

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

DISEÑO ELÉCTRICO PARA LAS NUEVAS INSTALACIONES DE LA COMPAÑIA “PROCONTEX CIA. LTDA.” Y PROYECTO DE AUTOABASTECIMIENTO MEDIANTE PLANTA DE GENERACIÓN FOTOVOLTAICA.

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO EN INGENIERÍA ELÉCTRICA**

CÉSAR ALEXIS PUGA ESTRELLA

cesar.puga@epn.edu.ec

DIRECTOR: ING. MIGUEL ANGEL LUCIO CASTRO

miguel.lucio@epn.edu.ec

CODIRECTOR: DR. ING. HUGO NEPTALÍ ARCOS MARTÍNEZ

hugo.arcos@epn.edu.ec

Quito, mayo de 2022

AVAL

Certificamos que el presente trabajo fue desarrollado por CÉSAR ALEXIS PUGA ESTRELLA, bajo nuestra supervisión.

ING. MIGUEL ANGEL LUCIO CASTRO
DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

DR. ING. HUGO NEPTALÍ ARCOS MARTÍNEZ
CODIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo, CÉSAR ALEXIS PUGA ESTRELLA, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración dejo constancia de que la Escuela Politécnica Nacional podrá hacer uso del presente trabajo según los términos estipulados en la Ley, Reglamentos y Normas vigentes.

CÉSAR ALEXIS PUGA ESTRELLA

DEDICATORIA

A mis padres César y Cecilia por su apoyo incondicional a lo largo de mi vida, además de todas sus enseñanzas y sobretodo por su amor, que me ha permitido desarrollarme de manera personal y profesional.

A mi hermana Mariela y mi cuñado Daniel por todo su amor y aliento para continuar con esta que ahora es mi profesión.

A mis sobrinos Martín y Joaquín por sus innumerables muestras de cariño e incontables locuras.

A mi tío Hugo quien siempre fue un ejemplo a seguir y dejó un vacío muy grande con su partida.

A mis primos Gian y Jair por todas las vivencias y aventuras juntos.

A mi novia Belén por su amor, compañía y ánimo durante todo el tiempo juntos y su ayuda a lo largo de mi carrera.

Alexis

AGRADECIMIENTO

Agradezco a la compañía Procontex y Energía Eléctrica Construcciones por permitirme realizar este proyecto.

Al Ingeniero Miguel Lucio y el Doctor Hugo Arcos por el apoyo para la elaboración de mi tesis.

A mis compañeros, amigos y profesores de la Escuela Politécnica Nacional.

A toda mi familia por siempre estar conmigo.

Alexis

ÍNDICE DE CONTENIDO

AVAL.....	I
DECLARACIÓN DE AUTORÍA.....	II
DEDICATORIA.....	III
AGRADECIMIENTO.....	IV
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	V
RESUMEN.....	IX
ABSTRACT.....	X
CAPÍTULO I.....	1
1 INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
1.2. OBJETIVOS.....	2
1.2.1. OBJETIVO GENERAL.....	2
1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	3
1.3. ALCANCE.....	3
1.4. JUSTIFICACIÓN.....	4
CAPÍTULO II.....	6
2. MARCO TEORICO.....	6
2.1. LEVANTAMIENTO DE CARGA.....	6
2.1.1. ALIMENTACIÓN PRIMARIA.....	7
2.1.2. CENTRO DE TRANSFORMACIÓN AÉREO.....	8
2.1.3. CONTADOR DE ENERGÍA.....	10
2.1.4. TABLERO DE TRANSFERENCIA.....	11
2.1.5. TABLERO DE DISTRIBUCIÓN PRINCIPAL.....	12
2.1.6. PROTECCIONES ELÉCTRICAS.....	13
2.1.6.1. PROTECCIONES DE SOBRE CORRIENTE.....	13
2.1.7. CIRCUITOS SECUNDARIOS.....	15
2.2. ILUMINACIÓN.....	16
2.2.1. SOFTWARE DIALux.....	16

2.2.2. VALOR DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LA INSTALACIÓN	19
2.3. CÁLCULO DE CALIBRE DE CONDUCTORES	20
2.3.1. CAPACIDAD DE CORRIENTE	20
2.4. CAÍDA DE VOLTAJE	22
2.5. CÁLCULO DE MALLA A TIERRA	23
2.5.1. CÁLCULO DE CORRIENTE MÁXIMA DE FALLA	24
2.5.2. CÁLCULO DEL TAMAÑO DEL CONDUCTOR DE PUESTA A TIERRA	25
2.5.3. CÁLCULO DE LA RESISTENCIA DE LA PUESTA A TIERRA	26
2.6. FUENTE DE AUTOABASTECIMIENTO ELÉCTRICO	28
2.6.1. ENERGÍA SOLAR	28
2.6.2. ENERGÍA FOTOVOLTAICA	30
2.6.3. DISEÑO DE UN SISTEMA DE ENERGÍA FOTOVOLTAICA	31
2.6.3.1. ENERGÍA TOTAL A GENERAR	31
2.6.3.2. DIMENSIONAMIENTO DE PANELES FOTOVOLTAICOS	31
2.6.3.3. DIMENSIONAMIENTO DE BATERÍAS	32
2.6.3.4. DIMENSIONAMIENTO DE REGULADOR DE CARGA	34
2.6.3.5. DIMENSIONAMIENTO DEL INVERSOR	34
CAPÍTULO III	35
3. DIAGNÓSTICO DEL SISTEMA ACTUAL	35
3.1. DESCRIPCIÓN DE LA FÁBRICA	35
3.2. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO	36
3.2.1. ABRASIÓN DE PRENDAS DE VESTIR	37
3.2.2. TEÑIDO DE PRENDAS DE VESTIR	37
3.2.2.1. PROCESO DE LAVADO	38
3.2.2.2. PROCESO DE CENTRIFUGADO	40
3.2.2.3. PROCESO DE SECADO	40
3.2.2.4. PROCESO DE PLANCHADO Y EMPAQUE	42
3.3. ALIMENTACIÓN PRINCIPAL	45
3.4. TORRE DE TRANSFORMACIÓN	45

3.5. PLANILLAS DE ENERGÍA ELÉCTRICA.....	48
3.6. CARGA INSTALADA EN LA COMPAÑÍA.....	55
3.7. DIAGRAMA UNIFILAR DE LAS INSTALACIONES EXISTENTES.....	57
CAPÍTULO IV	60
4. DISEÑO ELÉCTRICO.....	60
4.1. DISTRIBUCIÓN DE MAQUINARIA EN LA NUEVA PLANTA INDUSTRIAL PROCONTEX.....	60
4.2. ESTUDIO DE CARGA Y DEMANDA	65
4.3. DISEÑO DE BAJO VOLTAJE.....	68
4.3.1. DISEÑO DE ILUMINACIÓN.....	68
4.3.2. CÁLCULO DE CALIBRE DE CONDUCTORES.....	77
4.3.2.1. CAPACIDAD DE CORRIENTE	77
4.3.2.2. CAÍDA DE VOLTAJE.....	78
4.3.3. CONFIGURACIÓN DE CIRCUITOS	81
4.3.4. ELECCIÓN DE PROTECCIONES.....	85
4.3.5. CÁLCULO DE MALLA A TIERRA	86
4.3.5.1. CÁLCULO DE CORRIENTE MÁXIMA DE FALLA	86
4.3.5.2. CÁLCULO DEL TAMAÑO DEL CONDUCTOR	86
4.3.5.3. CÁLCULO DE LA RESISTENCIA DE LA PUESTA A TIERRA.....	87
4.3.6. LISTADO DE MATERIALES Y VOLUMEN DE MANO DE OBRA PARA LA INSTALACIÓN EN BAJO VOLTAJE	88
4.4. DISEÑO DE MEDIO VOLTAJE	90
4.4.1. LEVANTAMIENTO DE LAS REDES EXISTENTES	90
4.4.2. DISEÑO DE LA TORRE DE TRANSFORMACIÓN.....	93
4.4.3. LISTADO DE MATERIALES Y VOLUMEN DE MANO DE OBRA PARA LA INSTALACION EN MEDIO VOLTAJE.....	97
4.5. DISEÑO DE FUENTE DE AUTOABASTECIMIENTO FOTOVOLTAICA ..	98
4.5.1. ENERGÍA TOTAL A GENERAR.....	99
4.5.2. DETERMINACIÓN DE NÚMERO DE PANELES	99
4.5.3. DIMENSIONAMIENTO Y CANTIDAD DE BATERÍAS.....	101
4.5.4. DIMENSIONAMIENTO DE REGULADOR DE CARGA.....	102
4.5.5. DIMENSIONAMIENTO DEL INVERSOR.....	104

4.5.6. LISTADO DE MATERIALES Y VOLUMEN DE MANO DE OBRA PARA LA PROPUESTA DE AUTOABASTECIMIENTO FOTOVOLTAICA.....	105
4.6. PRESUPUESTO	107
CAPÍTULO V	108
5. ANALISIS ECONÓMICO DE LA PROPUESTA DE AUTOABASTECIMIENTO MEDIANTE GENERACIÓN FOTOVOLTAICA	108
5.1. INDICADOR VAN	108
5.2. INDICADOR TIR.....	109
5.3. ANÁLISIS DE INDICADORES	110
CAPÍTULO VI	112
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	112
6.1. CONCLUSIONES	112
6.2. RECOMENDACIONES	113
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	115
ANEXOS	116

RESUMEN

El presente proyecto tiene como meta el diseño de un sistema eléctrico eficiente y seguro para las nuevas instalaciones de la compañía "PROCONTEX", el mismo contempla un plan de autoabastecimiento mediante energía fotovoltaica.

La normativa eléctrica ecuatoriana existente en las distribuidoras y controladas por el ARCERNNR menciona que es imprescindible la utilización de diseños eléctricos previos a la construcción de las instalaciones; sin embargo, antiguamente las infraestructuras eran implementadas informalmente; es decir, sin estudios aprobados incluidos los eléctricos, como es el caso de PROCONTEX.

Inicialmente en la etapa de análisis se realizó el levantamiento de información de las instalaciones eléctricas existentes, para lo cual PROCONTEX ante la ausencia de las hojas técnicas y con la debida autorización facilitó realizar las mediciones de carga, levantamiento de datos de placa, tiempos de trabajo, facturas de consumo eléctrico y conversatorios técnicos con el personal de mantenimiento y operadores. Donde se pudo conseguir toda la información eléctrica de la maquinaria existente y el tipo de consumo para la realización del presente estudio.

Una vez obtenido los datos del funcionamiento de la línea productiva, características principales de la maquinaria, problemas operativos e inconvenientes eléctricos se procede a realizar un diseño eléctrico confiable, seguro y eficiente con su respectivo análisis de costo; todo esto, dentro de las normas eléctricas vigentes del Ecuador.

Finalmente analizando los resultados del diseño, se presenta una solución alternativa de una fuente de autoabastecimiento mediante energía fotovoltaica, misma que permitirá reducir los costos de operación de la fábrica, aumentando la competitividad de la compañía en el sector.

PALABRAS CLAVE: ARCERNNR, diseño eléctrico, PROCONTEX, maquinaria, autoabastecimiento, energía fotovoltaica, competitividad.

ABSTRACT

The Ecuadorian electrical regulations directed by ARCERNNR mention that the use of electrical designs prior to the construction of the facilities is essential; However, in the past infrastructures were implemented informally; that is, without approved studies including electrical ones, as is the case with PROCONTEX.

Initially, in the analysis stage, the information on the existing electrical installations was collected, for which PROCONTEX, in the absence of the technical sheets and with the due authorization, facilitated carrying out the load measurements, lifting of plate data, work times, electricity consumption bills and technical discussions with maintenance personnel and operators. Where it was possible to obtain all the electrical information of the existing machinery and the type of consumption for the realization of this study.

Once the data on the operation of the production line, the main characteristics of the machinery, operational problems and electrical problems have been obtained, a reliable, safe and efficient electrical design is carried out with its respective cost analysis; all this, within the current electrical standards of Ecuador.

Finally, analyzing the results of the design, an alternative solution of a self-supply source using photovoltaic energy is presented, which will allow reducing the operating costs of the factory, increasing the competitiveness of the company in the sector.

KEYWORDS: ARCERNNR, electrical design, PROCONTEX, machinery, self-supply, photovoltaic energy, competitiveness.

CAPÍTULO I

1 INTRODUCCIÓN

Las normas y reglamentos de construcción en el Ecuador en cuanto a diseño, implementación y funcionamiento de instalaciones eléctricas son varias, dentro de las cuales se encuentran el diseño de la red de alimentación principal y las instalaciones internas, mismas que contemplan la operación normal y posibles siniestros y sus contingencias.

Lastimosamente existen varias industrias en nuestro país que a través de los años no realizaron un estudio previo de sus instalaciones, sin ninguna consideración técnica, lo que actualmente se está traduciendo en problemas internos, puntos de inseguridad, tiempos muertos, desperdicio de energía y hasta en casos más extremos afectaciones a la red pública. Por lo anteriormente indicado la compañía "PROCONTEX" previo a su migración de fábrica a las nuevas instalaciones y en su afán de corregir errores presentes en su antigua infraestructura necesita un diseño eléctrico eficiente, seguro y confiable que permita operar con la menor energía posible a la vez que permita evitar problemas con la distribuidora de energía; ya que, si cualquier cliente presenta un consumo irresponsable e ineficiente (factor de potencia), la Empresa Eléctrica Quito está en su pleno derecho de aplicar acciones correctivas incluso multas para reducir las pérdidas de energía.

Dentro de las energías alternativas o energías limpias, la obtenida por el sol ha sido escogida como iniciativa para suplantar la dependencia de la empresa distribuidora de ser el caso. Esto principalmente a que la tecnología solar es una de las de mayor avance en los últimos años, es inagotable, gratis y obtenible en cualquier punto del planeta, siendo más eficiente en unas zonas que en otras, siempre dependiendo de la ubicación geográfica con respecto a la entrada de los rayos del sol.

Para el caso de la fábrica de "PROCONTEX" que se ubica en Quito – Ecuador en la zona de CARCELÉN se ha tomado como alternativa la utilización de energía fotovoltaica que consiste en generar electricidad a partir de la absorción de protones y el movimiento de electrones.

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La compañía “LAVANDERÍA DE CONFECCIONISTAS TEXTILES PROCONTEX CIA. LTDA.” se dedica al lavado, decoloración y teñido de fibras, hilados y artículos textiles, incluyendo los diversos tipos de prendas de vestir; y debido a su capacidad de operación y su excelente servicio, tuvo un crecimiento sin planificación generando inconvenientes en el suministro de energía de la compañía.

La mencionada compañía, para satisfacer la gran demanda de productos terminados, adquirió maquinaria adicional sin considerar el correspondiente plan de expansión de su sistema eléctrico, provocando que las instalaciones existentes no operen satisfactoriamente ya que se presentan problemas como: puntos calientes, sobrecalentamiento de máquinas y transformadores, bajo factor de potencia, etc. Esta situación ha ocasionado que los costos de operación se incrementen debido a fallas eléctricas que implican paradas en la operación de toda la planta, particular que ha sido analizado por los directivos de la empresa, quienes concuerdan en la necesidad de contar con un sistema eléctrico seguro y eficiente previo al traspaso de toda su infraestructura a la nueva ubicación de su empresa y estudiar la posibilidad del autoabastecimiento mediante la implementación de un proyecto de generación fotovoltaica.

Es así que “PROCONTEX CIA. LTDA.” entregará los recursos materiales, económicos y de información necesarios para la realización del proyecto de titulación, entre los que se puede mencionar: la información necesaria, el libre acceso a las instalaciones, facilidades para mediciones, coordinación con el personal que labora en la fábrica, planes de expansión y el financiamiento para la adquisición de equipos de medición y pruebas.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1 OBJETIVO GENERAL

- Realizar el diseño de un sistema eléctrico eficiente y seguro para la nueva ubicación de la compañía “PROCONTEX CIA. LTDA.” .

1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar un levantamiento completo del estado actual de las instalaciones eléctricas de la compañía "PROCONTEX CIA. LTDA."
- Elaborar el diseño completo y seguro de nuevas instalaciones eléctricas de la fábrica considerando la maquinaria existente y la nueva ubicación de esta.
- Proponer el diseño de una fuente de energía alternativa, para la reducción de los costos de operación y ayudar al medio ambiente.
- Presentar el análisis de costos que representan las nuevas instalaciones de la compañía y la propuesta de energía alternativa.

1.3 ALCANCE

El presente proyecto partirá de un levantamiento de las condiciones actuales del sistema eléctrico de la fábrica, identificando los diferentes problemas y permitiendo dimensionar adecuadamente el nuevo sistema eléctrico de la planta de producción. La información se la obtendrá de entrevistas con trabajadores de la fábrica, datos de placa de la maquinaria, levantamiento de carga instalada, análisis de horarios de trabajo, reconocimiento de procesos, medición de calidad de energía y registros de demanda y planificación de expansión de procesos productivos.

El levantamiento de la situación actual en que se encuentra operando el sistema eléctrico se lo realizará mediante: i) Recolección de información básica e inventario general de las instalaciones, obtención de consumos mensuales, horarios típicos de operación, equipos especiales que se utilizan en la fábrica, tipo de luminarias instaladas y características físicas de la edificación. ii) Se realizará la toma de mediciones como: potencia, corriente, voltaje, factor de potencia, contenido armónico, lo cual permitirá analizar y diagnosticar dichas variables. iii) Análisis de la facturación de la fábrica, para identificar el uso y consumo eléctrico de al menos el último año de producción. iv) Análisis de consumo eléctrico en función de la producción, partiendo de aspectos relacionados a los procesos productivos.

Una vez identificadas las deficiencias presentes, se procederá a: i) Realizar el diseño de las nuevas instalaciones eléctricas, de manera que cumplan la normativa correspondiente

y permitan satisfacer las futuras necesidades de la fábrica; ii) Presentar propuestas de uso eficiente de la energía, tales como: variación de horarios de operación, uso de luminarias eficientes para iluminación de las áreas de trabajo, implementación de sistemas de arranque para motores, utilización de iluminación automática y reducción de la caída de voltaje en la alimentación de la maquinaria.

A continuación, se procederá a realizar el diseño para la propuesta de la utilización de un tipo de energía alternativa, en este caso por la ubicación de la fábrica se considerará la energía solar foto voltaica que junto al abastecimiento de la EEQ brindarán un alto índice de confiabilidad a las instalaciones, permitiendo reducir el costo de operación y traduciéndose en ahorro para la compañía e incremento de competitividad.

Finalmente se realizará el análisis económico de la implementación de las medidas de consumo de la energía en la fábrica mediante el uso de indicadores como VAN, TIR y PR, los cuales permitirán demostrar la viabilidad del proyecto.

Es importante mencionar que el presente trabajo presentará un diseño eléctrico para el uso eficiente de la energía, el cual por pedido de la compañía contemplará la reutilización del material que se encuentre en buenas condiciones, sin embargo, la implementación de dichas propuestas no forma parte del alcance y son los directivos de la empresa quienes decidirán su aplicación.

1.4. JUSTIFICACIÓN

En el país existen leyes y normas establecidas para las instalaciones eléctricas de toda índole, sin embargo, la aplicación de estos instructivos no se ha realizado en edificaciones ya existentes, por lo que un alto porcentaje de industrias artesanales no poseen planos arquitectónicos y peor aún disponen planos eléctricos o levantamientos de su carga instalada. En este proyecto se partirá con un levantamiento completo de toda la red eléctrica de la empresa "PROCONTEX CIA. LTDA.", y se realizará un diseño seguro y eficiente del sistema eléctrico de su nueva planta de producción, el mismo que mediante un uso óptimo y de calidad de la energía, permitirán reducir los costos de producción incrementando la rentabilidad en sus procesos productivos.

Actualmente, la fábrica no cuenta con planos del sistema eléctrico existente, no se ha realizado un levantamiento técnico de su carga instalada ni estudios para la definición del

calibre de conductores o estudios sobre niveles de iluminación; por esta razón es necesario realizar un levantamiento completo del sistema eléctrico actual determinando los puntos críticos existentes, con el objetivo de proporcionar el diseño de la nueva ubicación de la industria considerando la seguridad de las instalaciones y la maquinaria.

El diseño a ser realizado incorpora un estudio de autoabastecimiento mediante un sistema fotovoltaico, el mismo que permitirá una alta eficiencia energética reduciendo costos de operación y mejorando la competitividad de la industria.

CAPÍTULO II

2 MARCO TEORICO

2.1. LEVANTAMIENTO DE CARGA

El levantamiento de carga consiste en cuantificar todas las cargas o puntos eléctricos existentes en una instalación de cualquier tipo, registrando todos los datos posibles como por ejemplo datos de placa, hojas técnicas, mediciones de parámetros, tiempos de trabajo, etc., cabe recalcar que la información adquirida se la debe tratar tanto en términos de carga y demanda ya que son parámetros diferentes pese que tienen el mismo origen.

Este levantamiento y su posterior análisis permitirá determinar el comportamiento eléctrico de la planta industrial, permitiendo la creación de curvas que representen el consumo final, factores de carga, factores de potencia y características especiales. Toda esta información recopilada permitirá recrear modelos de comportamiento mediante el cual se puede predecir el consumo de energía, la demanda total y el factor de utilización.

En una instalación existente, para el levantamiento de carga se debe considerar toda la infraestructura eléctrica como son: conductores, protecciones, aislamientos, etc. teniendo en mente que puede existir información importante que ayude a comprender el funcionamiento de la planta. Otro dato importante que arrojaría este complemento de información es el envejecimiento natural de los materiales que influye directamente en la eficiencia de toda la red. Adicionalmente en términos de costos esto ayudaría a llevar un análisis de los materiales que puedan reutilizarse. Todo esto tiene por objeto que puedan desarrollar futuros planes de mantenimiento y evitar fugas de corriente, puntos calientes y diversos inconvenientes llegando a ser tan perjudiciales como terminar en la interrupción total del servicio y la para de la línea de producción.

En base a la información proporcionada por el personal de mantenimiento y la inspección minuciosa del sistema existente, se deberá identificar los diferentes tipos de cargas para la posterior elaboración de los planos unifilares que se presentarán como parte de los resultados.

La recopilación de información es una fase de gran importancia ya que todos los cálculos futuros se basarán en el análisis obtenido.

A continuación, se detallan las etapas del sistema que se deben considerar para el levantamiento de información:

- Alimentación primaria.
- Centro de transformación aéreo
- Contador de Energía.
- Tablero de Transferencia.
- Tablero de Distribución.
- Protecciones Eléctricas.
- Circuitos Secundarios.

2.1.1 ALIMENTACIÓN PRIMARIA

Cualquier instalación eléctrica parte de la alimentación primaria sea esta por parte de autoabastecimiento o de alguna distribuidora autorizada, mediante alimentadores que transportan la electricidad desde las subestaciones de distribución.

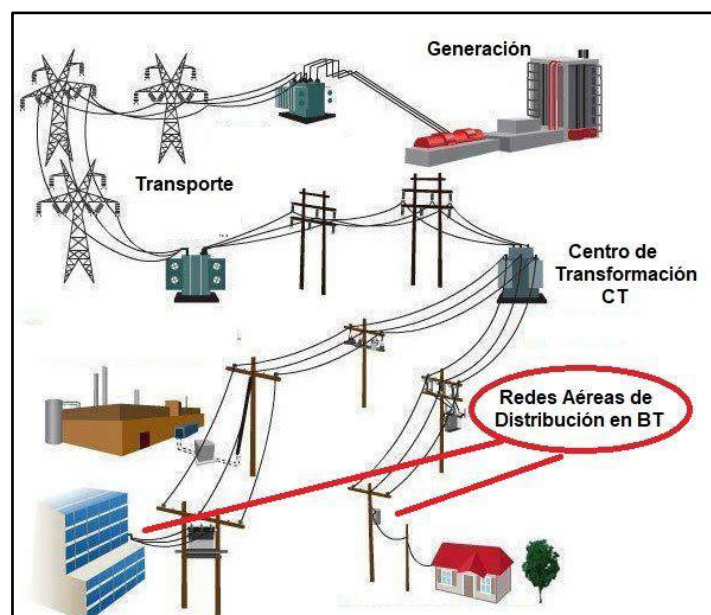


Figura 2.1. Redes de distribución.

