias de seguridad que modifiquen la ejecución del proyecto.
- 4- Se recomienda solicitar los datos de tiempo de apertura de los interruptores al concesionario de manera formal y documentada para realizar el estudio de coordinación de protección una sola vez y no caer en modificaciones y gastos adicionales. El tiempo de apertura de las protecciones debe ser menor al de la concesionaria o suministrador aguas arriba de la celda de llegada.
- 5- Se recomienda instalar una celda y transformador de la misma marca, esto para estandarizar lista de repuestos, proveedores y facilidad en operación para el personal de mantenimiento.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Formlabs, «Formlabs,» Formlabs Inc., 11 enero 2011. [En línea]. Available: <https://www.formlabs.com/>. [Último acceso: 9 enero 2024].
- [2] S. Maldonado, «Tecnología del Plástico,» Axioma Group SAS, 31 marzo 2023. [En línea]. Available: <https://www.plastico.com/es/noticias/>. [Último acceso: 9 enero 2024].
- [3] Ministerio de Energía y Minas, Código Nacional de Electricidad Utilización, Lima: Editora Perú, 2006.
- [4] Harper, El ABC de las Instalaciones Eléctricas, Ciudad de México: Limusa, 1998.
- [5] Ministerio de Energía y Minas, *Norma de Procedimientos para la Elaboración de Proyectos y Ejecución de Obras en sistemas de utilización en media tensión en zonas de distribución*, Lima: Editora Perú, 2002.
- [6] Ministerio de Energía y Minas, *Ley de concesiones eléctricas N° 25844*, Lima: Editora Perú, 1992.
- [7] Ministerio de Energía y Minas, *Reglamento de ley de concesiones D.S. 009-93-EM*, Lima: Editora Perú, 1993.
- [8] Fitzgerald, Máquinas Eléctricas, Ciudad de México: Alfa Omega, 2006.
- [9] Ministerio de Energía y Minas. Dirección General de Electricidad, *Reglamento de Seguridad e Higiene Ocupacional del Subsector Electricidad*, Lima: Editora Perú, 2001.

## ANEXOS

### Anexo 1 Factores de corrección de corriente relativos a la resistividad térmica del suelo

**TABLA 2-XXXII**

**FACTORES DE CORRECCION DE LA CAPACIDAD DE CORRIENTE  
RELATIVOS A LA RESISTIVIDAD TERMICA DEL SUELO**

Sección del conductor mm <sup>2</sup>	Resistividad térmica del suelo °C cm/W								
	50	70	80	100	120	150	200	250	300
<b>Cables multipolares con aislamiento termoplástico</b>									
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
<b>Sistemas de cables unipolares con aislamiento termoplástico</b>									
6 - 500	1.39	1.17	1.11	1.00	0.92	0.83	0.73	0.65	0.60
<b>Cables multipolares con aislamiento de papel</b>									
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
<b>Sistemas de cables unipolares con aislamiento de papel</b>									
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	0.96	0.89	0.81	0.74	0.70

### Anexo 2 Factores de corrección relativos a profundidad de tendido

**TABLA 2-XXXV**

**FACTORES DE CORRECCION DE LA  
CAPACIDAD DE CORRIENTE RELATIVOS  
A LA PROFUNDIDAD DE TENDIDO**

Profundidad de Tendido (m)	(Sección mm <sup>2</sup> )	
	Hasta 300	Mayor 300
0.50	1.02	1.03
0.60	1.01	1.02
0.70	1.00	1.00
0.80	0.98	0.97
1.00	0.96	0.95
1.20	0.95	0.94
150	0.94	0.92

### Anexo 3 Factores de corrección para temperatura ambiente en cables enterrados

**Tabla 5A**

(Ver las Reglas 030-004(8) y 070-2212 y Tablas 1, 2, 57 y 58)

**Factores de corrección para temperatura ambiente distinta de 30 °C para cables al aire y distinta a 20 °C para cables en ductos enterrados**