Las redes de distribución se pueden clasificar de acuerdo al tipo de cargas que alimentan:

- **Redes de Distribución Residencial:** Como su nombre lo menciona tiene como destino la alimentación de edificios de apartamentos, domicilios, multifamiliares, condominios, urbanizaciones, etc. tomando como referencia que los consumos de estas cargas son plenamente resistivas, sin embargo el incremento de tecnología basada en microprocesadores ha empezado a considerar inyección de contenido armónico a la red. [3]
- **Redes de Distribución Comercial:** Al igual que el tipo anterior su nombre determina claramente el destino final de los alimentadores, consistiendo en la alimentación de toda actividad comercial, su consumo es resistivo con un pequeño componente inductivo y al igual el avance de la tecnología está empezando a presentar inyecciones de armónicos. [3]
- **Redes de Distribución Industriales:** En el caso de consumidores industriales la presencia de energía reactiva es un componente importante principalmente por la gran cantidad de motores que presentan, creando la necesidad de la corrección del factor de potencia y una diferenciación del tipo de facturación del consumo de energía y presentándose casos especiales que necesitan la implementación de alimentadores exclusivos para una compañía. [3]

2.1.2 CENTRO DE TRANSFORMACIÓN AÉREO

Consiste en transformadores que por su tamaño, peso y capacidad pueden ser instalados a la intemperie. [3] Los equipos más utilizados son los transformadores de distribución sumergidos en aceite convencionales o auto protegidos, mismos que cumplen varias características básicas como se presentan en la Tabla 2.1.

Tabla 2.1. Características básicas de transformadores sumergidos en aceite. [3]

Tipo de refrigeración:	Natural (ONAN)	
Tipo de instalación:	Intemperie para instalación en poste	
Frecuencia:	60 Hz	
Voltaje nominal del primario:	22.8 kV - 13.2 kV - 6.3 kV	
Voltaje nominal del secundario:	1 Fase	240 / 120 V
	3 Fases	208 / 120 V
		220 / 127 V
		214 / 123 V

Los centros de transformación aéreos pueden instalarse en estructuras de uno o dos postes denominadas torres.

Para el caso de transformadores monofásicos, en un poste, no puede sobre pasar los 75 kVA y la instalación correcta del equipo se muestra en la figura 2.2:

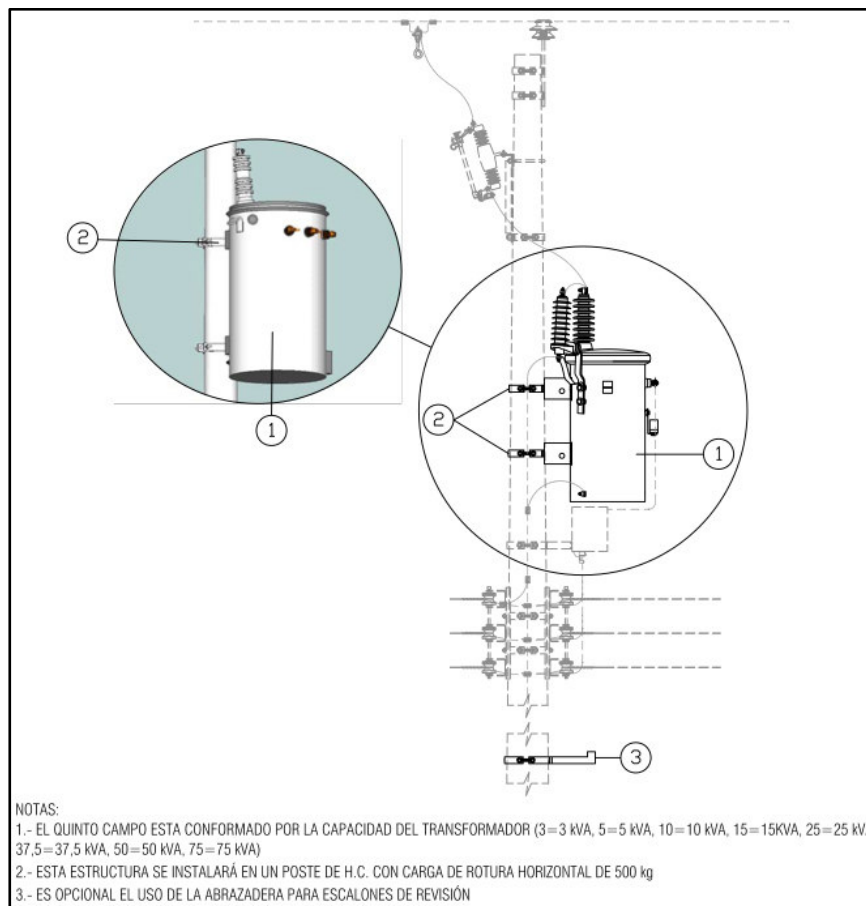


Figura 2.2. Norma para instalación de transformador monofásico. [4]

Para el caso de transformadores trifásicos, en dos postes, no puede sobre pasar los 150 kVA y la instalación correcta del equipo se muestra en la Figura 2.3:

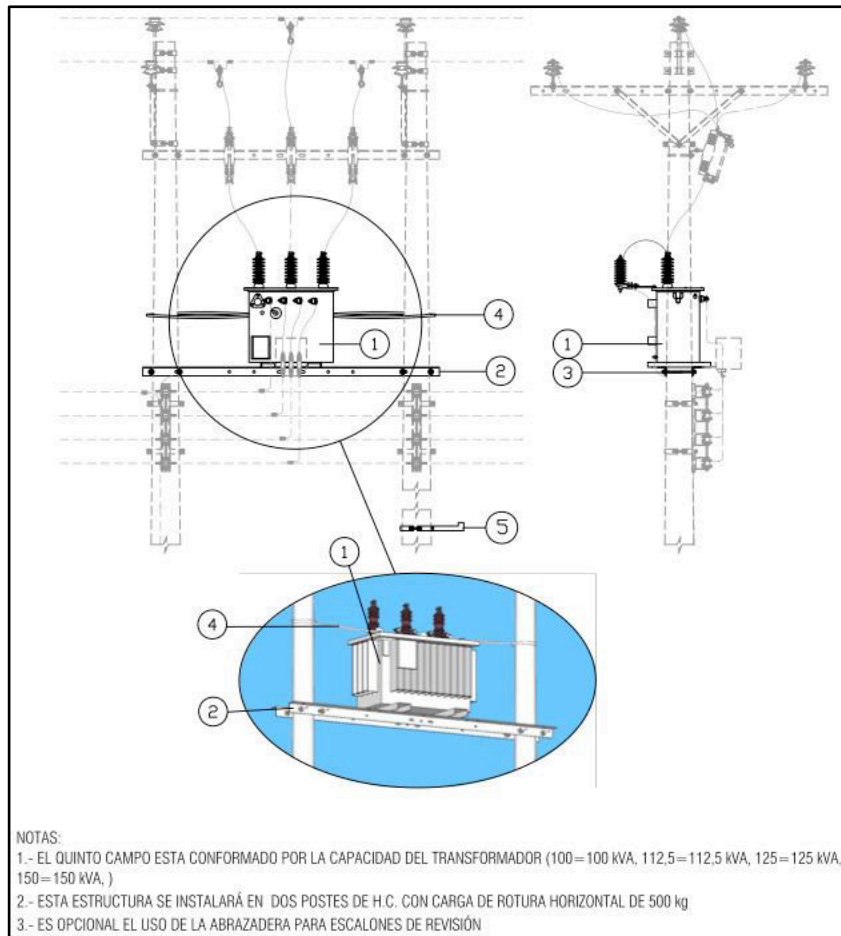


Figura 2.3. Norma para instalación de transformador trifásico. [4]

2.1.3 CONTADOR DE ENERGÍA

El contador de energía es un dispositivo que cuenta con un registrador digital o analógico, el cual permite medir el consumo de electricidad, suministrada por la distribuidora autorizada, dependiendo de la categorización del cliente los medidores poseen la capacidad de indicar el consumo de energía activa (kWh), reactiva (kVARH) y la potencia de demanda (kW) del cliente, de acuerdo con la Tabla 2.2.

Tabla 2.2 Estructura del Pliego Tarifario Vigente. [5]

Categoría	Nivel de Voltaje - NV	Grupo de Consumo	Registro de Demanda	
Residencial	Bajo Voltaje - BV NV < 600 V	Residencial	Sin demanda	
General		Medio Voltaje - MV 600 V ≤ NV ≤ 40 kV	Comercial	Sin demanda
				Con demanda
				Con demanda horaria
			Industrial	Sin demanda
				Con demanda
				Con demanda horaria
		Alto Voltaje - AV AV1: 40kV ≤ NV ≤ 138 kV	Otros (*)	Sin demanda
				Con demanda
				Con demanda horaria
			Comercial	Con demanda
				Con demanda horaria diferenciada
AV2: NV > 138 kV	Industrial	Con demanda horaria diferenciada		

2.1.4 TABLERO DE TRANSFERENCIA

Un tablero de transferencia eléctrica es un dispositivo que permite conectar la carga eléctrica completa o parcial a un generador provisional en el caso de una interrupción por parte de la distribuidora, generalmente está instalado junto al tablero de distribución general y puede tener una operación manual o automática, en cualquiera de los dos casos debe contar con un sistema de enclavamiento el cual no permita que el suministro principal y el de emergencia funcionen al mismo tiempo.

La compañía “PROCONTEX” dispone de un tablero de transferencia manual obsoleto que trabajaba con un generador a diésel, sin embargo, por medio de información proporcionada

por el personal técnico este tablero funcionó pocas ocasiones y no tuvo mantenimientos adecuados.

2.1.5 TABLERO DE DISTRIBUCIÓN PRINCIPAL

Los tableros de distribución son armarios generalmente metálicos, en los cuales se encuentran dispositivos de conexión, protección, maniobra, alerta, etc., estos tableros deben estar diseñados de acuerdo con la posición que toman dentro de todo el circuito eléctrico, es así que se puede mencionar que el tablero principal o general debe estar diseñado para soportar una sobrecarga de todo el sistema, en cambio los tableros secundarios permiten la segmentación de circuitos, permitiendo que al presentarse fallas en cualquier maquinaria, coordinar las protecciones y que la alimentación principal no se vea afectada. En la figura 2.4 se puede observar un ejemplo de tablero de distribución.

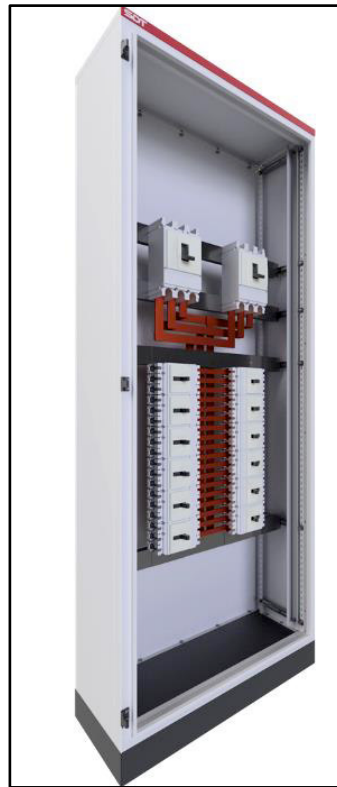


Figura 2.4. Tablero de distribución.

2.1.6 PROTECCIONES ELÉCTRICAS

El principal objetivo de las protecciones eléctricas es prevenir que algún fallo en un equipo o un circuito no afecte al mismo equipo y/o a la red completa, es así que para una correcta protección de una instalación eléctrica se debe coordinar escalonada y correctamente las mismas permitiendo aislar la falla y solo desconectar los equipos que sean implicados y no perder toda la operación de la red.[6] (ver figura 2.5)

Las principales características de las protecciones son:

- **Confiabilidad:** Una protección debe operar cuando sea requerida así mismo no operar si no es necesario, si existe duda sobre la falla debe operar.
- **Selectividad:** La protección debe permitir aislar la falla sin desconectar nada que no sea estrictamente necesario y así reducir el paro de operaciones.
- **Rapidez:** El tiempo de operación debe ser el mínimo posible, para evitar causar daños graves a la red.
- **Sensibilidad:** Las protecciones deben operar coordinadamente, es decir desde el nivel más bajo o cercano a la falla hasta llegar a la protección principal del sistema.

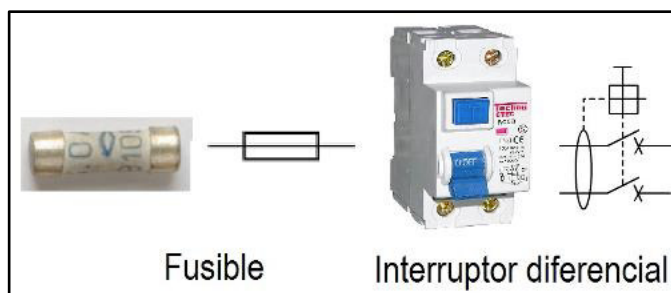


Figura 2.5. Ejemplo de protecciones más comunes.

2.1.6.1 PROTECCIONES DE SOBRE CORRIENTE

Las protecciones de sobre corriente son dispositivos que detectan un aumento de flujo de corriente con respecto al nominal, las mismas pueden estar reguladas a valores constantes o variables, permitiendo configurar su rango de operación. [6] En un sistema eléctrico de

cualquier índole uno de los fenómenos más comunes es la elevación de la corriente, las cuales son provocadas por operación de algún equipo, salida inesperada de carga, descarga atmosférica, etc. La correcta operación de las protecciones depende principalmente de dos puntos:

- El valor máximo de corriente permitido
- El tiempo de operación de la protección

Gracias a estas dos características se puede hablar de una coordinación de protecciones, ya que si en un circuito secundario supera su valor máximo permitido la protección de dicho circuito debe operar aislando la falla y permitiendo a la red principal y demás seguir funcionando sin afectación alguna. [6] Debido a la característica de la protección de trabajar con un intervalo de tiempo definido se pueden clasificar en:

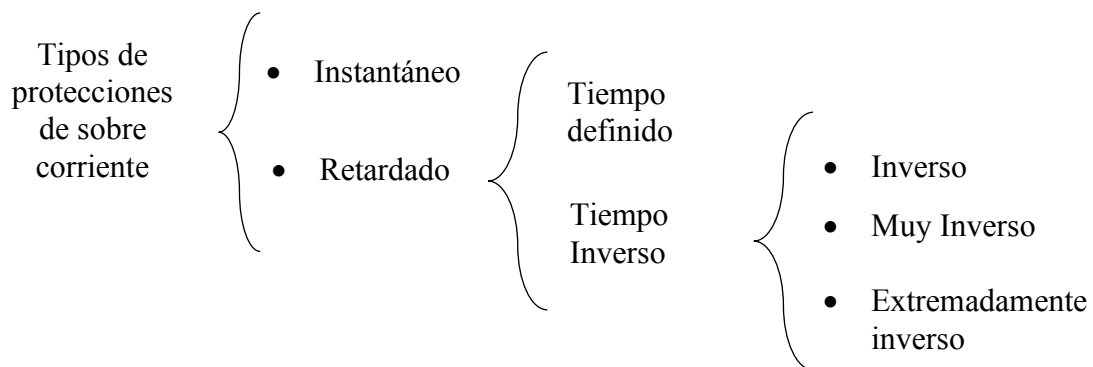


Tabla 2.3 Tiempos de operación de protecciones de sobre corriente

TIPO	TIEMPO
Instantáneo	$t = 0$
Tiempo definido	$t = K$
Tiempo inverso	$t = K / I$
Tiempo muy inverso	$t = K / I^2$
Tiempo extremadamente inverso	$t = K / I^3$

A continuación, en las figuras 2.6 a la 2.8 se pueden observar las curvas de comportamiento de los tiempos de operación de protecciones de sobre corriente, mismas que sirve para la correcta coordinación.

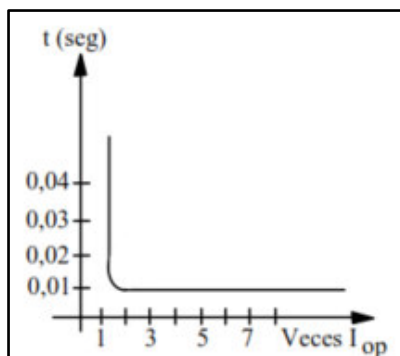


Figura 2.6. Curva tiempo vs corriente (tiempo instantáneo)

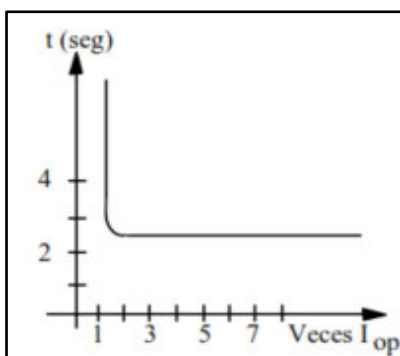


Figura 2.7. Curva tiempo vs corriente (tiempo definido)

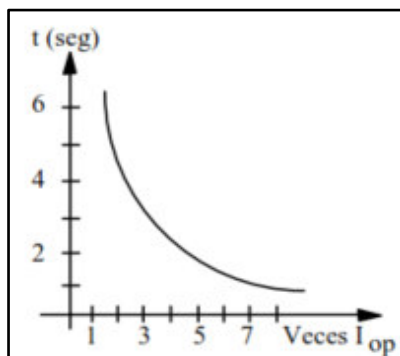


Figura 2.8. Curva tiempo vs corriente (tiempo inverso)

2.1.7 CIRCUITOS SECUNDARIOS

Se denomina circuitos secundarios a los componentes de una red que culmina en la carga, siempre tomando en cuenta a donde esta referenciado el circuito; por ejemplo, las salidas del tablero de distribución general hacia los tableros secundarios se denominan circuitos

secundarios mismos que alimentan a los subtableros y estos a su vez las diferentes cargas eléctricas internas de la fábrica, tales como iluminación, maquinaria, etc. [7]

Para el caso de los circuitos secundarios es importante tomar en cuenta la caída de voltaje ya que en este punto las distancias que recorre el cableado pueden llegar a ser importantes y para que el funcionamiento de la maquinaria sea el óptimo debemos asegurar que los voltajes se encuentren dentro de la tolerancia que los equipos aceptan.[7]

2.2. ILUMINACIÓN

Uno de los aspectos a tomar en cuenta para el consumo eléctrico eficiente es la iluminación, ya que se debe tomar en cuenta los entornos, la actividad que se va a realizar, la iluminación natural, el tipo de luminaria a utilizar y la automatización de estas.

En la actualidad existen varios tipos de software de licencia libre y pagada que facilitan los cálculos para el diseño lumínico de una edificación de cualquier tipo, para este proyecto se utilizará DIALux.

2.2.1 SOFTWARE DIALux

“DIALux evo“ (ver figura 2.9) es un software de uso libre el cual permite calcular, planificar y visualizar la iluminación de cualquier zona sea esta interna o externa, obteniendo resultados tanto para un edificio completo como para una habitación pequeña; así mismo, parqueaderos o carreteras utilizando productos de catálogos reales de diferentes marcas a nivel mundial.[8]

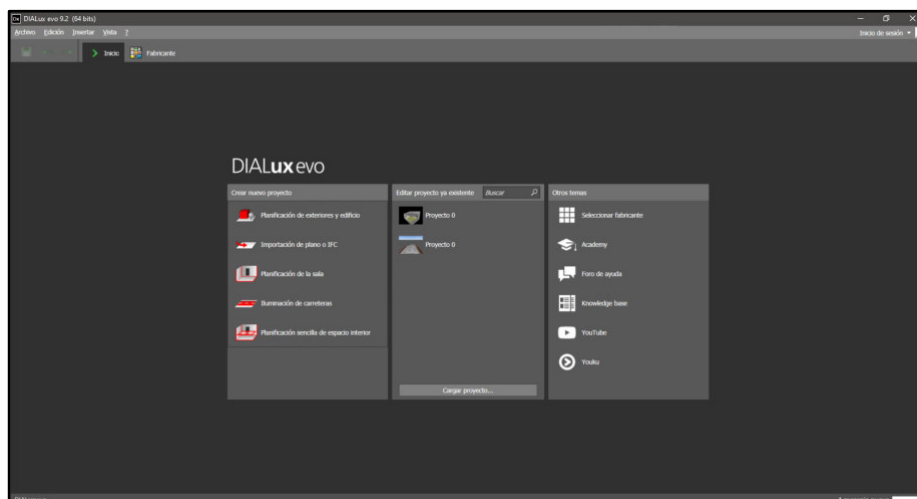


Figura 2.9. Pantalla de inicio software “DIALux evo”.

Las herramientas de este software especializado en iluminación permiten cargar nuestro plano con extensión .dwg (en este caso AutoCAD versión para estudiante) y modelar nuestra infraestructura en 3D permitiendo tener un punto de vista más realista de como quedaría el diseño tanto con los materiales reales de pisos, paredes, techos, etc. como con el tipo, cantidad, altura de las luminarias que hemos escogido para el proyecto. [8] (ver figura 2.10)

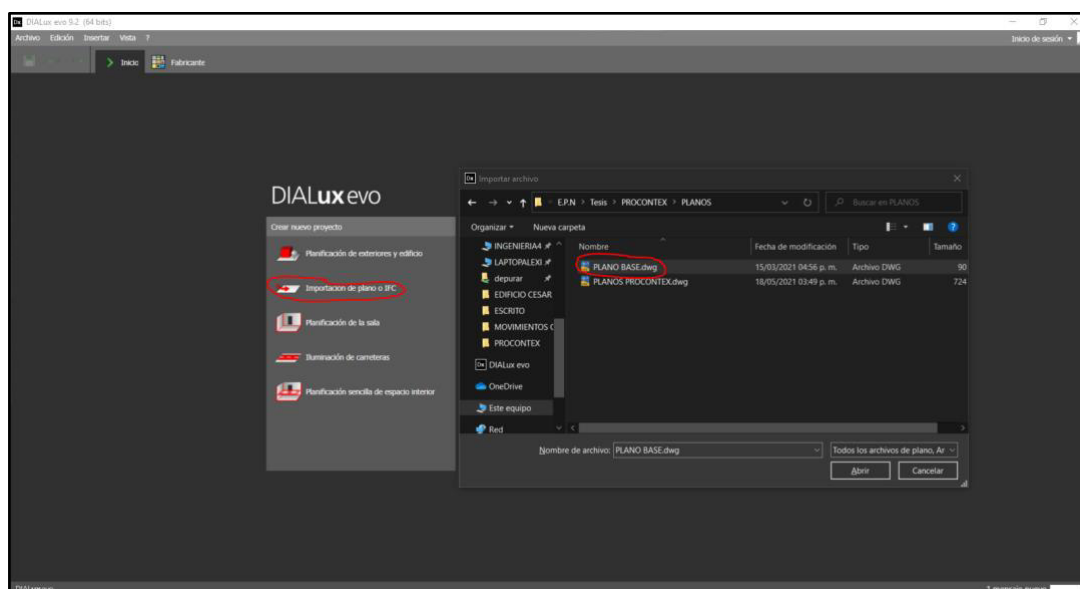


Figura 2.10. Pantalla para cargar planos.

En la figura 2.11 se observa la pantalla para cargar planos. El software solicita dibujar un eje de referencia en el plano y acotar una distancia en el mismo para que los cálculos se puedan realizar tomando en cuenta las áreas y superficies reales y no escaladas.

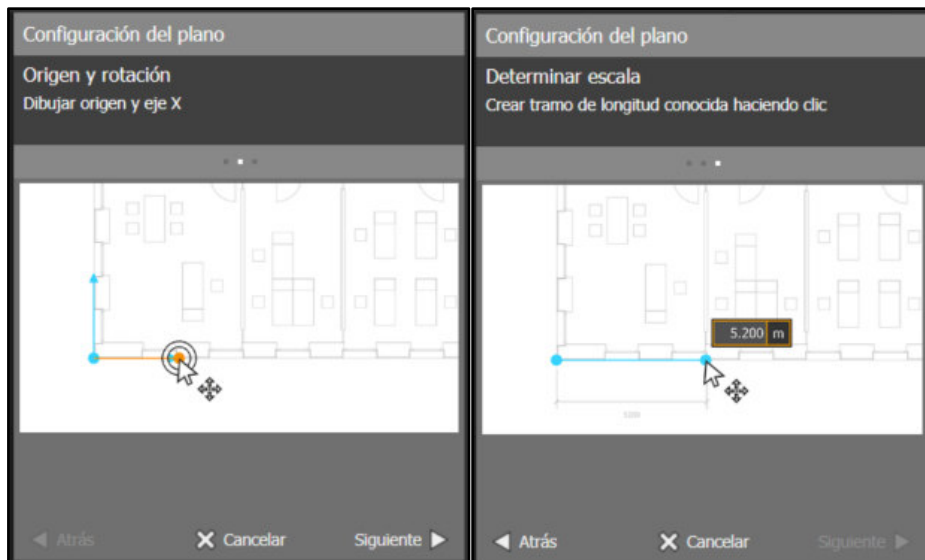


Figura 2.11. Pantalla para cargar planos.