Aplicables a las columnas de la 2 a la 16 de las Tablas 1 y 2

Temperatura ambiente [°C]	PVC		XLPE o EPR		MI - Mineral * (al aire)	
	Cables al aire	Cables en ductos enterrados	Cables al aire	Cables en ductos enterrados	Cubierta de PVC o desnudo y expuesto al contacto 70°C	Desnudo no expuesto al contacto 105 °C
10	1,22	1,10	1,15	1,07	1,26	1,14
15	1,17	1,05	1,12	1,04	1,20	1,11
20	1,12	1,00	1,08	1,00	1,14	1,07
25	1,06	0,95	1,04	0,96	1,07	1,04
30	1,00	0,89	1,00	0,93	1,00	1,00
35	0,94	0,84	0,96	0,89	0,93	0,96
40	0,87	0,77	0,91	0,85	0,85	0,92
45	0,79	0,71	0,87	0,80	0,87	0,88
50	0,71	0,63	0,85	0,76	0,67	0,84
55	0,61	0,55	0,76	0,71	0,57	0,80
60	0,50	0,45	0,71	0,65	0,45	0,75
65	-	-	0,65	0,60	-	0,70
70	-	-	0,58	0,53	-	0,65
75	-	-	0,50	0,46	-	0,60
80	-	-	0,41	0,38	-	0,54
85	-	-	-	-	-	0,47
90	-	-	-	-	-	0,40
95	-	-	-	-	-	0,32

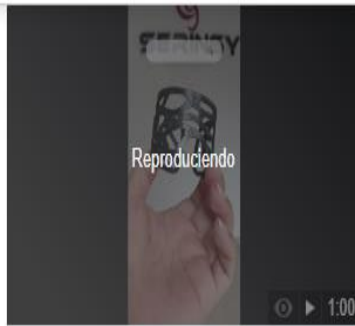
\* Para temperaturas ambiente mayores, también se puede consultar al fabricante.

**Anexo 4 Factores de reducción por grupos de más de un circuito de cables o de un cable multipolar**

**Tabla 5C**  
**Factores de reducción por grupos de más de un circuito o de más de un cable multipolar**  
 A ser usados con las capacidades de corriente nominal de las Tablas 1 y 2

Ítem	Disposición (en cuanto a cables)	Número de circuitos o cables multipolar												A usarse con capacidades de corriente nominal, referencia
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	12	16	20	
1	Agrupados en el aire, sobre una superficie empotrados o encerrados	1,00	0,80	0,70	0,65	0,60	0,57	0,54	0,52	0,50	0,45	0,41	0,38	4 a 8 Métodos A a F
2	En una capa sobre una pared, piso o bandeja no perforada	1,00	0,85	0,79	0,75	0,73	0,72	0,72	0,71	0,70	No más factores de reducción para más de nueve circuitos o cables multipolares			4 a 7 Método C
3	En una capa fijado directamente bajo un techo de madera	0,95	0,81	0,72	0,68	0,66	0,64	0,63	0,62	0,61				
4	En una capa sobre una bandeja perforada horizontal o vertical	1,00	0,88	0,82	0,77	0,75	0,73	0,73	0,72	0,72				
5	En una capa sobre un soporte de bandeja de escaleras, o listones, etc.	1,00	0,87	0,82	0,80	0,80	0,79	0,79	0,78	0,78				

## Anexo 5. Procesos de termoformados



### Proceso de Termoformado 3D

Hace un año  
[youtube.com](https://www.youtube.com)



### Guía completa del termoformado: funcionamiento, materiales y...

Hace 4 meses  
[youtube.com](https://www.youtube.com)



### ¿Qué es el termoformado de plástico?: proceso, maquinaria y...

Hace 2 meses  
[youtube.com](https://www.youtube.com)



### BACUMSA Termoformado y terminación de pieza

Hace 12 años  
[youtube.com](https://www.youtube.com)



### San Miguel Industrias Pet - Video Institucional

Hace 6 años  
[youtube.com](https://www.youtube.com)



### Máquina de Termoformado Casera - elsami

Hace 11 meses  
[youtube.com](https://www.youtube.com)