Una vez configurado el plano se puede iniciar con el modelado 3D, ingresando paredes, techos, ventanas, puertas, muebles etc. configurando la altura, ancho y material de cada uno de estos, cabe recalcar que el diseño de los interiores de las zonas debe ser lo más detallado posible ya que esto permitirá un cálculo más realista al momento de ingresar la iluminación. (Ver figura 2.12)

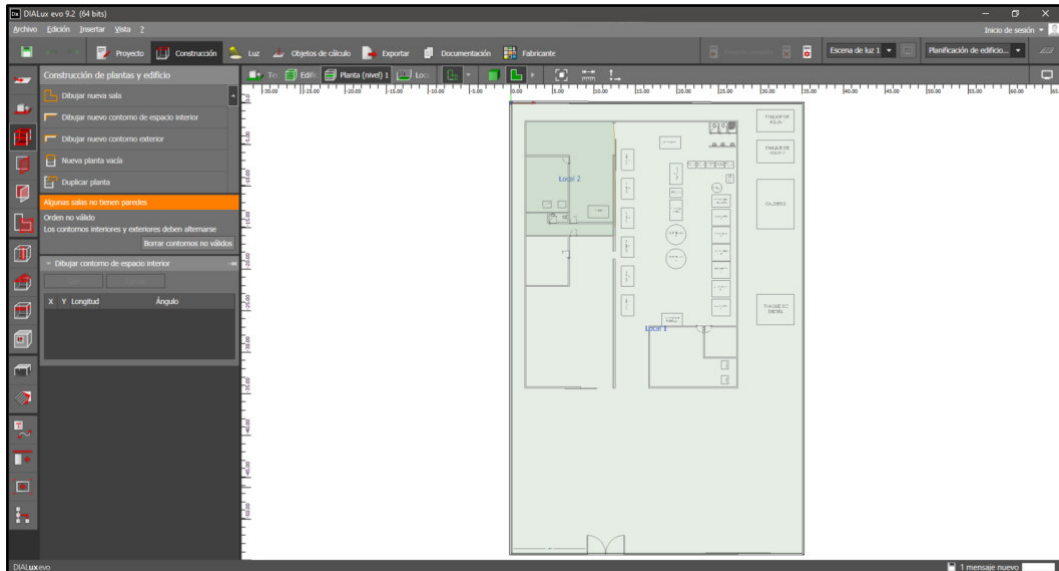


Figura 2.12. Delimitación de zonas externas e internas.

2.2.2 VALOR DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LA INSTALACIÓN

El valor de la eficiencia energética de la instalación es un indicador que representa la eficiencia energética del sistema de iluminación este se expresa en $[W/m^2]$ por cada 100 luxes, se calcula de acuerdo a la siguiente ecuación [10]:

$$VEEI = \frac{P * 100 (lx)}{S * E_{real}} \quad (2.1)$$

Donde:

- P: es la potencia activa consumida del total de luminarias en [W].
- S: es área de la zona de trabajo en (m^2) .
- E_{real} : iluminación real promedio obtenida en (lx).

El criterio de eficiencia se cumple cuando el valor calculado es menor al limite obtenido de la guía técnica de eficiencia energética en iluminación [10].

2.3. CÁLCULO DE CALIBRE DE CONDUCTORES

Un aspecto importante al momento de realizar el diseño de instalaciones eléctricas es la selección adecuada del calibre de conductores, esto se debe a varios aspectos; tales como, las condiciones climáticas, la corriente que va a circular, el tipo de instalación, las condiciones ambientales, la caída de voltaje. Por ejemplo, no es lo mismo instalar un conductor dentro de una infraestructura que hacerlo al aire libre, en el segundo caso debe tener un aislamiento tal que no permita que las condiciones climáticas afecten su funcionamiento.

2.3.1 CAPACIDAD DE CORRIENTE

La capacidad de corriente que puede circular por un conductor varía dependiendo del material utilizado y la capacidad térmica del mismo, tal como se indica en la tabla 2.4 [7]

Tabla 2.4 Capacidad de conducción eléctrica cable de cobre

AMPERAJE QUE SOPORTA CABLES DE COBRE			
Nivel de temperatura	60° C	75° C	90° C
Tipo de Aislante	TW	RHW, THW, THWN	THHN, XHHW-2, THWN-2
Calibre del conductor	AMPERAJE SOPORTADO		
14 AWG	15 A	15 A	15 A
12 AWG	20 A	20 A	20 A
10 AWG	30 A	30 A	30 A
8 AWG	40 A	50 A	55 A
6 AWG	55 A	65 A	75 A
4 AWG	70 A	85 A	95 A
2 AWG	95 A	115 A	130 A
1/0 AWG	125 A	150 A	170 A
2/0 AWG	145 A	175 A	195 A
3/0 AWG	165 A	200 A	225 A
4/0 AWG	195 A	230 A	260 A

PROCONTEX posee maquinaria que carece de información técnica respectiva debido a la pérdida de documentación técnica y por la edad propia de los equipos, siendo pocas las que tienen sus respectivos datos de placa; por lo que, para el cálculo se tomará en cuenta la información técnica proporcionada por el jefe operativo y se procederá a realizar los cálculos de corrientes que permitirán obtener el calibre adecuado.

$$I_n = \frac{P [W]}{\sqrt{3} * U_n [V] * \cos \phi * \eta} [A]. \quad (2.2)$$

donde:

I_n : corriente nominal de la máquina en amperios.

P : potencia nominal de la máquina en watios.

U_n : voltaje de alimentación en voltios.

$\cos \phi$: factor de potencia.

η : eficiencia de motor.

2.4. CAÍDA DE VOLTAJE

La caída de voltaje es la reducción de la tensión en el punto de alimentación de la carga, debido a las pérdidas en los conductores, la misma no es considerada un problema de seguridad, sin embargo, se presentan varias recomendaciones como el correcto dimensionamiento de alimentadores y así alcanzar la eficiencia más alta posible.

Dentro de las exigencias operativas de cualquier tipo de máquina, el fabricante menciona un rango de voltaje al cual su diseño entrega el máximo desempeño posible y garantice su tiempo de vida, si el voltaje con el cual se alimenta los bornes del equipo es menor al que entrega la fuente y si esta diferencia es considerable o fuera del rango permitido se puede asegurar que las máquinas inductivas se verán afectadas ya que sus bobinados incrementarían la temperatura, mostrando un funcionamiento inferior al normal y debilitando constructivamente a todos los elementos, reflejándose esto directamente en la reducción de la vida útil de la máquina. [7]

En el mercado existen maquinarias con componentes electrónicos sensibles, si este voltaje es menor al rango permitido pueden presentarse problemas como apagados repentinos o daños en ellos; en iluminación es otro elemento que es muy evidente la mala alimentación eléctrica. Se recomienda que la caída de voltaje sea en total un máximo del 5% entre el alimentador primario y el circuito secundario, adicionalmente cada uno de estos no debe superar el 3% de caída, con estas recomendaciones se puede asegurar un correcto funcionamiento de todo el sistema.

La caída de voltaje es directamente proporcional a la longitud y la corriente del circuito de alimentación multiplicados por una constante, este último valor extraído de bibliografía especializada se presenta en la Tabla 2.5:

Tabla 2.5 Constantes para el cálculo de caída de voltaje. [7]

CALIBRE A.W.G. K.C.M.	CIRCUITOS MONOFASICOS A 127 V	CIRCUITOS BIFASICOS A 220 V	CIRCUITOS TRIFASICOS A 220 V	CIRCUITOS TRIFASICOS A 440 V
14	0.01305	0.00754	0.00650	0.00326
12	0.00820	0.00474	0.00410	0.00205
10	0.00515	0.00298	0.00258	0.00129
8	0.00323	0.00187	0.00162	0.00081
6	0.00203	0.00117	0.00103	0.00051
4	0.00128	0.00074	0.00064	0.00032
2	0.00081	0.00047	0.00040	0.00020
1/0	0.00050	0.00029	0.00025	0.00013
2/0	0.00040	0.00023	0.00020	0.00010
3/0	0.00320	0.00180	0.00016	0.00008
4/0	0.00025	0.00015	0.00013	0.00006
250	0.00021	0.00012	0.00011	0.00005
300	0.00018	0.00010	0.00009	0.00004
400	0.00013	0.00008	0.00007	0.00003
500	0.00011	0.00006	0.00005	0.00002

Con los cuales el cálculo de caída de voltaje se realizará con la siguiente formula:

$$\% V = I [A] * d [m] * k \quad (2.3)$$

Donde:

- %V: porcentaje de caída de voltaje.
- I: corriente nominal.
- d: longitud del conductor.
- k: constante del conductor.

2.5. CÁLCULO DE MALLA A TIERRA

La malla a tierra para cualquier instalación eléctrica tiene como objetivo manejar cualquier tipo de descarga peligrosa como son:

- Voltaje de contacto

- Voltaje de paso

Así mismo, sirve para la protección de todos los dispositivos eléctricos y electrónicos, además de garantizar el correcto funcionamiento de protecciones de los relés. [11]

La resistividad del terreno es un parámetro para considerar al momento de realizar los cálculos de la malla a tierra, estos valores varían dependiendo de la composición del suelo por lo que en algunos casos se debe preparar o mejorar la calidad de éste. Para que la malla a tierra trabaje de manera adecuada, se utilizan los valores indicados en la Tabla 2.6.

Tabla 2.6. Valores de resistividad según la naturaleza del suelo. [11]

Naturaleza del terreno	Resistividad en [Ω-m]
Terrenos pantanosos	20 a 100
Limo	10 a 150
Humus	5 a 100
Turba húmeda	50
Arcilla plástica	100 a 200
Margas y arcillas compactas	30 a 40
Margas del jurásico	50 a 500
Arena arcillosa	200 a 3000
Arena silíceas	300 a 500
Suelo pedregoso cubierto de césped	1500 a 3000
Suelo pedregoso desnudo	100 a 300
Calizas compactas	1000 a 5000
Calizas cagrietadas	500 a 1000
Pizarras	50 a 300
Rocas de mica y cuarzo	800
Granitos y gres precedentes de alteración	1500 a 10000
Granitos y gres muy alterados	100 a 600
Hormigón	2000 a 3000
Basalto o grava	3000 a 5000

2.5.1 CÁLCULO DE CORRIENTE MÁXIMA DE FALLA

Se define como corriente máxima de falla a la corriente más alta que se produce en una falla y se la puede calcular aplicando la fórmula:

$$I_G = Cp * Df * Ig \quad (2.4)$$

Donde:

Cp : factor de crecimiento

Df : factor de decremento

Ig : Valor eficaz de corriente simétrica de falla

2.5.2 CÁLCULO DEL TAMAÑO DEL CONDUCTOR DE PUESTA A TIERRA

Una vez obtenido el valor de la corriente máxima de falla se puede calcular el tamaño del conductor que soporte la misma, de acuerdo con la siguiente expresión [12]:

$$S_C = \frac{I_G}{\sqrt{\left(\frac{TCAP * 10^{-4}}{t_c * \alpha_r * \rho_r}\right) * \ln\left(\frac{K_0 + T_m}{K_0 + T_\alpha}\right)}} \quad (2.5)$$

Dónde:

I_G → Corriente máxima de falla.

T_m → Máxima temperatura disponible o temperatura de fusión en °C.

T_α → Temperatura ambiente en °C.

α_r → Coeficiente térmico de resistividad a la temperatura de referencia T_r 1/°C.

ρ_r → Resistividad del conductor de tierra a la temperatura de referencia T_r $\mu\Omega$ -cm.

K_0 → $1/\alpha_0$ o $[(1/\alpha_0) - T_r]$ en °C.

t_c → Duración de la corriente en seg.

TCAP → Capacidad térmica por unidad de volumen en J / (cm³ * °C).

Para la zona donde se ubica la compañía "PROCONTEX" se toma como temperatura de referencia 20° C que es muy común en la ciudad de Quito [12], las constantes adicionales dependen del tipo de material mismas que se presentan la Tabla 2.7:

Tabla 2.7. Valores de constantes por materiales [12]

Descripción	Conductividad del material (%)	Tm °C	Kf
Copper, annealed soft-drawn	100	1083	7
Copper, Commercial hard-drawn	97	1084	7,06
Copper, Commercial hard-drawn	97	250	11,78
Copper-clad steel wire	40	1084	10,45
Copper-clad steel wire	30	1084	12,06
Copper-clad steel rod	20	1084	14,64
Aluminum EC Grade	61	657	12,12
Aluminum 5005 Alloy	53,5	652	12,41
Aluminum 6201 Alloy	52,5	654	12,47
Aluminum-clad steel wire	20,3	657	17,2
Steel 1020	10,8	1510	15,95
Stainless clad steel rod	9,8	1400	14,72
Zinc coated steel rod	8,6	419	28,96
Stainless steel 304	2,4	1400	30,05

2.5.3 CÁLCULO DE LA RESISTENCIA DE LA PUESTA A TIERRA

Para el cálculo de la resistencia de la puesta a tierra se utilizará las ecuaciones de Schwarz, las cuales nos permiten determinar la resistencia total del sistema incluyendo el cable enterrado formando una capa horizontal y las varillas enterradas verticalmente, la ecuación es:

$$R_g = \frac{R_1 * R_2 - R_m^2}{R_1 + R_2 - 2R_m} \quad (2.6)$$

Donde:

R_1 es la resistencia a tierra de los conductores [Ω].

R_2 es la resistencia de todas las varillas enterradas [Ω].

R_m es la resistencia mutua entre R_1 y R_2 [Ω].

Los valores para R_1 y R_2 se calculan de la siguiente forma:

$$R_1 = \frac{\rho}{\pi * L_C} \left[\ln \left(\frac{2 * L_C}{a'} \right) + \frac{k_1 * L_C}{\sqrt{A}} - k_2 \right] \quad (2.7)$$

donde:

ρ : resistividad del suelo.

a' : es $\sqrt{a * 2h}$ para conductores enterrados una profundidad h .

L_c : longitud total de los conductores de la malla.

$a = a'$ para conductores en la superficie.

A : área cubierta por los conductores en m^2 .

k_1 y k_2 : son coeficientes que se ven en la figura 1.35.

$$R_2 = \frac{\rho}{2 * \pi * n_R * L_r} * \left[\ln \left(\frac{4 * L_r}{b} \right) - 1 + \frac{2 * k_1 * L_r}{\sqrt{A}} (\sqrt{n_R} - 1)^2 \right] \quad (2.8)$$

Donde:

L_r : longitud de cada varilla.

b : diámetro de la varilla en metros.

n_R : número de varillas colocadas en el área.

$$R_m = \frac{\rho}{\pi * L_c} \left[\ln \left(\frac{2 * L_c}{L_r} \right) + \frac{k_1 * L_c}{\sqrt{A}} - k_2 + 1 \right] \quad (2.9)$$

k_1 y k_2 : son coeficientes que se calculan a partir de:

$$k_1 = -0.05 \frac{L_x}{L_y} + 1.20 \quad (2.10)$$

$$k_2 = 0.10 \frac{L_x}{L_y} + 4.68. \quad (2.11)$$

Donde L_x y L_y corresponden a los valores de la curva seleccionada (ver figura 2.13) de los ejes de relación largo ancho de la malla y el respectivo coeficiente.

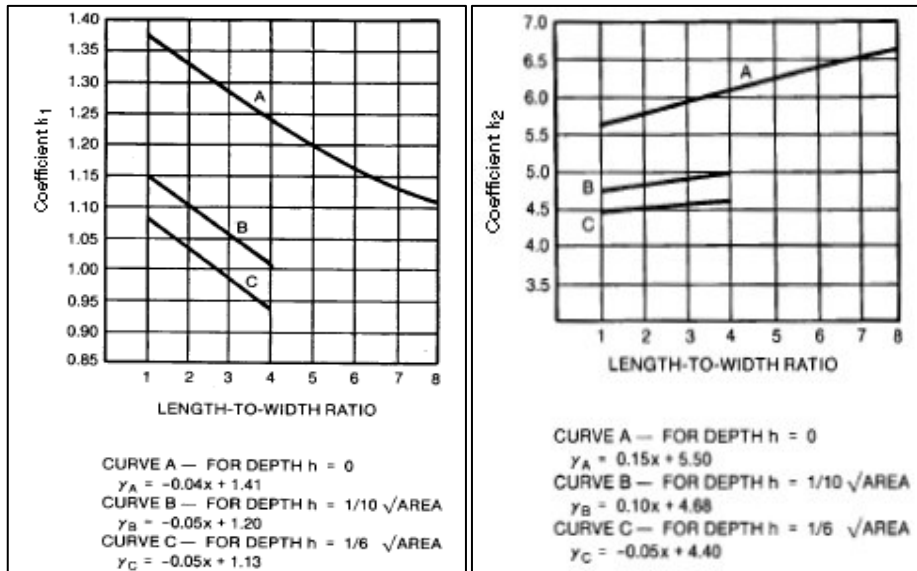


Figura 2.13. Constantes k_1 y k_2 . [12]

2.6. FUENTE DE AUTOABASTECIMIENTO ELÉCTRICO

El presente proyecto tomará en cuenta una fuente de autoabastecimiento basado en energía foto voltaica que aprovechará la altura y posición de la ubicación de Quito – Ecuador, esto nos permite aprovechar de mejor manera la energía emitida por el sol y utilizarla a nuestro beneficio.

2.6.1 ENERGÍA SOLAR

Se define como energía solar a la energía que proviene de la radiación electromagnética del sol, misma que el ser humano a través de la historia ha aprendido a utilizarla desarrollado varias tecnologías que le permiten aprovecharla y convertirla en energía eléctrica limpia ya que su tratamiento tiene un porcentaje de contaminación de 0% siendo esta una de las alternativas más viables para el futuro. [13]

Este tipo de energía es considerada competitiva debido a la eficiencia que se ha podido conseguir a través del tiempo, actualmente las horas de sol son altamente aprovechables para la generación eléctrica, todo esto gracias a la mejora de la eficiencia desarrollada por materiales más conductivos, permitiéndole ser utilizable sin producir sustancias ni gases

contaminantes para el medio ambiente. La acumulación de energía por medio de baterías permite utilizarla en la noche o cuando se la necesite.

Es claro que la energía solar es inagotable, el sol entrega mucha más energía en forma de luz y calor para satisfacer las necesidades energéticas de todo el mundo; por lo que, junto a la generación eólica, estas dos energías limpias podrían ser el futuro para la generación del 100% de demanda eléctrica del planeta.

La energía solar principalmente se utiliza de dos formas la primera es la energía fotovoltaica y la segunda es la energía termosolar; los paneles solares fotovoltaicos transforman directamente la luz en energía eléctrica, este proceso se realiza mediante la absorción de fotones y la liberación de electrones generando una corriente por el movimiento de estos últimos, efecto conocido como fotoeléctrico; por otra parte, la energía termosolar basa su funcionamiento en la acumulación del calor emitido por el sol, este proceso se realiza mediante paneles o espejos que absorben y concentran el calor transfiriéndolo a un fluido el mismo que es conducido por un sistema de tuberías el cual se puede aprovechar de dos maneras, como calefacción y como producción de electricidad, siendo la última conocida como energía termoeléctrica. La energía termoeléctrica se basa en la evaporación de un líquido (generalmente agua), utilizando este vapor para producir movimiento en turbinas y así generar energía eléctrica. [13] (Ver figuras 2.14 y 2.15)

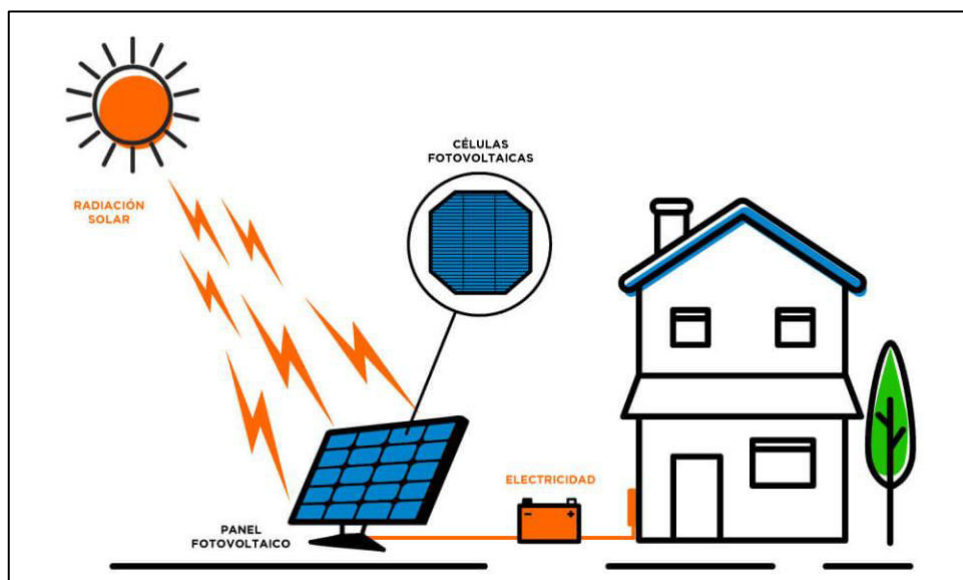


Figura 2.14. Energía Fotovoltaica [13].

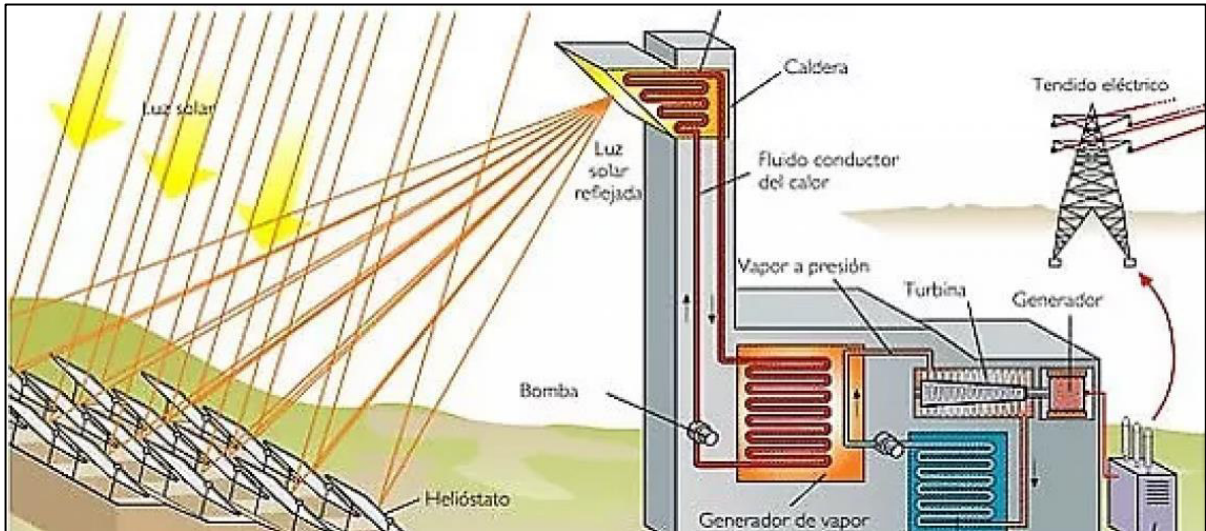


Figura 2.15. Energía Termoeléctrica [13].

2.6.2 ENERGÍA FOTOVOLTAICA

A continuación, se explica de manera general las fases del funcionamiento del proceso de generación de electricidad derivado de la energía fotovoltaica.

- **Generación**

En esta parte del sistema se considera los paneles que absorben la luz emitida por el sol, en los cuales dependerá el número y tipo de conexión de la carga, la posición y la potencia de cada panel.

- **Transmisión**

Todo lo que conlleve a la interconexión entre elementos del sistema y los inversores necesarios para la transformación de la energía acumulada, esto debido a que se genera corriente continua y todos nuestros artefactos convencionales utilizan corriente alterna para su funcionamiento normal.

- **Acumulación**

Como se mencionó previamente este tipo de energía es producida solo durante el día por lo que un sistema de baterías es imprescindible o una alimentación mixta a la red pública, incrementando su eficiencia considerablemente.

2.6.3 DISEÑO DE UN SISTEMA DE ENERGÍA FOTOVOLTAICA

El diseño de un sistema fotovoltaico parte de la determinación del perfil de la carga que se va a alimentar, proceso similar al que se realiza al momento de un diseño convencional tomando en cuenta los hábitos de uso en la instalación eléctrica.

2.6.3.1. ENERGÍA TOTAL A GENERAR

Se parte de la estimación del consumo eléctrico diario, tomando en cuenta las cargas CC y AC, obteniendo el consumo de energía de toda la industria, por lo tanto la energía total se determina a partir de las siguientes ecuaciones: [14]

$$E_{CC} = \sum \#Equipos * Horas * P_{Eq} \quad (2.12)$$

$$E_{AC} = \sum \#Equipos * Horas * P_{Eq} \quad (2.13)$$

$$E_{TOTAL} = E_{CC} + E_{AC} \quad (2.14)$$

Donde:

- P_{Eq} : Potencia nominal del equipo
- E_{CC} : Energía consumida por equipos de corriente continua.
- E_{AC} : Energía consumida por equipos de corriente alterna.

Con lo anterior definimos la cantidad de energía que necesitamos generar mediante nuestros paneles solares.

2.6.3.2. DIMENSIONAMIENTO DE PANELES FOTOVOLTAICOS

Para el dimensionamiento de los paneles solares es importante la definición de un parámetro HSP, el mismo que representa la Hora Solar Pico o el intervalo en el cual los paneles fotovoltaicos generan la mayor cantidad de energía, por ejemplo, en la ciudad de

Quito – Ecuador podemos hablar de un promedio general entre 4 a 5 horas efectivas de generación, por lo tanto la energía generada por cada panel se determina mediante la siguiente expresión:

$$E_{panel} = \frac{E_{TOTAL}}{HSP} \quad (2.15)$$

Una vez obtenida la energía que debe generar cada panel se procede a la elección de una de las opciones del mercado y se calcula el número de paneles de acuerdo a la potencia real de generación, la misma en algunos paneles ya entrega el valor real descontando las pérdidas de los materiales:

$$\#Paneles = \frac{E_{panel}}{P_{real}} \quad (2.16)$$

A continuación, se determina el área física necesaria para la instalación de la cantidad de paneles que satisfacen la energía total, prácticamente se asumen 3.6 m^2 por panel que es el tamaño estándar de casi todas las marcas, incluyendo la zona de paso para mantenimiento, por lo cual se obtiene:

$$\text{Área}_{\text{Instalación}} = \#Paneles * 3.6\text{m}^2 \quad (2.17)$$

Para finalizar con los paneles fotovoltaicos es necesario determinar la configuración de las conexiones entre ellos, la interconexión puede ser en configuración serie en el caso de necesitar incrementar el voltaje del conjunto, paralelo si se necesita incrementar la corriente o una conexión mixta permitiendo conectar conjuntos de paneles entre serie y paralelo, la mejor opción dependerá de los demás equipos de la red, tales como reguladores e inversores, así como de la carga.

2.6.3.3. DIMENSIONAMIENTO DE BATERÍAS

El usuario en función de su requerimiento y presupuesto puede optar por una instalación fotovoltaica aislada o de alimentación mixta. Si una instalación es mixta la utilización de baterías no es necesaria ya que en las noches o momentos que la energía solar no satisfaga las necesidades de la carga, la red eléctrica pública podrá satisfacer la demanda. En el caso de una instalación aislada las baterías permiten suministrar la energía requerida incluso cuando ésta no se pueda generar. [14]

Para calcular el banco de baterías se tiene la siguiente expresión:

$$C_{nb} = \frac{E_{CT}*(Dout+1)}{V_{nom}*PD_{m\acute{a}x}*\eta D} \quad (2.18)$$

Donde:

- $Dout$: días de autonomía con baja o nula generación.
- $PD_{m\acute{a}x}$ profundidad máxima de descarga de las baterías (entregado por fabricante).
- ηD : Eficiencia de descarga de las baterías (entregado por el fabricante).
- C_{nb} : es la capacidad del banco de baterías en amperios hora por día.
- V_{nom} : voltaje nominal del sistema.
- E_{CT} : energía de la carga total

Al igual que en los paneles solares se debe determinar la cantidad de baterías necesarias y la forma de conexión para alimentar la red, por lo tanto, tenemos:

$$N_{BT} = \frac{V_{nom}*C_{nom_banco}}{V_{nom_bat}*C_{nom_bat}} \quad (2.19)$$

$$N_{BS} = \frac{V_{nom}}{V_{nom_bat}} \quad (2.20)$$

$$N_{BP} = \frac{N_{BT}}{N_{BS}} \quad (2.21)$$

Donde:

- N_{BT} : # de baterías totales.
- N_{BS} : # de baterías en serie.
- N_{BP} : # de baterías en paralelo.
- V_{nom} : voltaje nominal del sistema.
- C_{nom_banco} : capacidad nominal del banco de baterías.
- C_{nom_bat} : capacidad nominal de una batería.
- V_{nom_bat} : voltaje nominal de una batería.

2.6.3.4. DIMENSIONAMIENTO DE REGULADOR DE CARGA

Para aprovechar al máximo la corriente total del sistema completo de generación el dimensionamiento del regulador juntamente con los paneles fotovoltaicos se conectarán en serie. Se prevé un factor adicional entre el 20% al 25% como parte de una posible sobrecarga. [14]

2.6.3.5. DIMENSIONAMIENTO DEL INVERSOR

La potencia del inversor está relacionada directamente con la potencia de los aparatos existentes en el sistema, el rendimiento y la simultaneidad de uso de estos. [14]

$$S_{Inv_out} = 1.25 * \frac{P_{carga\ CA}}{Fp} * FS. \quad (2.22)$$

Donde:

- S_{Inv_out} : potencia nominal del inversor.
- $P_{carga\ CA}$: potencia de la carga CA.
- Fp : factor de potencia de la carga.
- FS : factor de simultaneidad de la carga.

El factor de simultaneidad representa la probabilidad de la utilización de los equipos al mismo instante y se determina mediante la razón de uso de los equipo en función del procesos como tal.

CAPÍTULO III

3 DIAGNÓSTICO DEL SISTEMA ACTUAL

La compañía “PROCONTEX” no cuenta con algún plano arquitectónico o eléctrico, por lo que al momento de levantar la información de la carga instalada se presentará únicamente el diagrama unifilar. Ante la ausencia de los mencionados planos y al existir una migración completa de la fábrica no se justifica realizar los planos eléctricos del sistema actual en una planta industrial que se va a desmantelar.

3.1. DESCRIPCIÓN DE LA FÁBRICA

La nueva ubicación de la compañía “PROCONTEX CIA. LTDA.” es en la calle “DE LAS AVELLANAS N66A Y S/N LOTE #2 Y ELOY ALFARO, en el SECTOR “CRISTIANIA 2”, junto a CARCELÉN, en la ciudad de QUITO como se puede ver en el croquis de ubicación y vista superior de las Figuras 3.1 y 3.2 respectivamente.

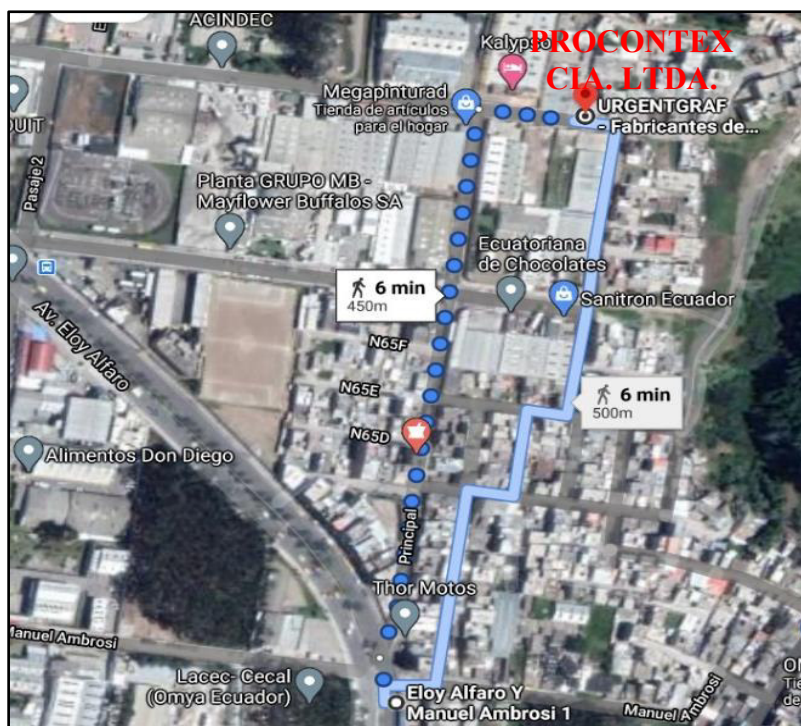


Figura 3.1. Ubicación de la fábrica de “PROCONTEX”.



Figura 3.2. Vista superior de la fábrica de “PROCONTEX”

PROCONTEX se dedica a la lavandería de confecciones textiles, blanqueo y teñido de fibras, hilados, tejidos (telas) y artículos textiles incluido prendas de vestir como pantalones vaqueros (jeans), etc., para otras empresas del sector textil. Su excelente servicio a permitido aumentar su cartera de clientes llegando a tener contratos con marcas reconocidas a nivel nacional; logrando así, incrementar la demanda de sus servicios, permitiéndole adquirir maquinaria adicional y así brindar una mayor cantidad de plazas de trabajo. [1]

3.2. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

Existen varias formas de teñido y lavado de ropa; por lo que, los procesos varían dependiendo del resultado que se busque para la prenda de vestir y la tecnología disponible de la industria, los dos procesos principales que se utilizan para teñir ropa son por abrasión o por lavado.

3.2.1 ABRASIÓN DE PRENDAS DE VESTIR

Este proceso consiste en decolorar la tela de la prenda mediante la frotación con diferentes herramientas específicas para este trabajo, es así que mediante un lavado con piedras de materiales que ocasionen el menor daño posible a la integridad de la tela, permiten reducir la intensidad del color y así entregar al usuario final una variedad de tonalidades para satisfacer sus necesidades. [2]

Este proceso presenta la desventaja de reducir el tiempo de vida de la prenda de vestir, ya que se provoca un degradamiento en la tela por el mismo hecho que se reduce el color mediante la fricción. Ver Figura 3.3



Figura 3.3. Material utilizado para proceso de abrasión de tela. [2]

3.2.2 TEÑIDO DE PRENDAS DE VESTIR

Este proceso consiste en realizar una mezcla con diferentes químicos y tintes los cuales permiten teñir las prendas de vestir, generando una amplia gama de colores para la demanda de los clientes.



Figura 3.4. Proceso de teñido

En la compañía PROCONTEX el proceso más utilizado por su alta eficiencia es el teñido (actividad principal) (ver figura 3.4). Debido a términos de confidencialidad las técnicas de este proceso serán explicadas de manera general y no a detalle. Más adelante se explicará el papel básico de la infraestructura implementada y los procesos. Los materiales, mezclas y tiempos, dependen de recetas estandarizadas aun no patentadas, por lo cual esta información es de uso confidencial y exclusivo de PROCONTEX y no puede publicarse.

3.2.2.1 PROCESO DE LAVADO

En este proceso ingresan las prendas de vestir dependiendo de la capacidad de la lavadora siguiendo la receta desarrollada para cada caso, la industria tiene una capacidad operativa de seis lavadoras industriales de las cuales cuatro son de similares capacidades (ver figura 3.5) y las otras dos son el doble de las anteriores (ver figura 3.6), todas las máquinas operan de manera independiente con sus respectivos tableros de control.



Figura 3.5. Lavadora tipo 1



Figura 3.6. Lavadora tipo 2.

3.2.2.2 PROCESO DE CENTRIFUGADO

Terminado el proceso de lavado las prendas ingresan a las máquinas de centrifugado las cuales permiten reducir la humedad hasta en un 50%, lo anterior da como resultado reducir el tiempo de secado y reducir costos de operación. PROCONTEX dispone de dos centrifugadoras totalmente independientes de la misma capacidad de las lavadoras tipo 2 (ver figura 3.7). Actualmente estas centrifugadoras cubren la demanda de la compañía.



Figura 3.7. Centrifugadoras 1 y 2

3.2.2.3 PROCESO DE SECADO

En este punto las prendas de vestir van a las secadoras, mismas que inyectan vapor de agua a temperaturas muy elevadas dándose el proceso de secado (ver figura 3.8) PROCONTEX dispone de seis secadoras industriales; que igualmente que las lavadoras,

cuatro son de capacidad nominal; mientras que, las otras dos son el doble de la capacidad indicada (ver figura 3.9).



Figura 3.8. Secadoras tipo 1



Figura 3.9. Secadoras tipo 2 (doble tipo 1).

3.2.2.4 PROCESO DE PLANCHADO Y EMPAQUE

Esta etapa es opcional y depende de la solicitud expresa del cliente y consiste en el planchado de la ropa que salió del proceso anterior para su posterior empaquetado, en caso de no requerir este servicio el producto final simplemente se dobla desde la etapa de secado y se empaqueta para el despacho final (ver figura 3.10).



Figura 3.10. Área de planchado y empaque

Hasta aquí se explica de manera sistemática el literal 3.2 referente a la **descripción del proceso**, es importante mencionar que los resultados finales dependen principalmente de las mencionadas recetas en el literal 3.2.2 donde para todos los casos el proceso es el mismo, pero con diferentes resultados según lo requiera cada cliente.

En términos eléctricos, la empresa consta de maquinaria adicional a la descrita en el proceso principal, las cuales no están involucradas directamente en la producción; sin embargo, permiten el funcionamiento correcto de todo el sistema presentado en los puntos anteriores (ver figuras desde la 3.11 hasta la 3.19). A continuación, se detallan las máquinas complementarias y de apoyo:



Figura 3.11. Compresor de aire.



Figura 3.12. Tanque de reserva de aire



Figura 3.13. Caldero de diésel.



Figura 3.14. Tanque condensador



Figura 3.15. Bomba de químicos



Figura 3.16. Tanque secundario de diésel.



Figura 3.17. Fosteadora



Figura 3.18. Reservorio de agua



Figura 3.19. Planta de tratamiento de agua

Toda la maquinaria adicional recién descrita complementa la línea de producción en su totalidad y representa una carga eléctrica considerable, por lo que el diseño eléctrico las considera con su carga real; sin embargo, la empresa no autorizó la divulgación de estas en el proceso por temas de confidencialidad.

3.3 ALIMENTACIÓN PRINCIPAL

Acorde a la información propia de la Empresa Eléctrica Quito, la alimentación a las instalaciones actuales de la compañía “PROCONTEX” proviene de la subestación “CRISTIANIA” por medio del alimentador trifásico con un nivel de voltaje de 22.8 kV el cual está constituido por 3 fases con cable ASC 3X4/0 AWG de aluminio y un neutro corrido con cable ASC 1X2/0 AWG de aluminio. Cabe mencionar que el lote en el que la fábrica opera actualmente cuenta con un generador a diésel, sin embargo, no se lo tomará en cuenta en los análisis ya que lleva años sin operar debido a la alta confiabilidad en el sector y no es de propiedad de la compañía. (ver figura 3.20)



Figura 3.20. Alimentador principal de la compañía.

3.4 TORRE DE TRANSFORMACIÓN

La compañía esta alimentada eléctricamente por el transformador # 162535 – C (ver figura 3.21), de propiedad de PROCONTEX con capacidad de 100 kVA a un voltaje de operación de 22800/13200 [V] – 220/127 [V]. Por la capacidad del transformador obligadamente éste es de tipo convencional. Tiene un juego de tres seccionadores de cuchilla de 100 A con tirafusibles tipo 6H y cartuchos fusibles de 224A. El juego de pararrayos es de 18kV con cuerpo polimérico y su respectiva puesta a tierra. Del transformador sale una acometida con cable 2x3x1/0 TTU Cu + 1 x 1/0 Cu Desn.



Figura 3.21. Transformador #162535 – C

Para el caso del transformador existente se solicitó a la Empresa Eléctrica Quito una toma de carga para observar el estado actual del funcionamiento del equipo, por medio del DEPARTAMENTO DE CONTROL DE CALIDAD DE PRODUCTO Y PÉRDIDAS TÉCNICAS se dio atención a la solicitud No. 10639 (ver figura 3.22), misma que arrojó los resultados presentados en el ANEXO A.

Transformador No.	162535	Voltaje MT/BT(V)	22.860	220/127
Fases	TRIFASICO	Equipo Instalado	CE RCT-B 0	
Potencia	100 kVA	Fecha de Instalación	2021-04-08	
Primario/Subestación	18C CRISTIANA	Fecha de Retiro	2021-04-12	
Punto GIS	775776. 9972890	Número de Registros	1086	
Propiedad	CLIENTE			
Punto Medición	CENTRO DE TRANSFORMACION AEREO			
Factor uso a Demanda Mínima	1.800%	Potencia dispon demanda max	53.659	kVA
Factor uso a Demanda Media	18.700%	Factor de carga	17.290	%
Factor uso a Demanda Máxima	46.300%	Energía Directa	603.420	kWh
		Factor de pérdidas	0.108	
	PROM	MAX	HORA	MIN
Demanda (kW)	6.668	38.556	14:30	0.298 18:15
Demanda (kVA)	18.717	46.341	14:30	1.763
Factor Potencia F1	0.391	0.912	07:55	0.170 20:10
Factor Potencia F2	0.321	0.943	08:00	0.064 15:40
Factor Potencia F3	0.863	0.988	16:10	0.572 18:40
Factor Potencia Total	0.356	0.907	07:55	0.136 15:40
Voltaje Fase 1(V)	135.255	138.043	22:50	131.528 11:30
Voltaje Fase 2(V)	133.930	136.442	22:50	130.589 11:30
Voltaje Fase 3(V)	133.524	136.056	06:00	130.092 11:45
Corriente Fase 1(A)	21.866	118.388	14:30	0.586 02:35
Corriente Fase 2(A)	21.706	117.411	14:30	0.586 11:40
Corriente Fase 3(A)	24.021	125.226	18:10	2.149 18:15
Desbalance de Corrientes por Fase(1-2-3) en %			-31%	-38%
				70%
Observaciones:				
Transformador no dispone de la capacidad requerida				
ESTE ANALISIS FUE REALIZADO POR LA EMPRESA ELÉCTRICA QUITO S.A. EL CUAL NO TIENE COSTO ALGUNO				

Figura 3.22. Extracto de la Toma de carga transformador #162535.

El informe que se dio como resultado de la toma de carga por parte de la EEQ se puede visualizar la situación actual del funcionamiento del dispositivo. A la fecha de la toma de carga y debido a la pandemia generada por el Covid -19, los resultados obtenidos no corresponden a la realidad con la que la empresa PROCONTEX opera en condiciones normales, dando un resultado falso donde se indica que el transformador estaría trabajando apenas al 17.29% de su capacidad nominal.

Sin embargo, para realizar el diseño se considerará la carga total levantada. Los resultados obtenidos en la toma de carga realizada por la E.E.Q. solo servirán como informativos; ya que la empresa, por la crisis económica se ha visto obligada a operar dos días a la semana lo que ha reducido el consumo de energía.

El estudio se lo realizará estimando que la pandemia del Covid-19 será a futuro superada y PROCONTEX regrese a su capacidad máxima de producción.

3.5 PLANILLAS DE ENERGÍA ELÉCTRICA

Como se pudo observar en la Tabla 2.2 las categorías en las cuales se clasifican los clientes de acuerdo al pliego tarifario vigente por parte del ente regulador “ARCERNNR”, se puede reafirmar que la compañía PROCONTEX se encuentra en la categoría de tarifa industrial con demanda horaria (BTCGCD30).

		Empresa Eléctrica Quito S.A.E.E.Q. Matriz: Bartolomé de las Casas E1-24 y Av. 10 de Agosto		Nro. factura Nro. doc. interno Fecha de emisión Fecha de vencimiento Número de autorización 15042021011790053881001201	
		Ruc: 1790053881001 Contribuyente especial, resolución No. 5368 OBLIGADO A LLEVAR CONTABILIDAD			
		 K200015724491			
					VALOR TOTAL:
Información del Consumidor					
CUENTA CONTRATO 200015724491			Código Único Eléctrico 1490001983		
Razón social	LAVANDERIA DE CONFECCIONISTAS TEXTILES P ROCONTEX CIA. LTDA (PROCONTEX CIA.LTDA)		Tipo de tarifa Arconel	BTCGCD30 - BT Industrial con Demanda Horaria	
RUC	1791754263001		Geocódigo	1408E004000025	Unidad de Lect
Celular	0997022122				
Correo Electrónico	info@procontexcia.ltada.com				
Dirección del servicio	OE1E VICENTE DUQUE N73-184 N75 AV.JOSE ANDRADE / CARCELEN ALTO / PONCEANO - QUITO				
Ejecutivo de cuentas	MENDEZ BONILLA FANNY LUISA telf: 022542860 ext: 3714 e-mail: fmendez@eeq.com.ec				
1. Información Servicio Eléctrico y Alumbrado Público					
Número de medidor	90000761	Días facturados	31	Factor de multiplicación	80
Tipo de consumo	leído	Fecha hasta	13-04-2021	Factor de corrección	0,0
Fecha desde	14-03-2021			Factor de potencia (FP)	0,0
				Penalización bajo FP	0,0

Figura 3.23. Extracto de la factura de “PROCONTEX” correspondiente al mes de abril 2021.

Por estar en esta categoría, la E.E.Q. instaló el equipo de medición trifásico clase 200 con lectura de tres parámetros y base socket, marca ABB con número #90000761 (ver figura 3.24). Cabe recalcar que los contadores de energía son propiedad de la distribuidora y el cliente paga una garantía de buen uso del equipo, por lo que en las nuevas instalaciones se procederá a realizar la solicitud de un nuevo equipo de medida.



Figura 3.24. Contador de energía #90000761 del cliente “PROCONTEX”.

Así mismo se recopilamos las facturas a partir de marzo del año 2019 hasta abril del año 2021, período en el cual se puede ver un consumo real por parte de la fábrica, incluso se puede identificar la caída de consumo eléctrico generada por la pandemia Covid-19; es así que, para tener la referencia del consumo se utilizarán los valores del año 2019, mismo que fue normal en su operación, a continuación se presentan algunos datos correspondientes a la facturación de la compañía “PROCONTEX”:

Número de medidor	90000761	Días facturados	30	Factor de multiplicación	80,00		
Tipo de consumo	leído	Fecha hasta	13-12-2019	Factor de corrección	1,0000		
Fecha desde	14-11-2019			Factor de potencia (FP)	0,9307		
				Penalización bajo FP	0,0000		
Descripción	Fecha Hasta	Lectura Actual	Lectura Anterior	Diferencia Consumo	Consumo Subtotal	Consumo interno Transformador	Consumo Total
Energía act. hor. A (08h00-18h00)	13-12-2019	322,07	189,95	0,00	10569,60	211,39	10780,99
Energía act. hor. B (18h00-22h00)	13-12-2019	60,39	33,54	0,00	2148,00	42,96	2190,96
Energía act. hor. C (22h00-08h00)	13-12-2019	18,02	10,12	0,00	632,00	12,64	644,64
Energía reactiva total	13-12-2019	159,86	92,99	0,00	5349,60	0,00	5349,60
Demanda máx. hor. A (08h00-18h00)	13-12-2019	0,70		0,00	0,70	0,00	0,70
Demanda máx. hor. B (18h00-22h00)	13-12-2019	0,70		0,00	0,70	0,00	0,70
Demanda máx. hor. C (22h00-08h00)	13-12-2019	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00
Demanda facturable	13-12-2019	56,00		0,00	56,00	1,12	57,12

Figura 3.25. Extracto de la factura de “PROCONTEX” correspondiente al mes de diciembre 2019.

En la figura 3.25 se visualiza el consumo que tiene la compañía en el mes de diciembre del año 2019, al tener una tarifa con demanda horaria y que la energía activa está dividida entre 3 horarios, siendo estos:

- Energía activa horario A (08:00 – 18:00)
- Energía activa horario B (18:00 – 22:00)
- Energía activa horario C (22:00 – 08:00)

Con la planilla se determina que la fábrica tiene su mayor consumo en un horario tipo A, el mismo que viene a ser el horario laboral en Ecuador (08:00 – 17:00) teniendo un consumo subtotal de 10780.99 kWh, así mismo se observa que en el horario tipo B tiene un consumo subtotal de #2190.96 kWh y en el tipo C un consumo subtotal de 644.64 kWh.