### Termoformado

Hace 10 años  
[youtube.com](https://www.youtube.com)



### TERMOFORMADORA 2021, TERMOFORMADO, BLISTER, SKIN...

Hace 2 años  
[youtube.com](https://www.youtube.com)



### Termoformadoras para estireno. P.V.C Foamy, Polietileno, Pet

Hace 10 años  
[youtube.com](https://www.youtube.com)



### TERMOFORMADO

Hace 8 años  
[youtube.com](https://www.youtube.com)



### Maquina de Termoformado y Skin Packaging Casera - Explicación pas...

Hace 3 años  
[youtube.com](https://www.youtube.com)



### Pet en termoformadora miniMater

Hace 11 años  
[youtube.com](https://www.youtube.com)

terminación de pieza

Hace 12 años  
youtube.com



**Termoformado**

Hace 10 años  
youtube.com

Institucional

Hace 6 años  
youtube.com



TERMOFORMADORA 2021,  
**TERMOFORMADO, BLISTER, SKIN...**

Hace 2 años  
youtube.com

elsami

Hace 11 meses  
youtube.com



Termoformadoras para estireno. P.V.C  
Foamy, Polietileno, **Pet**

Hace 10 años  
youtube.com



**TERMOFORMADO**

Hace 8 años  
youtube.com



Maquina de Termoformado y Skin  
Packaging Casera - Explicación pas...

Hace 3 años  
youtube.com



**Pet** en termoformadora miniMater

Hace 11 años  
youtube.com



**TERMOFORMADORA PVC**

Hace 6 años  
youtube.com



Máquina automática de  
**termoformado de plástico**

Hace 3 años  
youtube.com



**TERMOFORMADORA PORTATIL**

Hace 11 años  
youtube.com



**PROCESO TERMOFORMADO**

Hace 7 años  
youtube.com



demonstración de como usar una  
termoformadora

Hace 8 años  
youtube.com



¿Cómo TERMOFORMAR Plástico?  
Fácil con Termoformadora...

Hace 4 años  
youtube.com

Como se hacen termoformados de acrilicos.  
Hace 9 años  
youtube.com

Comparativa | Impresión 3D FDM vs SLA vs SLS en TERMOFORMADO  
Hace 2 meses  
youtube.com

Como Hacer una Termoformadora Casera | Bunker Maker  
Hace 8 años  
youtube.com



Elaboración de un Molde para Termoformado  
Hace 9 años  
youtube.com



GUIA práctica | Termoformado e IMPRESIÓN 3D de resina (SLA)  
Hace 2 meses  
youtube.com



Termoformado con impresion en maquina MiniMATER  
Hace 13 años  
youtube.com



TERMOFORMADORA ,MAQUINA TERMOFORMADORA  
Hace 3 años  
youtube.com



Molde para termoformado, fabricacion  
Hace 13 años  
youtube.com



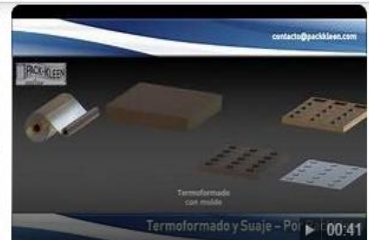
El proceso TERMOFORMADO presente en la Plastimagen 2022 /...  
Hace un año  
youtube.com



TECNICAS DE TERMOFORMADO 3a. Y ULTIMA PARTE.  
Hace 9 años  
youtube.com



TERMO FORMADO GRAN FORMATO 100 X 200CM  
Hace 17 días  
youtube.com



Termoformado y Suajado de película de PET o PVC - Por Packkleen  
Hace 4 años  
youtube.com



MAQUINA DE TERMOFORMADO  
Hace 2 años  
youtube.com



TERMOFORMADORA de forma casera MOLDES a bajo costo  
Hace un año  
youtube.com



Planta termovalorización  
Hace 6 años  
youtube.com

## Anexo 6.- Plantas de proceso de termoformado



## Anexo 7. Maquinaria para la industria de plástico