Descripción	Fecha Hasta	Lectura Actual	Lectura Anterior	Diferencia Consumo	Consumo Subtotal
Energía act. hor. A (08h00-18h00)	13-12-2019	322,07	189,95	0,00	10569,60
Energía act. hor. B (18h00-22h00)	13-12-2019	60,39	33,54	0,00	2148,00
Energía act. hor. C (22h00-08h00)	13-12-2019	18,02	10,12	0,00	632,00
Energía reactiva total	13-12-2019	159,86	92,99	0,00	5349,60
Demanda máx. hor. A (08h00-18h00)	13-12-2019	0,70		0,00	0,70
Demanda máx. hor. B (18h00-22h00)	13-12-2019	0,70		0,00	0,70
Demanda máx. hor. C (22h00-08h00)	13-12-2019	0,00		0,00	0,00
Demanda facturable	13-12-2019	56,00		0,00	56,00

Figura 3.26. Consumo subtotal correspondiente al mes de diciembre 2019

En la figura 3.26 se puede observar que para el caso de la energía activa para el horario tipo A la diferencia entre la lectura anterior y la actual es de 132.12 kWh, a este valor se le debe multiplicar por un factor de medida correspondiente al contador que en este caso para la marca ABB es de 80 (ver figura 3.27) y se obtiene el consumo real de 10569.60 kWh, así mismo se aplica para los demás horarios.

Número de medidor	90000761	Días facturados	30	Factor de multiplicación	80,00
Tipo de consumo	leído	Fecha hasta	13-12-2019	Factor de corrección	1,0000
Fecha desde	14-11-2019			Factor de potencia (FP)	0,9307
				Penalización bajo FP	0,0000

Figura 3.27. Factor de multiplicación medidor #90000761

Una vez obtenidos estos valores subtotales por horario se procede al cálculo del consumo interno del transformador, que en este caso al ser particular la Empresa Eléctrica Quito cobra un valor igual al 2% del total de kWh consumidos en cada horario, dándonos como resultado el total de energía activa consumida.

Tabla 3.1 Cálculo de energía consumida por horario

Descripción	Fecha	Lectura real del medidor (Lr)	Consumo subtotal	Consumo interno del transformador	Consumo total
			Sub = Lr * M	CIT = 2% * Sub	Sub + CIT
Energía act. Hor. A (08:00-18:00)	13/12/19	132.12	10569.60	211.39	10780.99
Energía act. Hor. B (18:00-22:00)	13/12/19	26.85	2148.00	42.96	2190.96
Energía act. Hor. C (22:00-08:00)	13/12/19	7.90	632.00	12.64	644.64
Demanda Facturable	13/12/19	56.00	56.00	57.12	57.12

Nota: M corresponde al factor de multiplicación del contador de energía activa en este caso (80), no se aplica para la demanda facturable.

Una vez determinados los valores tanto para la energía activa y la demanda, se verifica el factor de potencia que si es menor a 0.92 se aplica una penalización por encontrarse por debajo del valor normativo, para este caso el factor de potencia es igual a 0.9307 por lo que no hay penalización (ver figura 3.27). Con los valores totales se multiplica con el precio que determina el ente regulador “ARCERNNR” y se procede a la facturación. (ver figura 3.28)(ver tabla 3.2)

EMPRESA ELÉCTRICA QUITO S.A.				
CARGOS TARIFARIOS				
ENERO - DICIEMBRE **				
RANGO DE CONSUMO	DEMANDA (USD/kW-mes)	ENERGÍA (USD/kWh)	COMERCIALIZACIÓN (USD/Consumidor)	
NIVEL VOLTAJE	BAJO VOLTAJE CON DEMANDA HORARIA			
	COMERCIALES			
08:00 hasta 22:00 horas	4,182	0,088	1,414	
22:00 hasta 08:00 horas		0,070		
	INDUSTRIALES			
08:00 hasta 22:00 horas	4,182	0,063		
22:00 hasta 08:00 horas		0,067		
	E. OFICIALES, ESC. DEPORTIVOS			
	SERVICIO COMUNITARIO Y ABONADOS ESPECIALES			
08:00 hasta 22:00 horas	4,182	0,078		
22:00 hasta 08:00 horas		0,064		
	BOMBEO AGUA			
08:00 hasta 22:00 horas	4,182	0,068		
22:00 hasta 08:00 horas		0,054		

Figura 3.28. Pliego tarifario clientes con demanda horario en bajo voltaje. [5]

Tabla 3.2 Costo de la energía consumida

Descripción	Fecha	Consumo total	Costo de la energía	Monto
		kWh	USD / kWh	USD
Energía act. Hor. A (08:00-18:00)	13/12/19	10780.99	0.063	679.20
Energía act. Hor. B (18:00-22:00)	13/12/19	2190.96	0.063	138.03
Energía act. Hor. C (22:00-08:00)	13/12/19	644.64	0.067	43.19
Demanda Facturable	13/12/19	57.12	4.182	238.88

Adicional a los valores por la energía y demanda consumida la Empresa Eléctrica Quito impone un recargo por comercialización e iluminación pública dependiendo de la clase de cliente, en este rango equivale a \$1.414 y \$32.54 respectivamente obteniendo así el resultado total del servicio eléctrico del cliente. (ver tabla 3.3)

Tabla 3.3 Costo total de energía consumida por “PROCONTEX”, en el mes de diciembre 2019

Descripción	Consumo total	Monto
	kWh	USD
Energía activa consumida	13616.59	\$860,42
Demanda Facturable	57.12	\$238,88
Comercialización	-	\$1,41
Iluminación Pública	-	\$32,54
	TOTAL	\$ 1,133.25

Se determina que el consumo de la compañía para el mes de diciembre del año 2019 ascendió a \$1133.25. Cabe recalcar que este análisis es netamente referente al consumo eléctrico. El valor final a cancelar de la planilla considerará adicionalmente impuestos del estado, mismos que no son parte de este estudio.

A continuación, se presentará un histórico de los consumos de la compañía de los últimos dos años, en el cual se puede evidenciar los meses con mayor producción; así como, la afectación que se dio en los meses de cuarentena obligatoria. (ver tabla 3.4)

Tabla 3.4 Histórico de consumo energético de la compañía “PROCONTEX”.

FECHA	CONSUMO (kWh)	DEMANDA (kW)
mar-19	8554.13	57.94
abr-19	10213.87	58.75
may-19	6791.56	53.86
jun-19	8272.61	53.04
jul-19	7719.36	50.59
ago-19	7726.7	51.41
sep-19	8713.25	52.22
oct-19	10604.82	54.67
nov-19	13600.27	57.12
dic-19	13616.59	57.12
ene-20	6390.09	52.22
feb-20	8717.33	51.41
mar-20	8770.37	55.49

FECHA	CONSUMO (kWh)	DEMANDA (kW)
abr-20	1026.04	34.27
may-20	1026.04	34.27
jun-20	2820.25	39.98
jul-20	3742.99	40.8
ago-20	4215.45	39.98
sep-20	4760.55	40.8
oct-20	7556.16	50.59
nov-20	11376.67	57.94
dic-20	11302.41	59.57
ene-21	7046.98	57.12
feb-21	6532.08	51.41
mar-21	5796.86	49.78
abr-21	7167.75	51.66

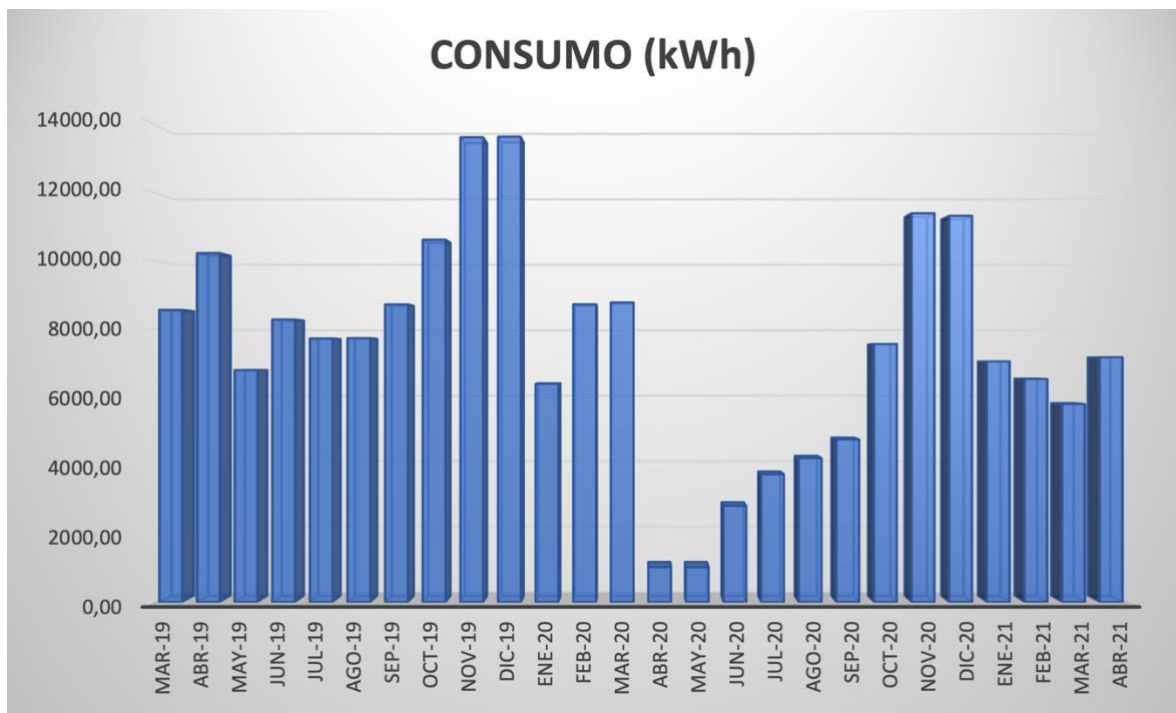


Figura 3.29. Histórico de consumo eléctrico energía activa (kWh) de la compañía “PROCONTEX”.

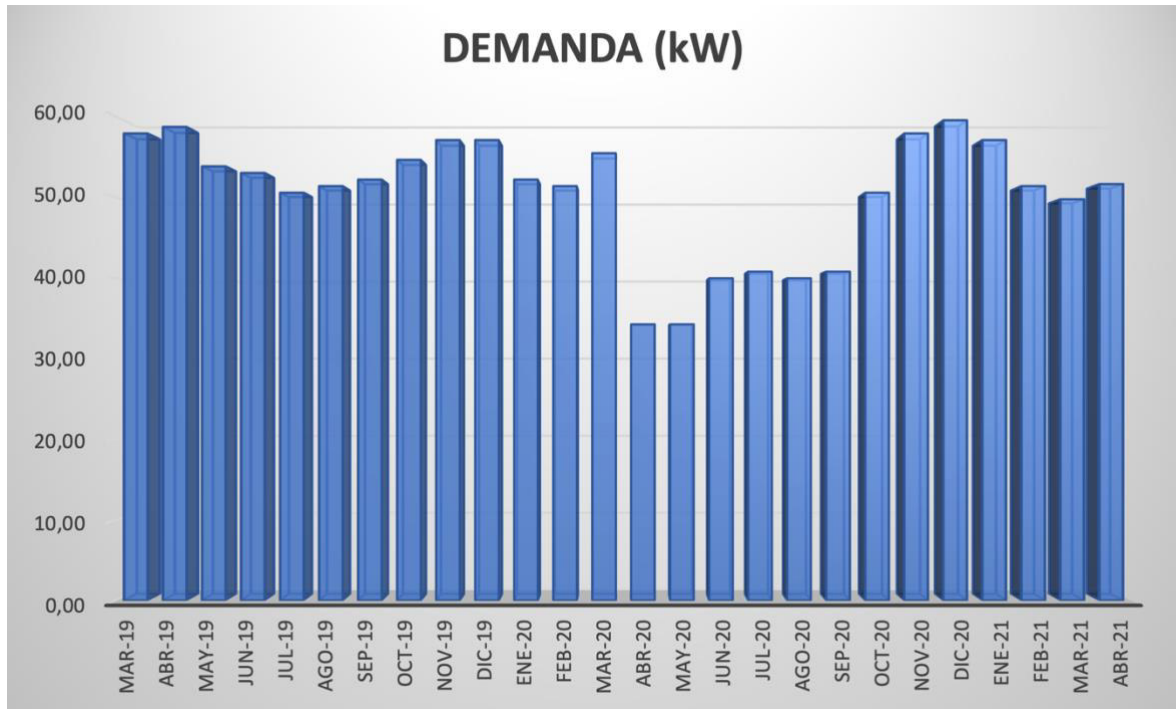


Figura 3.30. Histórico de consumo eléctrico de la demanda (kW) de la compañía “PROCONTEX”.

Como se puede observar en las figuras 3.29 y 3.30 la tabulación de los datos indica claramente como en el año 2020 el consumo eléctrico bajó por la pandemia Covid-19, dando un consumo cercano a 0 kWh en los meses de abril y mayo del 2020 concorde a la cuarentena obligatoria declarada por el gobierno nacional del Ecuador.

De la misma manera se puede observar que desde el mes de marzo de 2019 hasta el mes de febrero del 2020, el consumo promedio fue de 9243.38 kWh, siendo los meses de noviembre y diciembre los picos de energía consumida con valores de 13600.27kWh y 13616.59 kWh respectivamente, representando un 147.14% para noviembre y 147.31% para diciembre; por lo que, se llega casi al 150% sobre el promedio del año de consumo de la fábrica, esto significa que los diseños eléctricos basados en energía convencional y alternativa deben considerar estos meses sobre la media; ya que, el porcentaje es elevado y no se puede definir como una sobrecarga temporal sino como un dato importante en el diseño.

3.6 CARGA INSTALADA EN LA COMPAÑÍA

La compañía cuenta con diversos tipos de maquinaria para cumplir con sus labores diarias, a continuación, se presenta la carga instalada mediante datos recopilados de manera mixta, ya que no se disponen en su totalidad de placas en los motores, por lo que fue una combinación entre datos existentes y datos obtenidos mediante diferentes mediciones. (ver tabla 3.5)

Tabla 3.5 Carga Instalada en la compañía “PROCONTEX”.

ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD	POTENCIA NOMINAL (W)	POTENCIA TOTAL (kW)
1	LAVADORAS DE MUESTRA	6	3000	18
2	MODULOS	3	400	1.2
3	HORNO	2	1200	2.4
4	VIRADOR DE PANTALON	1	3800	3.8
5	TOPPER	2	4500	9
6	CALDERA	1	2300	2.3
7	BOMBA CALDERO	1	6300	6.3
8	SECADOR DE AIRE	1	3000	3
9	COMPRESOR	1	6900	6.9
10	FOSTEADORA	1	2300	2.3
11	PRENSA	2	2300	4.6
12	BOMBA DE AGUA	3	4500	13.5
13	BOMBA DE DIESEL	1	3000	3
14	EXTRACTOR	2	2000	4
15	LAVADORAS	8	8500	68
16	CENTRIFUGADORAS	3	13321	39.963
17	SECADORA DE MUESTRA	1	1500	1.5
18	SECADORA	6	5500	33

En los datos presentados de la carga instalada no se toma en cuenta la carga de iluminación ya que la misma es nueva y será diseñada completamente en el presente proyecto. Esto se debe a que la iluminación actual no migrará con la fábrica.

El levantamiento de carga nos permite observar que puntos son los claves en el consumo eléctrico de la compañía, las lavadoras son la carga más grande de todas las instalaciones

con 68000 W que representan un 30.53% en referencia a la carga total (222763 W), seguidas de las centrifugadoras con un 17.94% y las secadoras con el 14.81%.

Estos datos serán los tomados en cuenta para la realización del diseño eléctrico de la nueva nave industrial de la compañía "PROCONTEX".

De manera informativa y como parte del levantamiento inicial se realizó el diagrama unifilar existente, mismo que da una idea de cómo se encuentra la configuración actual de las conexiones (ver figura 3.31). Este diagrama es netamente referencial ya que se presentaron casos en los que los cables de varias máquinas salían de varios disyuntores del tablero secundario con un calibre, pero llegaban con otros distintos a las máquinas. Además, se pudo encontrar sobrecalentamiento de conductores y empalmes mal realizados, generando puntos calientes que podrían generar siniestros. Esto es antitécnico y refleja la criticidad eléctrica en la que la fábrica se encuentra actualmente. También se pudo evidenciar que los cables actualmente instalados son de varios años atrás, mismos que se caracterizan por su deterioro propio del uso, paso del tiempo y mal dimensionamiento, otros han sido parcialmente reparados e incluso por temas económicos otros no siguen rutas seguras para su conexión, sino que van directamente a la carga por lo que se los puede ver colgados en el aire. (ver figura 3.32).

Así mismo existen protecciones recalentadas y que cumplieron su tiempo de vida útil.

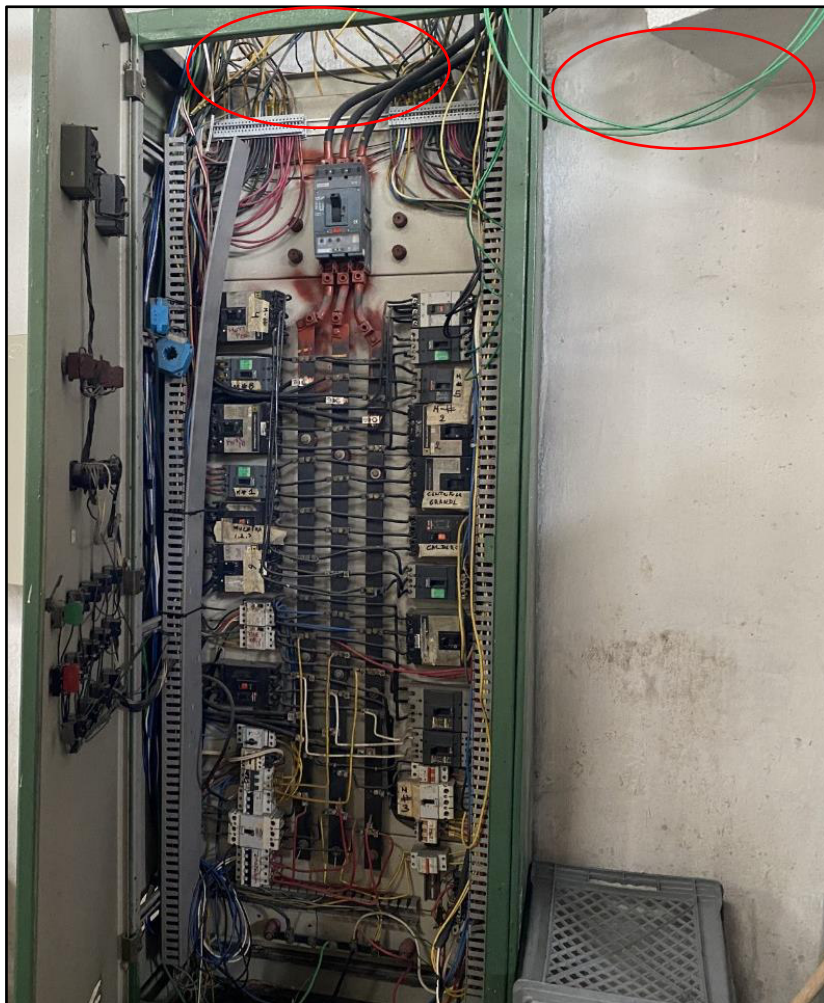


Figura 3.32. Tendido de cables inadecuado

El diagrama unifilar existente esta adjunto en el ANEXO B.1; como se indicó anteriormente, este es netamente informativo ya que no es una fuente confiable de información debido a todo lo anteriormente explicado.

CAPÍTULO IV

4 DISEÑO ELÉCTRICO

En este capítulo se presenta el diseño eléctrico de bajo y medio voltaje para la nueva planta industrial de la compañía “PROCONTEX”, ubicada en las calles AVELLANAS N66A Y S/N LOTE #2 Y ELOY ALFARO, en el SECTOR “CRISTIANIA 2”, junto a CARCELÉN, en la ciudad de QUITO (ver figura 4.1). El alimentador del sector viene de la subestación “CRISTIANIA” mediante el primario 18 F, se observa que se trata de una zona con alta presencia industrial.

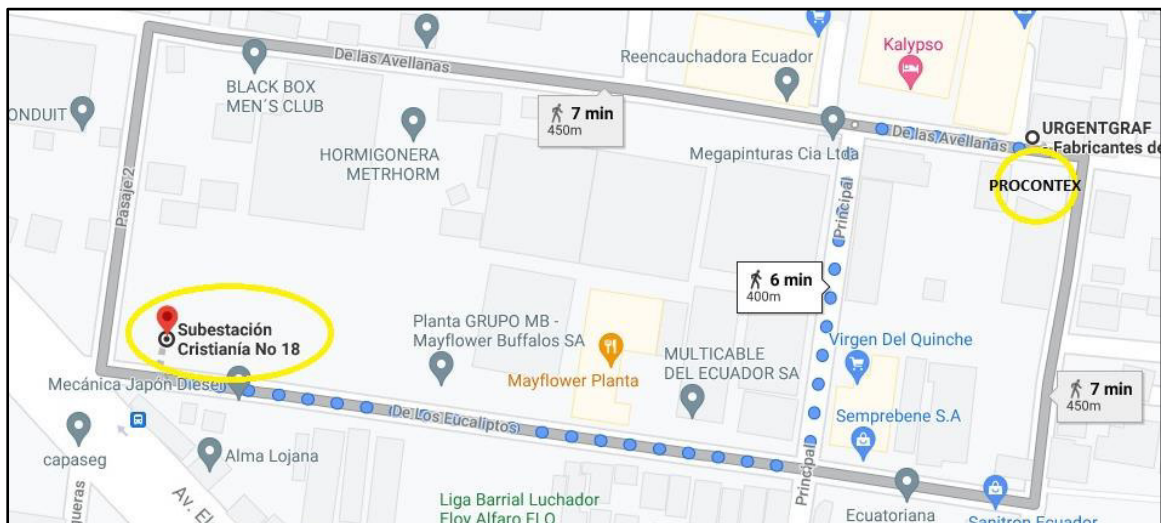


Figura 4.1. Ubicación nueva planta industrial “PROCONTEX”

4.1 DISTRIBUCIÓN DE MAQUINARIA EN LA NUEVA PLANTA INDUSTRIAL PROCONTEX

En este punto, se describe como se ubicó la maquinaria en la nueva planta industrial. Como se explicó en el capítulo I del presente documento esta migración fue acelerada basada en planos ajustados a la necesidad y la experiencia de los técnicos y operadores, quienes definieron las nuevas ubicaciones de la maquinaria (ver figura 4.2).



Figura 4.2. Etapa de Migración de la nueva planta PROCONTEX

Una vez definidos los lugares de cada máquina se procedió a digitalizar los planos para poder realizar el diseño eléctrico de las instalaciones internas.

Siendo la distribución de las máquinas como se detallan a continuación:

- **Cuarto eléctrico:** Esta área está dispuesta para el tablero de distribución general y los sub tableros de toda la fábrica.
- **Área de virador de pantalones:** Destinada para virar los pantalones y para las maquinas denominadas TOPPER 1 y 2.(ver figura 4.3) Básicamente en esta área se prepara el producto final, además que se corrigen los posibles problemas de costura que la prenda de vestir haya obtenido en el proceso de lavado y secado. Se encuentra a un lado del cuarto eléctrico, pero no tienen ninguna conexión que implique un riesgo de seguridad.

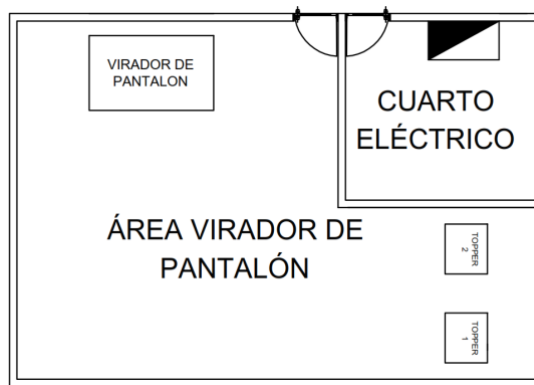


Figura 4.3. Cuarto eléctrico y área de virado de pantalones

- **Nave 1:** Aquí se dispone de la maquinaria principal. (ver figura 4.4)

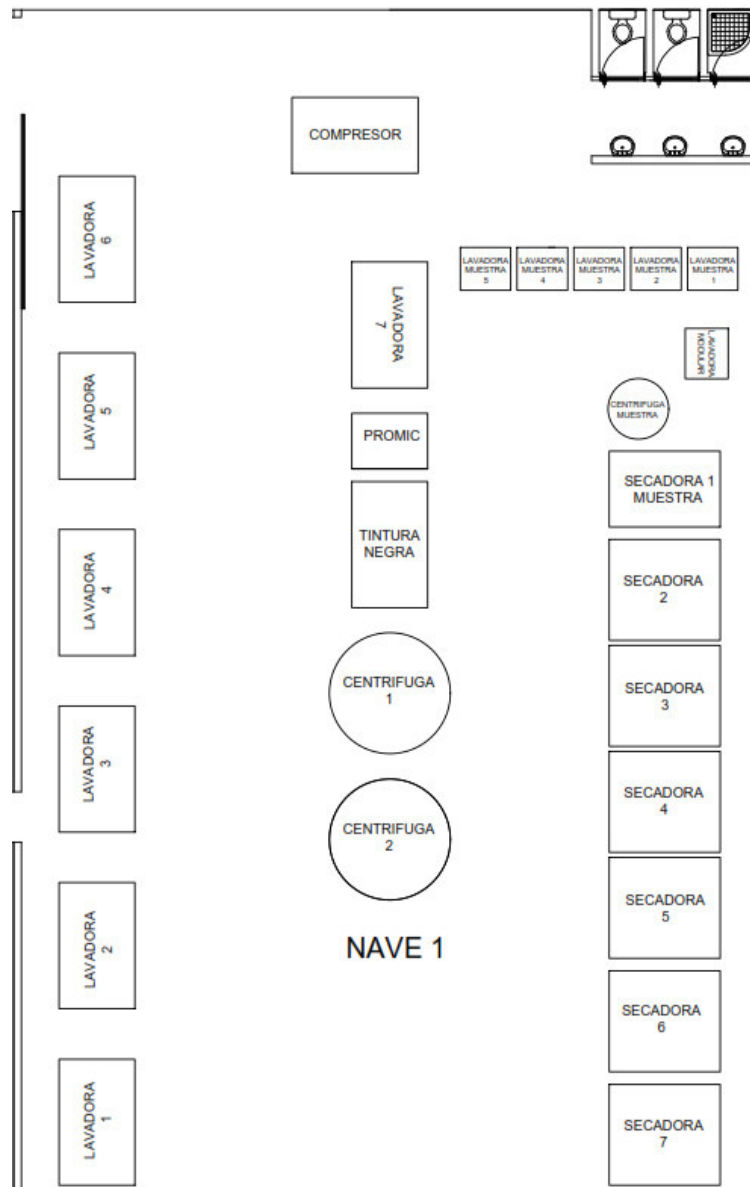


Figura 4.4. Nave 1.

- **Laboratorio:** Zona donde se hacen todas las pruebas pertinentes con los diferentes químicos. (ver figura 4.5)
- **Bodega:** Lugar donde se almacena toda la mercadería lista para su despacho. (ver figura 4.5)

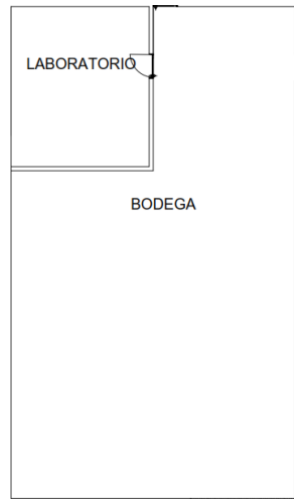


Figura 4.5. Laboratorio y bodega de despacho.

- **Área de horno:** Lugar donde reposan los hornos de calentamiento. (ver figura 4.6)
- **Área de planchado:** Aquí se encuentran las planchas de ropa. Su espacio es uno de los más pequeños debido a la poca demanda de este servicio, mismo que en muchos de los casos es ocasional. (ver figura 4.6)



Figura 4.6. Área de planchado y hornos.

- Adicional la nueva planta consta de otras áreas de servicio, las cuales se encuentran detalladas en ANEXO B.2. que se refiere al plano arquitectónico de la nueva planta industrial. (ver figura 4.7)

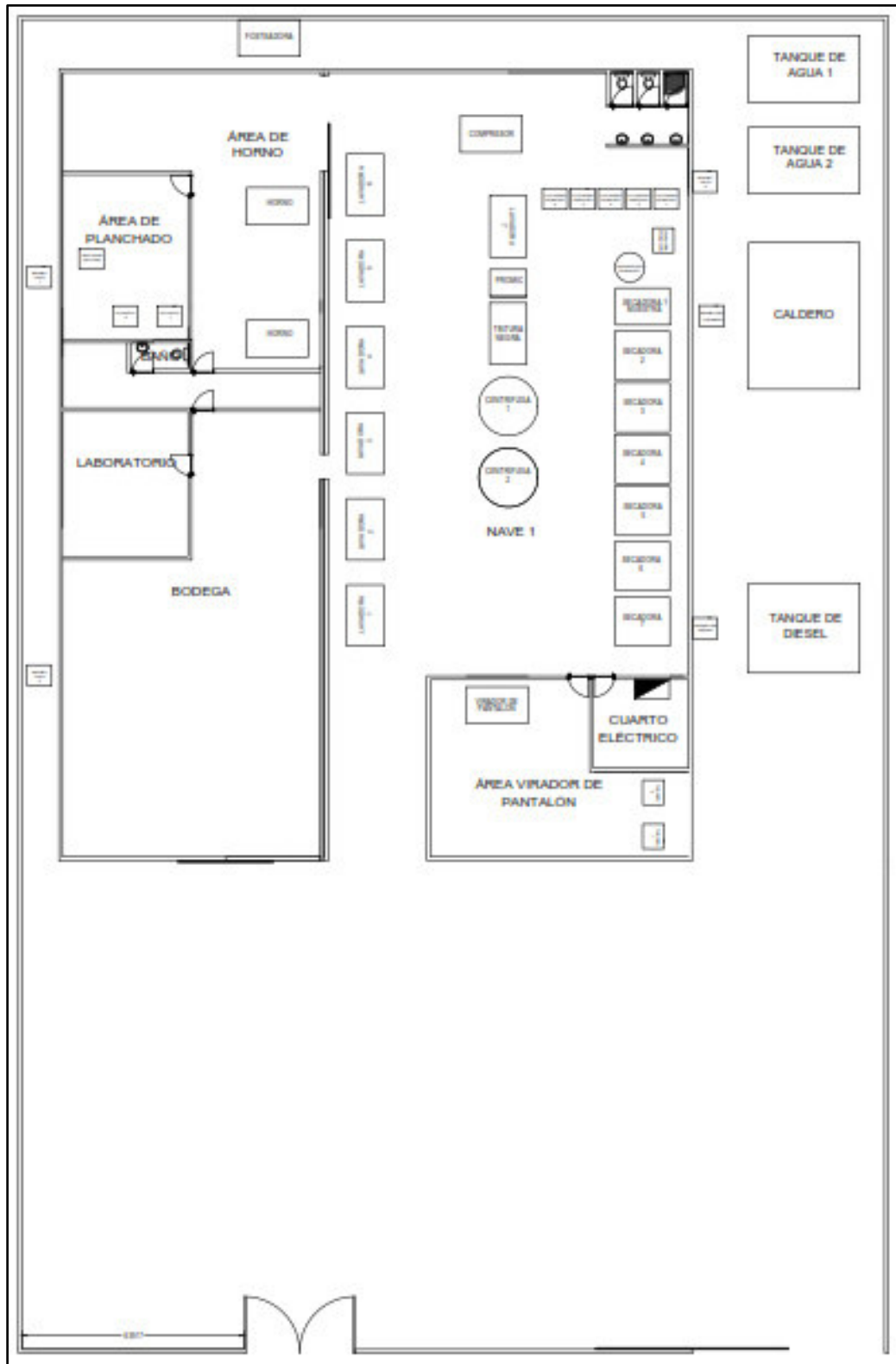


Figura 4.7. Vista del plano de la nueva planta "PROCONTEX". ANEXO B.2.

4.2 ESTUDIO DE CARGA Y DEMANDA

PROCONTEX al tener una necesidad real de migración a su nueva planta, eléctricamente hablando y por estar conectada al sistema de distribución de la Empresa Eléctrica Quito, debe obligadamente acogerse a las regularizaciones y normativas de ésta. Siendo así que el estudio de carga y demanda presentado es el exigido en las “Normas para sistemas de distribución, parte A”. [15].

Los datos de la tabla 4.1 fueron levantados y tabulados conjuntamente con el personal técnico y operativo de la empresa; de igual manera, se analizaron tiempos de trabajo y frecuencia de uso de las máquinas, siendo estos datos parte importante para el cálculo.

Tabla 4.1 Tiempo de utilización de maquinaria.

EQUIPO	HORAS	TIPO DE CONSUMO
Lavadora de muestra 1	10	Continuo
Lavadora de muestra 2	10	Continuo
Lavadora de muestra 3	10	Continuo
Lavadora de muestra 4	10	Continuo
Lavadora de muestra 5	10	Continuo
Lavadora de muestra 6	10	Continuo
Módulo 1	8	Continuo
Módulo 2	8	Continuo
Módulo 3	8	Continuo
Secadora 7	10	Continuo
Secador 6	10	Continuo
Secadora 5	10	Continuo
Horno	4	3 veces por semana
Horno	4	3 veces por semana
Virador	4	Por día
Topper 1	3	Por día
Topper 2	2	Por día
Caldera	10	Continuo
Bomba Caldera	10	Continuo
Secador de aire	10	Continuo
Compresor de aire	10	Continuo
Fosteadora	5	Intermitente
Prensa 1	10	3 veces por semana

Prensa 2	10	3 veces por semana
Bomba de agua 1	10	Continuo
Bomba de agua 2	10	Continuo
Bomba de diesel	0,5	Por día
Estractor 1	10	Continuo
Estractor 2	10	Continuo
Lavadora 1	10	Continuo
Lavadora 2	10	Continuo
Lavadora 3	10	Continuo
Lavadora 4	10	Continuo
Lavadora 5	10	Continuo
Lavadora 6	10	Continuo
Lavadora 7	10	Continuo
Lavadora 8	10	Continuo
Centrifuga 1	10	Continuo
Centrifuga 2	10	Continuo
Centrifuga 3	10	Continuo
Secadora de muestra	10	Continuo
Secadora 4	10	Continuo
Secadora 3	10	Continuo
Secadora 2	10	Continuo
Secadora 1	10	Continuo

Con la información descrita en la Tabla 4.1 se pueden definir los factores de uso y simultaneidad con los cuales se procede a la elaboración del estudio de carga de acuerdo al formato indicado en la figura 4.8. En el ANEXO C se puede ver el estudio completo, mismo que es la base para determinar la dimensión y características del transformador.

Para el caso de la iluminación se realizó el estudio respectivo el cual esta desarrollado en el ítem 4.3.1.


		ESTUDIO DE CARGA Y DEMANDA			HOJA 1 DE 1			
					FECHA: 2021-05-28			
NOMBRE DEL PROYECTO:	PROCONTEX							
ACTIVIDAD TIPO:	LAVADO Y TINTURADO DE PRENDAS DE VESTIR							
LOCALIZACION:	CARCELEN ALTO							
USUARIO TIPO:	A							
NUMERO DE USUARIOS:	1							
PLANILLA PARA LA DETERMINACION DE DEMANDAS UNITARIAS DE DISEÑO								
ITEM	APARATOS ELECTRICOS Y DE ALUMBRADO	CANT	Pn(W)	I (A)	FFU (%)	CIR (W)	FSn (%)	DMU (W)
1	LAVADORA MUESTRA	6	3.000	10	100	18000	50	9.000,0
2	MODULOS	3	400	1	100	1200	40	480,0
3	HORNO	2	1.200	4	100	2400	20	480,0
4	VIRADOR	1	3.800	13	100	3800	20	760,0
5	TOPPER	2	4.500	15	100	9000	15	1.350,0
6	CALDERA	1	2.300	8	100	2300	50	1.150,0
7	BOMBA CALDERO	1	6.300	21	100	6300	50	3.150,0
8	SECADOR DE AIRE	1	3.000	10	100	3000	50	1.500,0
9	COMPRESOR	1	6.900	23	100	6900	50	3.450,0
10	FOSTEADORA	1	2.300	8	100	2300	25	575,0
11	PRENSA	2	2.300	11	100	4600	50	2.300,0
12	BOMBA DE AGUA	3	4.500	15	100	13500	50	6.750,0
13	BOMBA DIESEL	1	3.000	10	100	3000	10	300,0
14	EXTRACTOR	2	2.000	10	100	4000	50	2.000,0
15	LAVADORA	8	8.500	28	100	68000	50	34.000,0
16	CENTRIFIGADORAS	3	13.321	44	100	39963	50	19.981,5
17	SECADORA MUESTRA	1	1.500	5	100	1500	50	750,0
18	SECADORA	6	5.500	18	100	33000	50	16.500,0
19	LAMPARAS LED	136	35,70	0,36	100	4855,2	50	2.427,6
20	REFLECTORES LED	10	70	0,75	100	700	50	350,0
21								
22								
23								
TOTAL						228.318,20		107.254,10
Factor de Potencia FP	0,85	Factor de Demanda FDM=DMU(w)/CIR(w)				0,47		
DMU (kVA)	126,18	Demanda requerida				126,18		
Ti (%)	0	Cargas Especiales						
(1+Ti/100)^10	1,000	Demanda requerida de la red (kVA)				126,18		
DMUp (kVA)	126,18	Potencia nominal del transformador (kVA)				125KVA		
Demanda Calculada	126,18							
----- Ing. CÉSAR PUGA								
Observaciones El transformador requerido es de 125KVA 22860V/220V-127V trifásico ya que existen equipos trifásicos.								

Figura 4.8. Estudio de carga y demanda "PROCONTEX"

Con el estudio de carga se puede determinar que la demanda de la compañía es de 126,18kVA, por lo que se proyecta adquirir un transformador trifásico de 125 kVA 22860V/220V-127V que es la potencia estandarizada comercialmente que satisface la necesidad eléctrica de la fábrica, adicionalmente que la empresa dispone de cargas trifásicas.

4.3 DISEÑO DE BAJO VOLTAJE

El diseño de bajo voltaje consta de varias partes como son: estudio de iluminación, cálculo de calibre de conductores, configuración de circuitos (planos), elección de protecciones, cálculo de malla a tierra y listado de materiales y mano de obra de bajo voltaje. Siendo así, se desarrolla cada parte a continuación:

4.3.1. DISEÑO DE ILUMINACIÓN

La nueva planta industrial “PROCONTEX” consta de dos naves industriales, en la primera se encuentra la maquinaria principal misma que aporta o da un valor agregado al producto final y la segunda nave que consta de maquinaria secundaria que permite el funcionamiento de las máquinas principales.

La distribución de la maquinaria en ambas naves puede ser observado en la figura 4.8, mientras que en las figuras 4.9, 4.10 y 4.11 se muestra el modelado realizado en el programa DIALux, mismo que fue utilizado para calcular la cantidad de luminarias y su distribución en función de la cantidad de luxes requeridos para la actividad principal de la empresa.

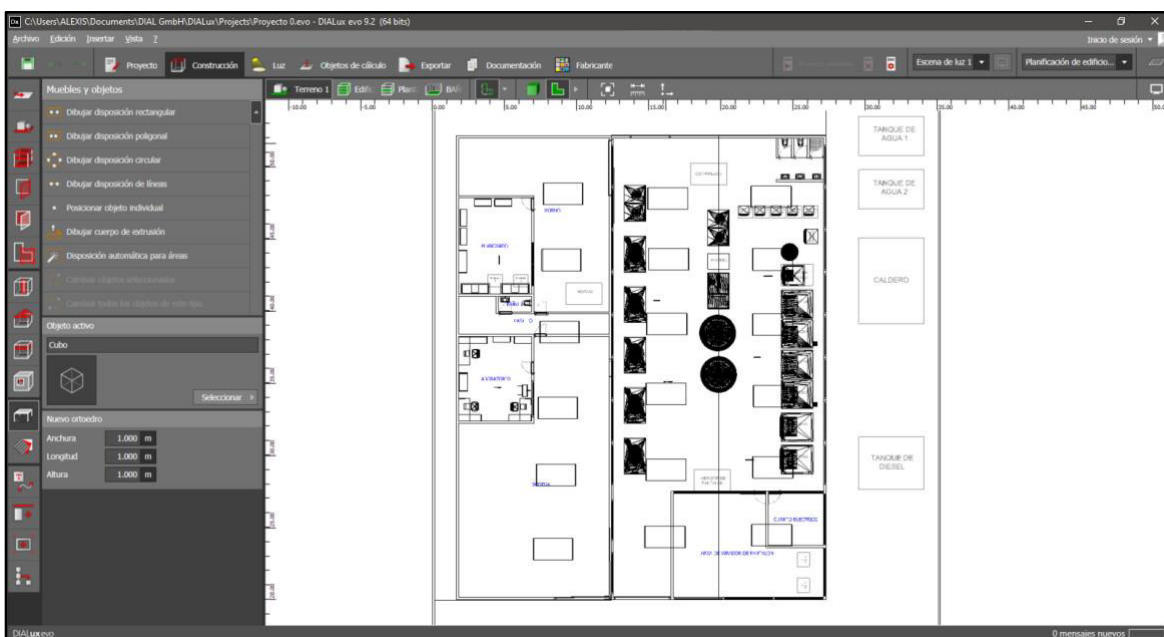


Figura 4.9. Compañía “PROCONTEX” vista superior

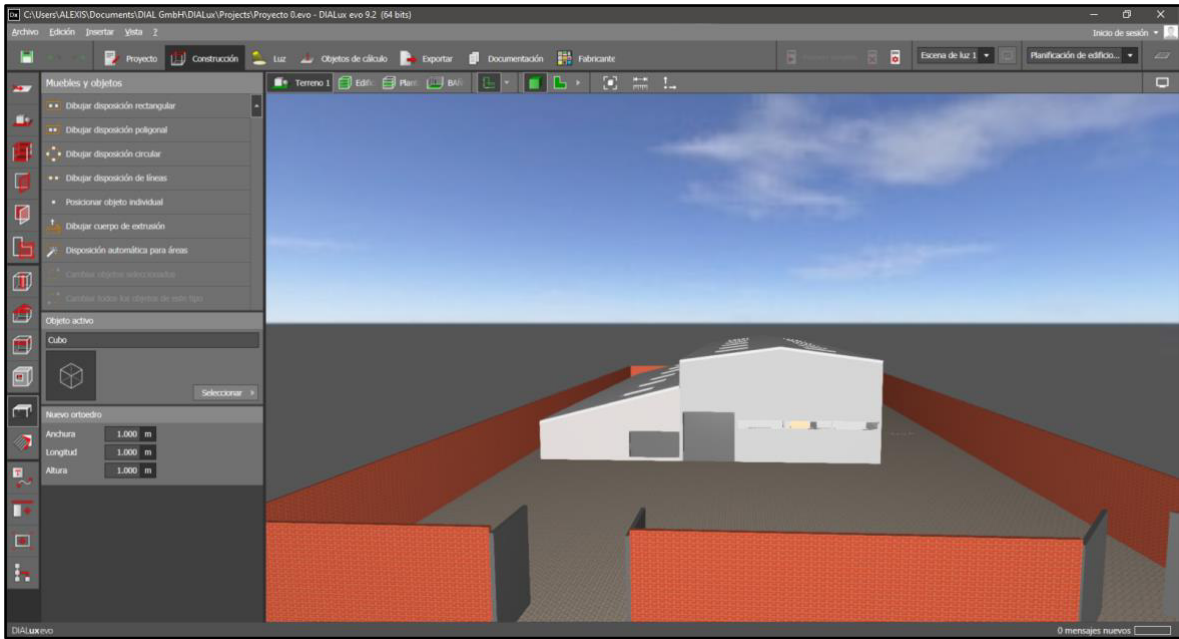


Figura 4.10. Compañía “PROCONTEX” vista 3D



Figura 4.11. Vista 3D interna nave 1

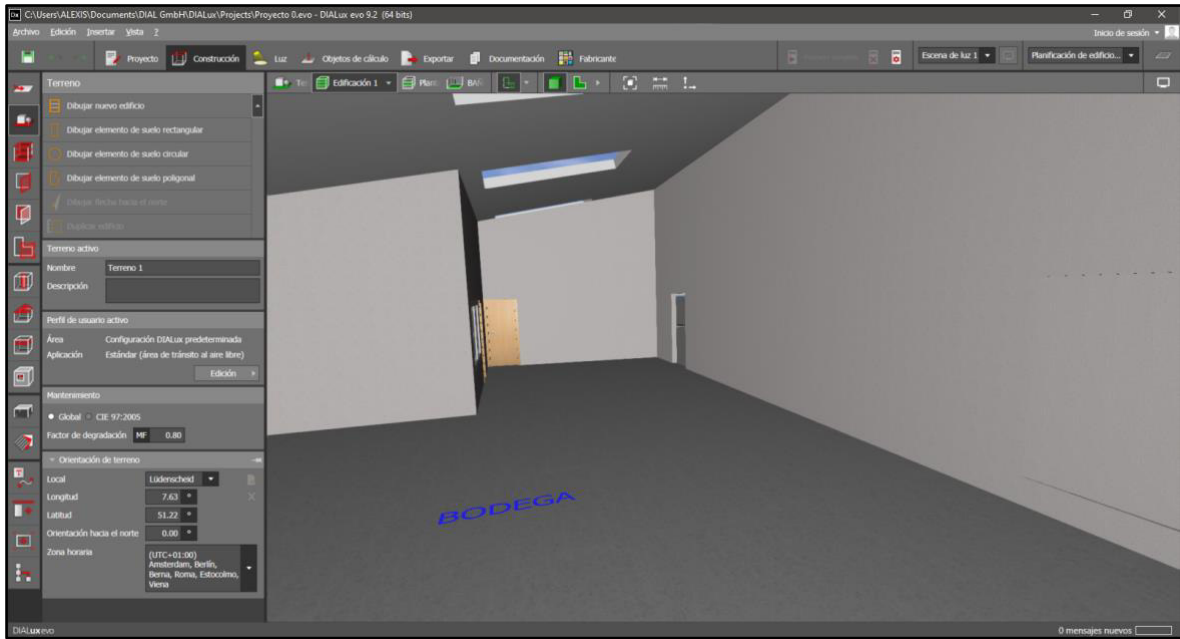


Figura 4.12. Vista 3D interna nave 2.

Con el modelado finalizado, se procede a alimentar los datos del programa donde se define el área a iluminar; así como, la cantidad de luxes requeridos según Norma Técnica ecuatoriana INEN 1 154 1984-05: ILUMINACION NATURAL DE EDIFICIOS PARA FÁBRICAS Y TALLERES vigente al momento de la realización de este proyecto. [9]

Una vez ingresados los datos indicados anteriormente se procede a la selección del tipo de luminaria, misma a su vez estuvo dentro del presupuesto que la empresa disponía, siendo de marca “SYLVANIA” modelo “DSP51-40-025 Lea RD 840” tipo pendular la escogida, esto principalmente por ser muy comercial en el mercado ecuatoriano, tipo led de bajo consumo eléctrico y con un flujo luminoso alto. Se estandarizó dicha luminaria tanto en la nave 1 y 2 de toda la planta industrial debido a que las zonas de trabajo no difieren en mucho su actividad. En la figura 4.13A se puede observar la luminaria Sylvania DSP51-40-025 Lea RD 840 y en la figura 4.13B se presenta la curva fotométrica respectiva.

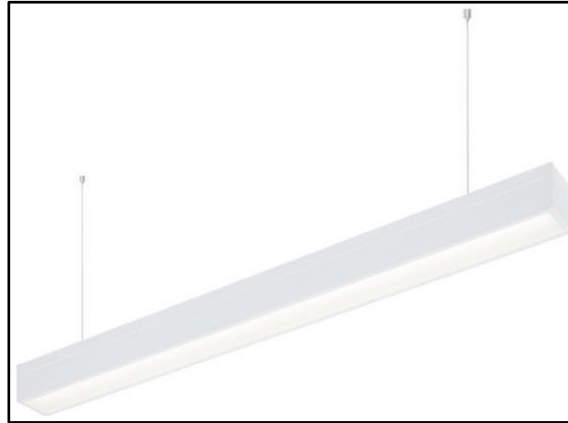


Figura 4.13A. Luminaria Sylvania DSP51-40-025 Lea RD 840

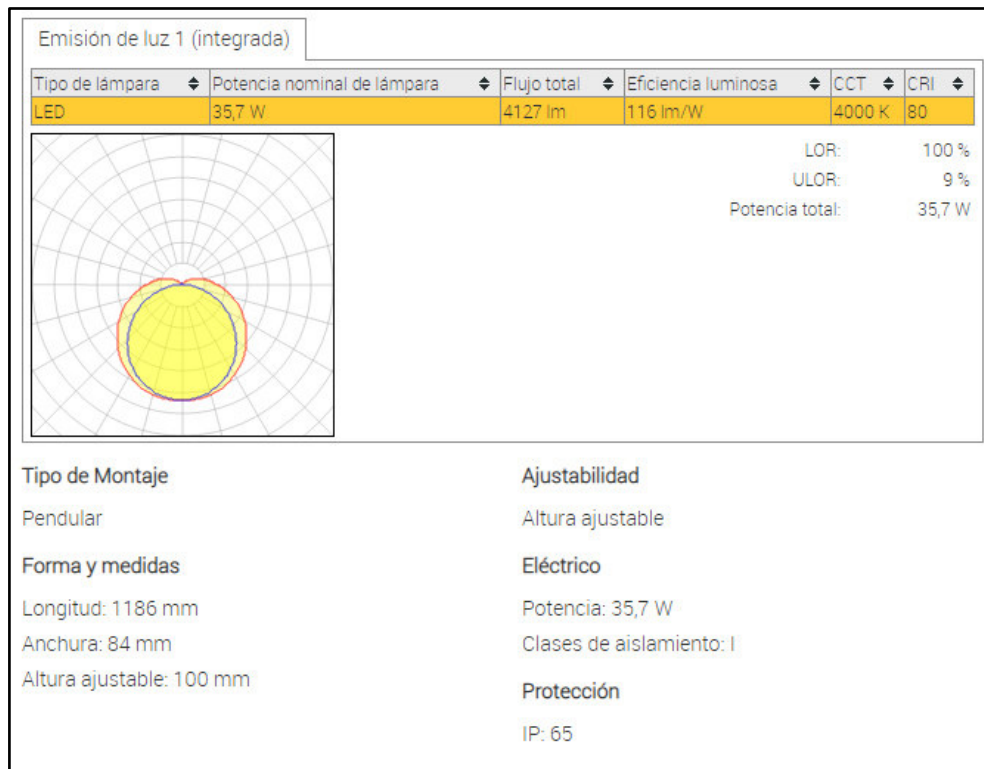


Figura 4.13B. Curva fotométrica luminaria Sylvania DSP51-40-025 Lea RD 840

La nave 1 ha sido seccionada en varias áreas que son: zona principal, área de virado de pantalones y cuarto eléctrico. En el ANEXO D se encuentran las simulaciones de las áreas de virado de pantalones y el cuarto eléctrico; mientras que, a continuación, se detalla la zona principal de la nave 1 que tiene un área de 387,70 m² que según la Norma Técnica ecuatoriana INEN 1 154 1984-05 [9] requiere de 500 luxes. El programa DIALux con esta información y el modelado realizado arrojó como resultado, que se requiere de un total de 94 luminarias con un flujo promedio de 504 lux para la zona. (ver figura 4.14)

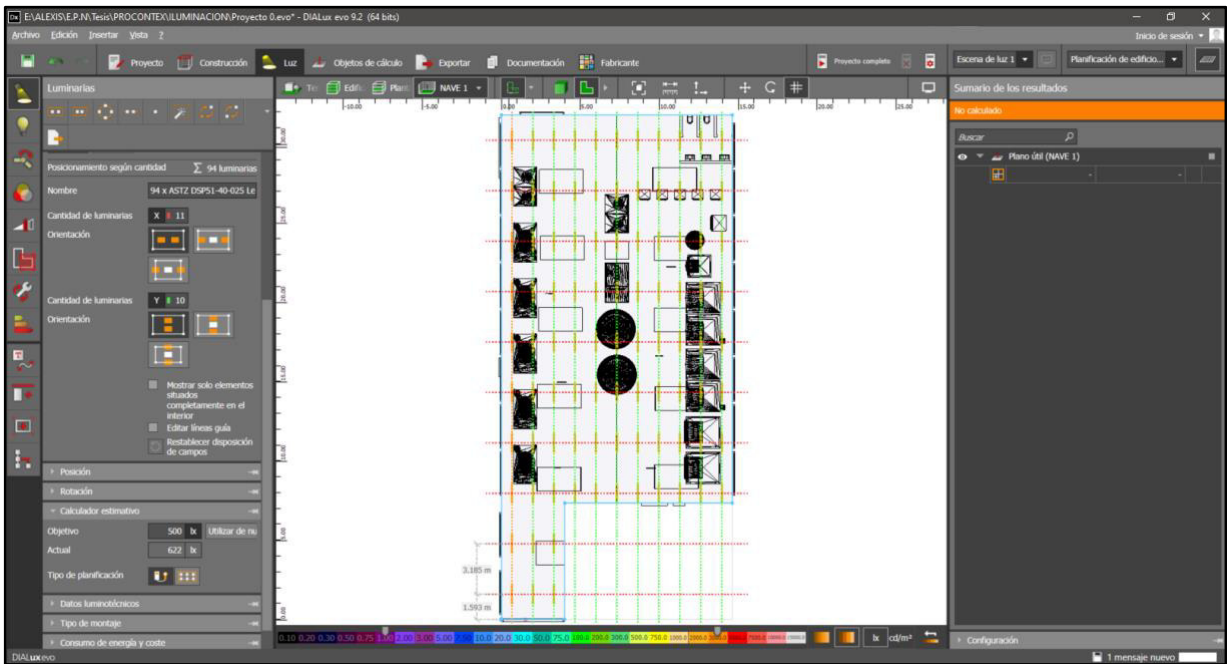


Figura 4.14. Programa DIALux en su ventana de cálculo. Nave 1 Área principal.

En la figura 4.15 se puede observar la simulación del programa DIALux, el color amarillo indica la distribución de lúmenes repartidos a través del área de la nave 1. En la misma se puede observar los puntos con más y menos iluminación.

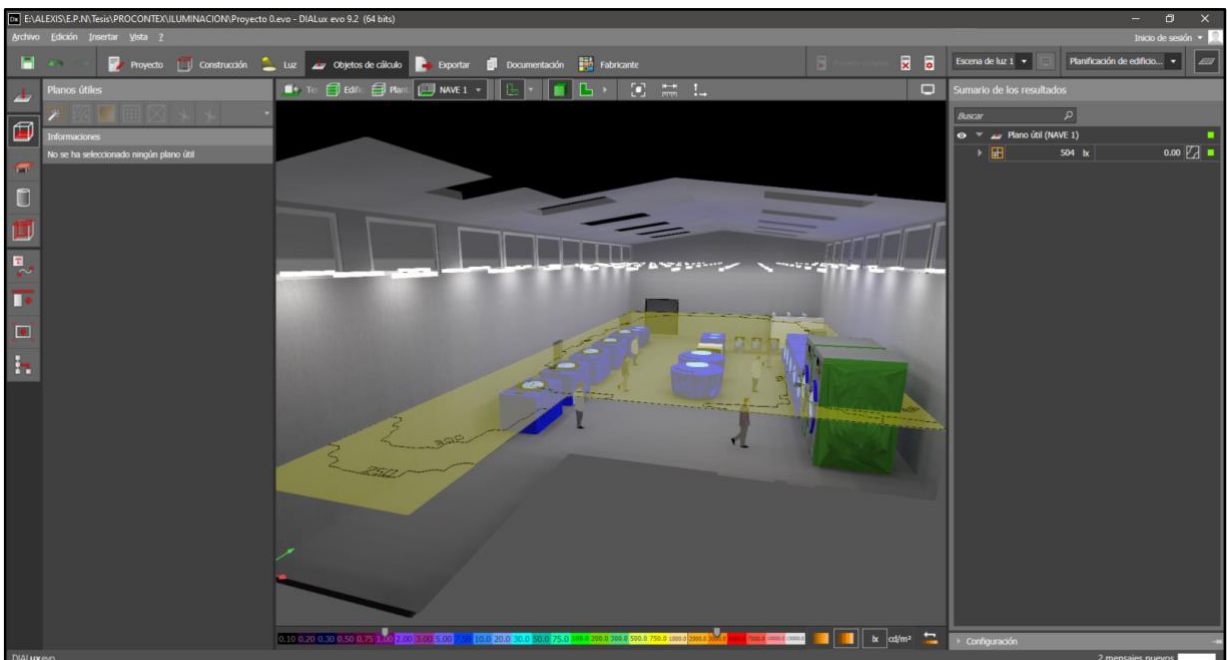


Figura 4.15. Simulación de iluminación para NAVE 1 Área principal.

La nave 2 ha sido seccionada en varias áreas que son: bodega, laboratorio, horno, baño, pasillo y planchado. Todas las áreas son analizadas, pero se muestra en este literal

solamente la de la bodega que es la más representativa; mientras que, el análisis de las otras dos zonas se encontrará en el ANEXO D.

Para la bodega la norma indica que se requieren de 150 luxes para los 157,46 m² que corresponde para esta área. Estos datos al ser ingresados al programa DIALux dan como resultado la cantidad y posición de las luminarias requeridas. El resultado del cálculo indica que se necesitan 10 luminarias las cuales producen unos 177 lux promedios para toda el área, por lo que esta dentro de la norma. [9]. (ver figura 4.13). La simulación de iluminación para NAVE 2 “Bodega” se muestra en la figura 4.16.

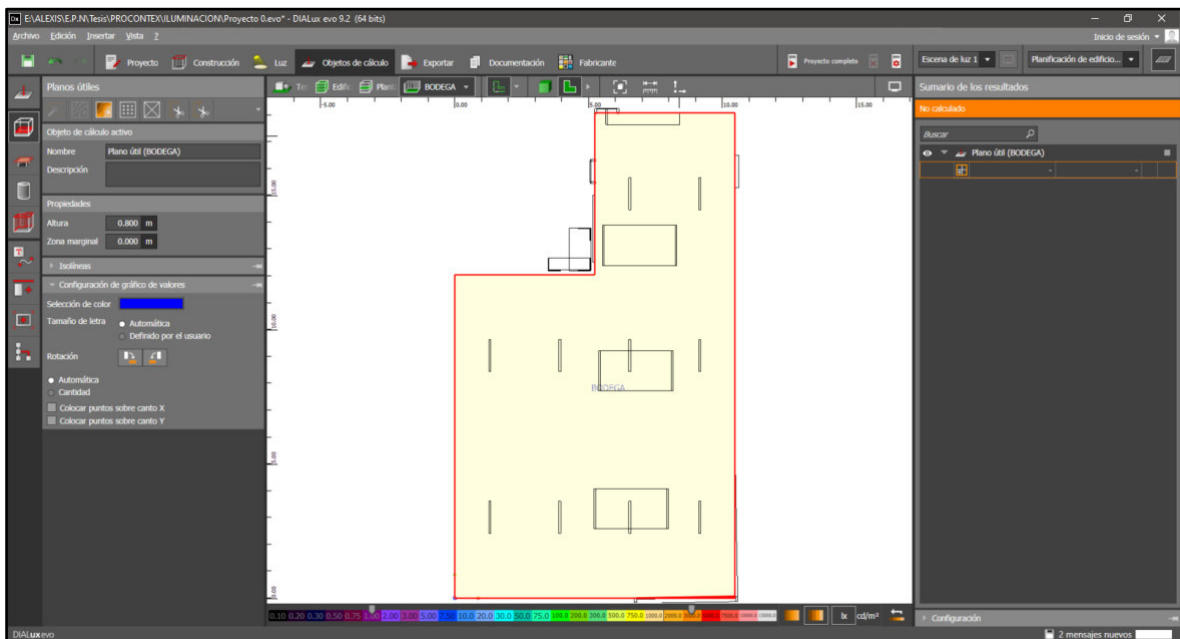


Figura 4.16. Programa DIALux en su ventana de cálculo. Nave 2 Bodega.

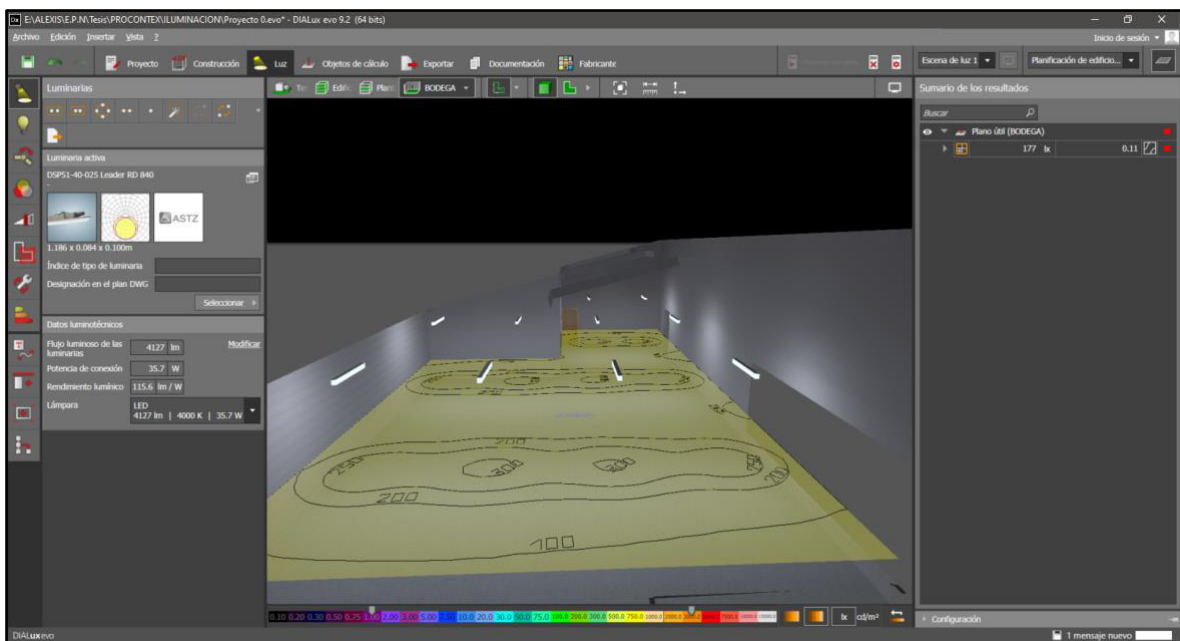


Figura 4.17. Simulación de iluminación para NAVE 2 Bodega.

A continuación, en la tabla 4.2 se tabula la cantidad de potencia instalada que nace del resultado de la cantidad de luminarias calculadas con el programa DIALux por la potencia nominal de la luminaria Sylvania DSP51-40-025 Lea RD 840 que es de 35,7w

Tabla 4.2 Carga de Iluminación instalada “PROCONTEX”.

DESCRIPCION	CANT	Pn(W)
BODEGA	10	357.00
LABORATORIO	12	428.40
HORNOS	6	214.20
PASILLO	2	71.40
PLANCHADO	4	142.80
VIRADOR DE PANTALONES	6	214.20
CUARTO ELECTRICO	2	71.40
NAVE 1	94	3355.80
REFLECTORES	10	700.00
TOTAL ILUMINACION	146	5555.20

A continuación, se debe calcular la eficiencia de la iluminación tanto para lo existente como lo proyectado demostrando los beneficios de la aplicación del diseño, para el efecto se necesita calcular el valor VEEL, que se indicó en el capítulo 1 literal 2.2.2 del presente documento, mismo que por definición es el valor del equivalente energético de la iluminación. (ver tabla 4.3)

Tabla 4.3 Eficiencia en iluminación “PROCONTEX”.

DESCRIPCIÓN	CANT	Pn (W)	AREA (m ²)	ILUMINANCIA (Lx)	VEEI DISEÑO (W/m ²)	LIMITE DE VEEI (W /m ²)	VEEI ACTUAL (W/m ²)
BODEGA	10	357	157,5	177	1,28	3,5	4,7
LABORATORIO	12	428,4	29,88	781	1,84	4	5,1
HORNOS	6	214,2	83,86	174	1,47	3,5	6
PASILLO	2	71,4	17,96	150	2,65	4	4,9
PLANCHADO	4	142,8	33,82	281	1,5	4	5,3
VIRADOR DE PANTALONES	6	214,2	60,2	208	1,71	3,5	4,7
CUARTO ELECTRICO	2	71,4	13,32	204	2,63	3,5	5,1
NAVE 1	94	3355,8	387,7	504	1,72	3,5	4,8

Como se puede observar el valor del VEEI calculado no supera el valor del LIMITE DEL VEEI [10], entendiéndose que los valores obtenidos están correctos y acordes al criterio de eficiencia energética lumínica. Además se puede observar el ineficiente sistema de iluminación que la compañía presenta en su ubicación actual

Para la iluminación externa y dentro del presupuesto destinado por PROCONTEX se iluminará con reflectores sujetos a la estructura principal como se puede ver en los círculos remarcados de la figura 4.18. Siendo 10 reflectores de 70 W los distribuidos por toda la edificación de la siguiente manera:

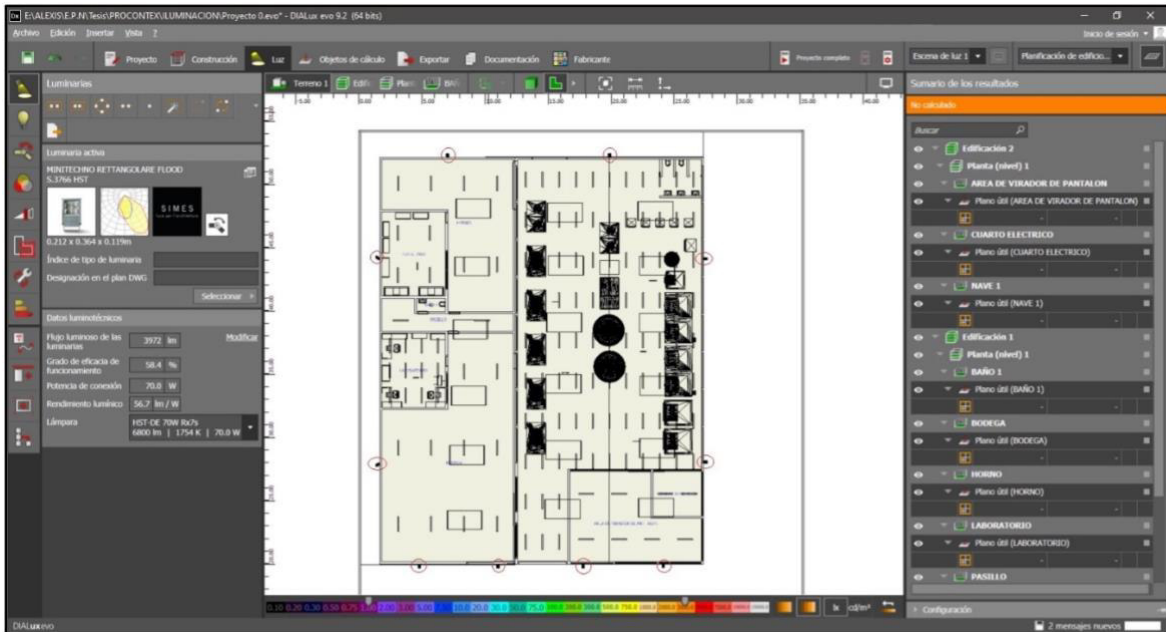


Figura 4.18. Posición de reflectores

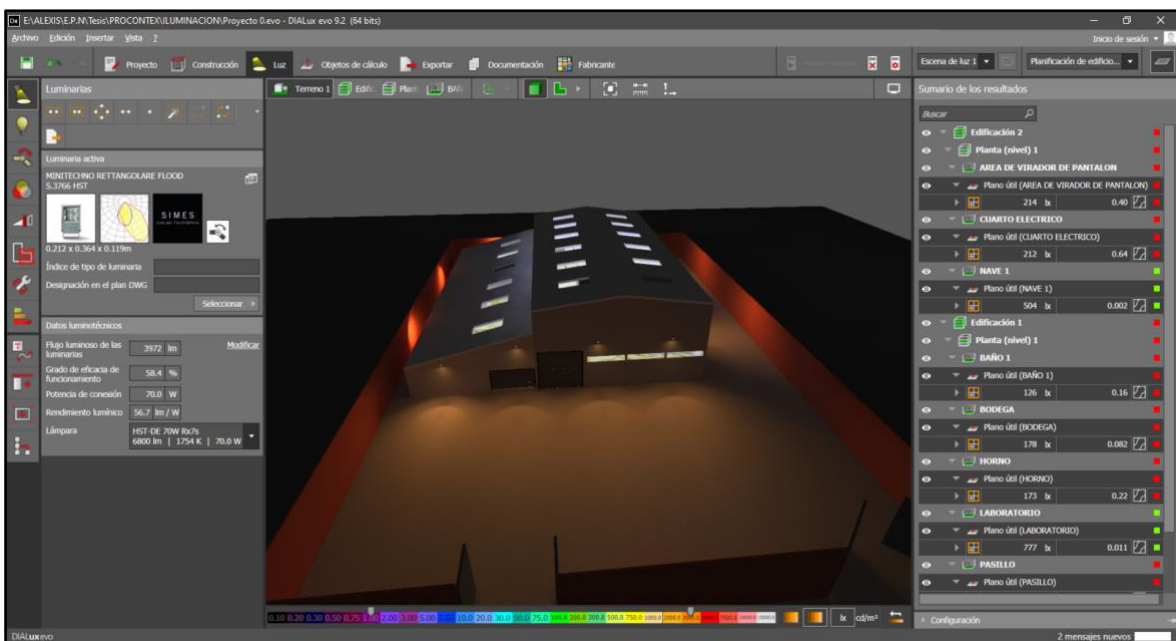


Figura 4.19. Simulación de la vista externa nocturna “PROCONTEX”

En la figura 4.19 se puede observar la simulación de la vista externa nocturna de la planta industrial, el plano completo puede encontrarse en el ANEXO B.3.

4.3.2. CÁLCULO DE CALIBRE DE CONDUCTORES

Para el cálculo de este literal se debe considerar la capacidad de corriente y la caída de voltaje de los cables que van conducir la energía y deben ser analizados individualmente por circuito, esto principalmente debido a que el consumo de cada carga es diferente a la otra. El conductor será escogido en función de estos dos parámetros y acorde a cada caso.

4.3.2.1. CAPACIDAD DE CORRIENTE

Debido a la gran carga inductiva en una industria, el factor de potencia estimado en la mayoría de los casos es de 0.8; mientras que la eficiencia tiende al 80%, con un voltaje de alimentación de 220V en sistema trifásico. Con lo anteriormente indicado se calculará para cada máquina su corriente nominal.

Particularmente refiriéndonos a las lavadoras de muestra con una potencia nominal de 3000 W se tendría que:

$$I_n = \frac{3000}{\sqrt{3} * 220 * 0.8 * 0.8} \quad (4.1)$$

$$I_n = 12.30 \text{ A}$$

El departamento técnico de PROCONTEX al carecer de la información técnica de su maquinaria debido a las razones ya indicadas en el capítulo 1 literal 1.5 y en razón de salvaguardar la integridad de los equipos y la seguridad de la planta y personal, solicitó se considere un factor adicional en los cálculos de corrientes principalmente debidos a los posibles armónicos que generan los variadores de velocidad y los motores mismos que se reflejarían en posible calentamiento de los conductores.

Volviendo a la corriente nominal de las lavadoras de muestra que es de 12.30 A, por cada una, se aplicaría el factor de seguridad sugerido por PROCONTEX el cual permitirá operar sobrecargas, armónicos y calentamientos externos por cortos periodos de tiempo; de ser el caso. El factor sugerido es del 0.25 adicional, siendo la corriente corregida de 15.38 A. Este artificio de corrección otorga una mayor confiabilidad y reduce la caída de voltaje en todos los circuitos otorgando una mayor seguridad.

Con estas consideraciones se obtiene la tabla 4.4 referente al calibre de conductor en función de su capacidad de corriente:

Tabla 4.4 Calibre de conductores seleccionados por capacidad de corriente.[7]

ITEM	DESCRIPCION	CANT	Pn (W)	I (A)	CALIBRE SEGÚN TABLA AWG DE CU	CALIBRE AWG SELECCIONADO EN Cu
1	LAVADORA MUESTRA	6	3	15.38	12	10
2	MODULOS	3	400	2.05	14	12
3	HORNO	2	1,2	6.15	14	12
4	VIRADOR	1	3,8	19.48	12	10
5	TOPPER	2	4,5	23.07	10	8
6	CALDERA	1	2,3	11.79	14	12
7	BOMBA CALDERO	1	6,3	32.29	8	6
8	SECADOR DE AIRE	1	3	15.38	12	10
9	COMPRESOR	1	6,9	35.37	8	6
10	FOSTEADORA	1	2,3	11.79	14	12
11	PRENSA	2	2,3	11.79	14	12
12	BOMBA DE AGUA	3	4,5	23.07	10	8
13	BOMBA DIESEL	1	3	15.38	12	10
14	EXTRACTOR	2	2	10.25	14	12
15	LAVADORA	8	8,5	43.57	8	6
16	CENTRIFIGADORAS	3	13,321	68.28	6	4
17	SECADORA MUESTRA	1	1,5	7.69	14	12
18	SECADORA	6	5,5	28.19	10	8

Una vez obtenido los calibres de acuerdo con el criterio de capacidad de corriente, se procede a realizar el cálculo de caída de voltaje para verificar que se cumpla la norma.

4.3.2.2. CAÍDA DE VOLTAJE

El cálculo de la caída de voltaje es muy importante debido a las distancias que los cables deben recorrer a través de la planta industrial. Refiriéndose al circuito tomado como ejemplo de la lavadora de muestra con potencia de 3000 W, y una corriente calculada de

15.38A se seleccionó el cable THHN calibre #10 de cobre con una constante de $k = 0.00258$ y una distancia de 36 m. Dando una caída de:

$$\% V = I [A] * d [m] * k. (4.2)$$

$$\% V = 15.38 * 36 * 0.00258 = 1.43$$

Se puede observar que la caída de voltaje en el circuito de la lavadora de muestra es de 1.43% siendo menor a la norma [7] que es del 3%, por lo que cumple con el criterio y se puede asegurar que el calibre es el adecuado, es importante mencionar que estos cálculos se los debe hacer por cada máquina; ya que, las distancias varían dependiendo de la ubicación, a continuación se presenta la tabla 4.5 con un extracto de los resultados obtenidos; la tabla completa de caída de voltaje se puede observar en el ANEXO F de este documento.

Tabla 4.5 Resultados de caída de voltaje por cada tipo de máquina. [7]

MAQUINA	d (m)	I (A)	CABLE	k BIFASICO 220V *	k TRIFASICO 220V *	%V
						TOTAL
LAVADORA MUESTRA 1	36.00	15.38	THHN 3X10 AWG	-	0.00258	1.43
MODULOS	40.00	2.05	THHN 3X12 AWG	-	0.00410	0.34
HORNO 1	50.00	6.15	THHN 3X12 AWG	-	0.00410	1.26
VIRADOR	18.00	19.48	THHN 3X10 AWG	-	0.00258	0.90
TOPPER 1	12.50	23.07	THHN 3X8 AWG	-	0.00162	0.47
CALDERA	33.00	11.79	THHN 3X12 AWG	-	0.00410	1.60
BOMBA CALDERO	40.00	32.29	THHN 3X6 AWG	-	0.00103	1.33
SECADOR DE AIRE	55.00	15.38	THHN 3X10 AWG	-	0.00258	2.18
COMPRESOR	55.00	35.37	THHN 3X6 AWG	-	0.00103	2.00
FOSTEADORA	57.00	11.79	THHN 3X12 AWG	-	0.00410	2.76
PRENSA 1	52.00	11.79	THHN 3X12 AWG	-	0.00410	2.51
BOMBA DE AGUA 1	60.00	23.07	THHN 3X8 AWG	-	0.00162	2.24
BOMBA DIESEL	40.00	15.38	THHN 3X10 AWG	-	0.00258	1.59
EXTRACTOR 1	20.00	10.25	THHN 3X12 AWG	0.00474	-	0.97
LAVADORA 1	33.00	43.57	THHN 3X6 AWG	-	0.00103	1.48
CENTRIFIGADORA 1	52.00	68.28	THHN 3X4 AWG	-	0.00064	2.27
SECADORA MUESTRA	27.50	7.69	THHN 3X12 AWG	-	0.00410	0.87
SECADORA 1	25.50	28.19	THHN 3X8 AWG	-	0.00162	1.16

* El cálculo se lo realizó basado en la tabla de constantes para el cálculo de caída de voltaje en %, del Manual de Instalaciones Eléctricas Residenciales e Industriales del Ing. Gilberto Enríquez Harper.2004. Pág. 66 [7]

A continuación se presenta el cálculo de las pérdidas en los conductores en las tablas 4.6 y 4.7, las cuales indican los totales para las instalaciones actuales como para el diseño propuesto en este proyecto.

Tabla 4.6 Pérdidas en los conductores en la fábrica actual.

MAQUINA	I (A)	DISTANCIA ACTUAL (m)	CALIBRE ACTUAL	RESISTENCIA ACTUAL (Ω)	PERDIDAS ACTUALES (W)
LAVADORA MUESTRA 1	15,38	45,00	12	0,24	56,63
MODULOS	2,05	52,00	14	0,44	1,85
HORNO 1	6,15	47,00	14	0,40	15,02
VIRADOR	19,48	49,00	12	0,26	98,92
TOPPER 1	23,07	52,00	14	0,44	233,86
CALDERA	11,79	44,00	14	0,37	51,68
BOMBA CALDERO	32,29	52,00	10	0,17	181,09
SECADOR DE AIRE	15,38	47,00	12	0,25	59,15
COMPRESOR	35,37	44,00	12	0,23	292,84
FOSTEADORA	11,79	59,00	14	0,50	69,30
PRENSA 1	11,79	50,00	14	0,42	58,73
BOMBA DE AGUA 1	23,07	40,00	12	0,21	113,26
BOMBA DIESEL	15,38	47,00	12	0,25	59,15
EXTRACTOR 1	10,25	48,00	14	0,41	42,61
LAVADORA 1	43,57	54,00	12	0,29	545,36
CENTRIFIGADORA 1	68,28	47,00	12	0,25	1165,73
SECADORA MUESTRA	7,69	50,00	14	0,42	24,99
SECADORA 1	28,19	40,00	14	0,34	268,60
				TOTAL	3338,75

Tabla 4.7 Pérdidas en los conductores proyectados.

MAQUINA	I (A)	DISTANCIA DISEÑO (m)	CALIBRE DE DISEÑO	RESISTENCIA DISEÑO (Ω)	PERDIDAS DISEÑO (W)
LAVADORA MUESTRA 1	15,38	36,00	10	0,12	28,44
MODULOS	2,05	40,00	12	0,21	0,89
HORNO 1	6,15	50,00	12	0,27	10,06
VIRADOR	19,48	18,00	10	0,06	22,81
TOPPER 1	23,07	12,50	8	0,03	13,97
CALDERA	11,79	33,00	12	0,18	24,40
BOMBA CALDERO	32,29	40,00	6	0,05	55,05
SECADOR DE AIRE	15,38	55,00	10	0,18	43,45
COMPRESOR	35,37	55,00	6	0,07	90,83
FOSTEADORA	11,79	57,00	12	0,30	42,15
PRENSA 1	11,79	52,00	12	0,28	38,45
BOMBA DE AGUA 1	23,07	60,00	8	0,13	67,06
BOMBA DIESEL	15,38	40,00	10	0,13	31,60
EXTRACTOR 1	10,25	20,00	12	0,11	11,18
LAVADORA 1	43,57	33,00	6	0,04	82,69
CENTRIFIGADORA 1	68,28	52,00	4	0,04	201,75
SECADORA MUESTRA	7,69	27,50	12	0,15	8,65
SECADORA 1	28,19	25,50	8	0,05	42,55
				TOTAL	816,01

En base a las tablas 4.6 y 4.7 se puede visualizar una diferencia en las pérdidas de 2522,73[W] en relación a lo existente y lo proyectado, lo cual se traduce a un ahorro de \$301,82 en la planilla mensual de la compañía PROCONTEX.

4.3.3. CONFIGURACIÓN DE CIRCUITOS

Una vez ubicadas las máquinas en la nueva planta industrial se pudo realizar el estudio de iluminación; así como, el cálculo de los calibres de conductores con sus respectivas caídas de voltaje; por lo que, se procede a realizar los planos de instalación, mismos que se encuentran detallados en los ANEXOS del B.4 al B.8 denominados como Configuración de circuitos. En las figuras 4.20 y 4.21 de manera breve se indican las imágenes de los planos de bajo voltaje correspondientes a los cables de los calibres #4 y #6.

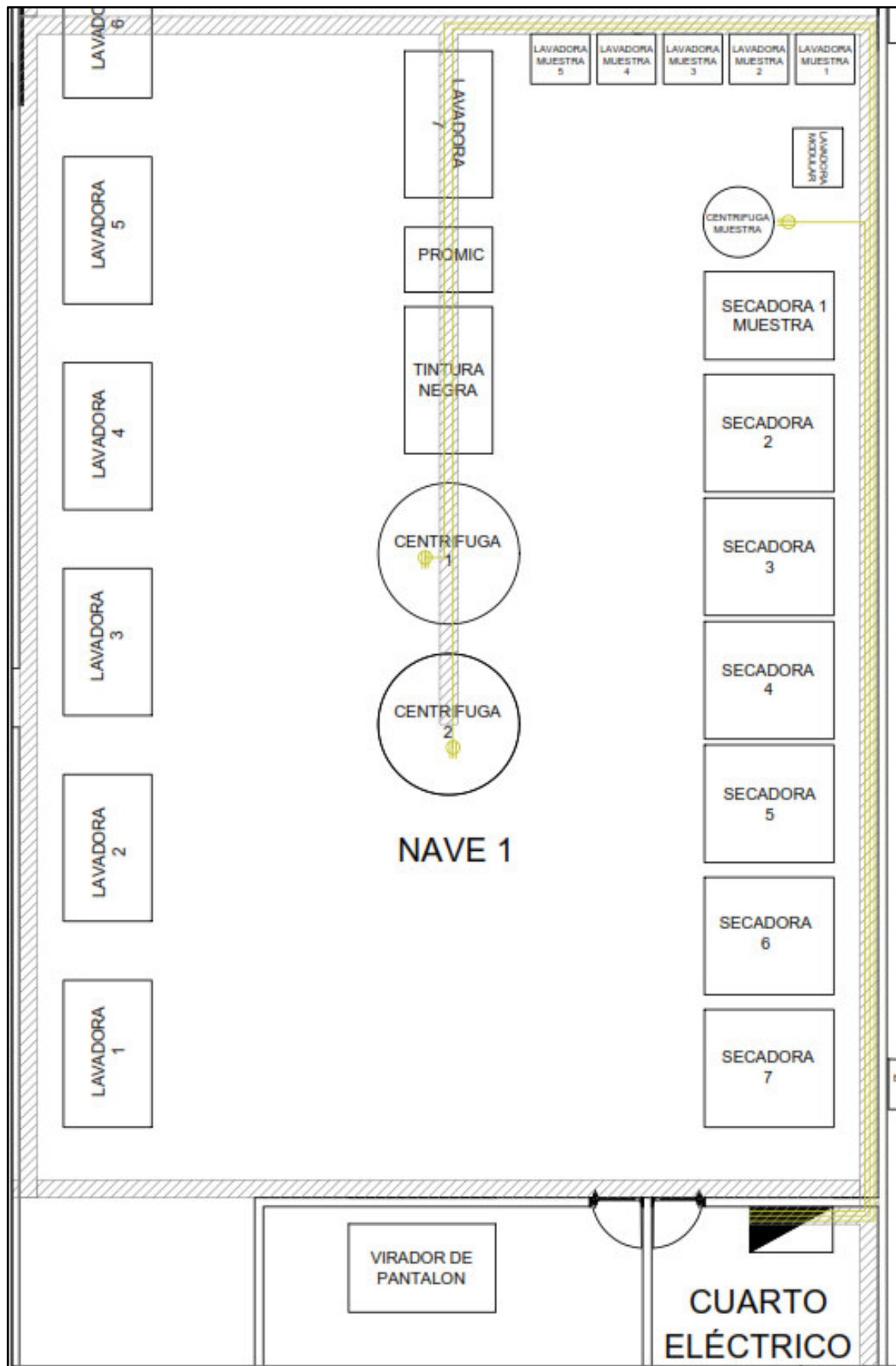


Figura 4.20. Imagen del plano de bajo voltaje (cable #4)

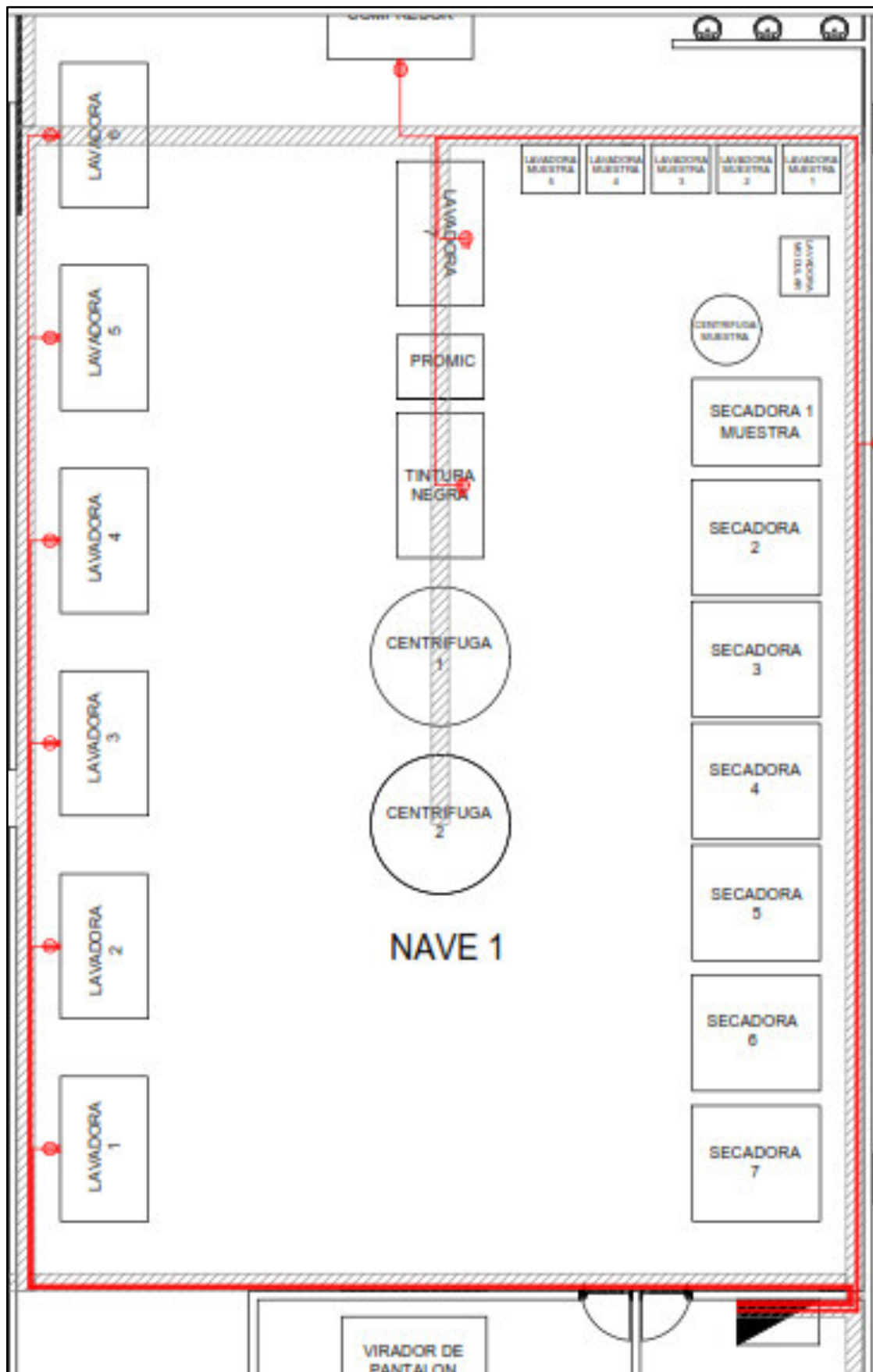


Figura 4.21. Imagen de plano de bajo voltaje (cable #6)

Como parte del diseño se deben considerar tomacorrientes dobles polarizados de nivel de voltaje 110 V, los cuales estarán distribuidos por toda la fábrica para uso común de cargas simples como por ejemplo computadoras, herramientas, etc. el plano completo se presenta en el ANEXO B.9.

A continuación, se muestra en la figura 4.22 la imagen del plano de bajo voltaje (TOMACORRIENTES)

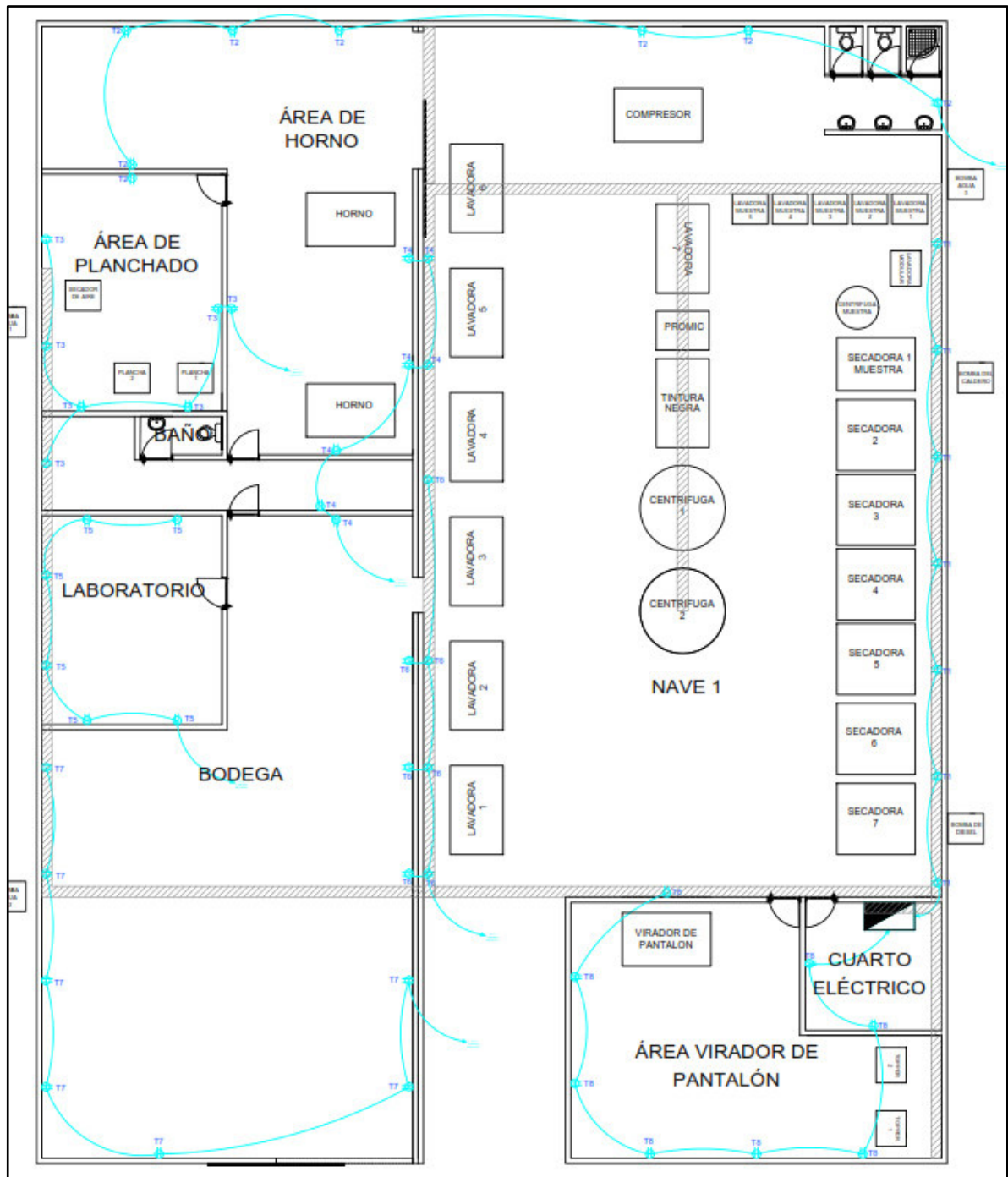


Figura 4.22. Imagen del plano de bajo voltaje (TOMACORRIENTES)

4.3.4. ELECCIÓN DE PROTECCIONES

De acuerdo con las corrientes de cada circuito se procede a elegir la protección adecuada, el criterio utilizado; debidamente explicado en el capítulo I literal 2.1.6, para la selección de cada protección se basó principalmente en la respuesta rápida de sobrecorriente y temperatura. Por lo que la metodología de selección se basa en la elección del interruptor termo magnético comercial más cercano al valor calculado de la corriente nominal siempre realizando la elección por su aproximación inmediata superior; es decir que, si una máquina nominalmente opera con una corriente de 33A y al no existir en el mercado dicho valor, se escogerá el interruptor termo magnético comercial más próximo que es de 40A.

A continuación, se presenta la tabla 4.8 referente a las protecciones seleccionadas para las máquinas de PROCONTEX:

Tabla 4.8 Protecciones por circuito de la compañía “PROCONTEX”. [7]

ITEM	DESCRIPCION	CANT	I (A)	F. Seg (25%)	PROTECCIÓN ELEGIDA
1	LAVADORA MUESTRA	6	15,38	19,23	20
2	MODULOS	3	2,05	2,56	15
3	HORNO	2	6,15	7,69	15
4	VIRADOR	1	19,48	24,35	30
5	TOPPER	2	23,07	28,84	30
6	CALDERA	1	11,79	14,74	15
7	BOMBA CALDERO	1	32,29	40,36	50
8	SECADOR DE AIRE	1	15,38	19,23	20
9	COMPRESOR	1	35,37	44,21	50
10	FOSTEADORA	1	11,79	14,74	15
11	PRENSA	2	11,79	14,74	15
12	BOMBA DE AGUA	3	23,07	28,84	30
13	BOMBA DIESEL	1	15,38	19,23	20
14	EXTRACTOR	2	10,25	12,81	15
15	LAVADORA	8	43,57	54,46	63
16	CENTRIFIGADORAS	3	68,28	78,52	80
17	SECADORA MUESTRA	1	7,69	9,61	15
18	SECADORA	6	28,19	35,24	40
19	CIRCUITO DE ILUMINACION	4	16,71	20,89	30
20	CIRCUITOS DE TOMACORRIENTES SIMPLES	8	30,00	37,50	40

4.3.5. CÁLCULO DE MALLA A TIERRA

4.3.5.1. CÁLCULO DE CORRIENTE MÁXIMA DE FALLA

En referencia a la fórmula de cálculo de corriente máxima de falla detallada en el capítulo 1 literal 2.5.1., se toma como factor de crecimiento el valor de 1; ya que, no se tiene planificado expansión alguna; por otro lado, el factor de decremento se determina a partir del tiempo de descarga o duración de la falla, para este caso se considera que un tiempo de despeje de falla de 0.5 s es lo más aceptable para esta solución, de esto se desprende que el factor de decremento también tiene un valor de 1, de acuerdo con esto se obtiene:

$$I_G = Cp * Df * Ig \quad (4.3)$$

$$I_G = 1 * 1 * 9450$$

$$I_G = 9450 [A]$$

4.3.5.2. CÁLCULO DEL TAMAÑO DEL CONDUCTOR

Según la fórmula para el cálculo del tamaño del conductor indicada en el capítulo 1 literal 2.5.2. se procede a calcularlo con los siguientes datos:

$$S_c = \frac{I_G}{\sqrt{\left(\frac{TCAP * 10^{-4}}{t_c * \alpha_r * \rho_r}\right) * \ln\left(\frac{K_0 + T_m}{K_0 + T_\alpha}\right)}} \quad (4.4)$$

$$S_c = \frac{9.45}{\sqrt{\left(\frac{3.42 * 10^{-4}}{0.5 * 0.00381 * 1.78}\right) * \ln\left(\frac{242 + 1084}{242 + 20}\right)}} \text{ [mm}^2\text{]}$$

$$S_c = 23.37 \text{ [mm}^2\text{]}$$

La sección del cable calculado es de 23.37 mm^2 , el cable # 2 AWG de cobre tiene una sección de 33.60 mm^2 , siendo este el más cercano al valor calculado, además que se debe considerar adicionalmente que es el que comercialmente se va a encontrar en el mercado ecuatoriano.

4.3.5.3. CÁLCULO DE LA RESISTENCIA DE LA PUESTA A TIERRA

Aplicando las ecuaciones de Schwarz explicadas en el capítulo 1 literal 2.5.3, se consideró que para el cálculo de la resistencia de la puesta a tierra de la planta "PROCONTEX" se requieren 12 varillas de copperweld de 254 micras de recubrimiento de 1.80m de largo por $5/8$ " de diámetro, mismas que serán entrelazadas por medio del conductor #2 AWG calculado en el literal anterior, la distancia entre cada varilla será cada 3 metros formando una matriz cuadrangular de 3 metros por 3 metros por bloque y cada uno a su vez formará un arreglo de bloques de tal manera que la disposición del conjunto será de forma cuadrangular con un lado de 6m y el otro de 9m con un área total de 54 m^2 (ver figura 4.23) y una distancia de conductor a utilizar de 42m lineales del cable de cobre desnudo #2 AWG.

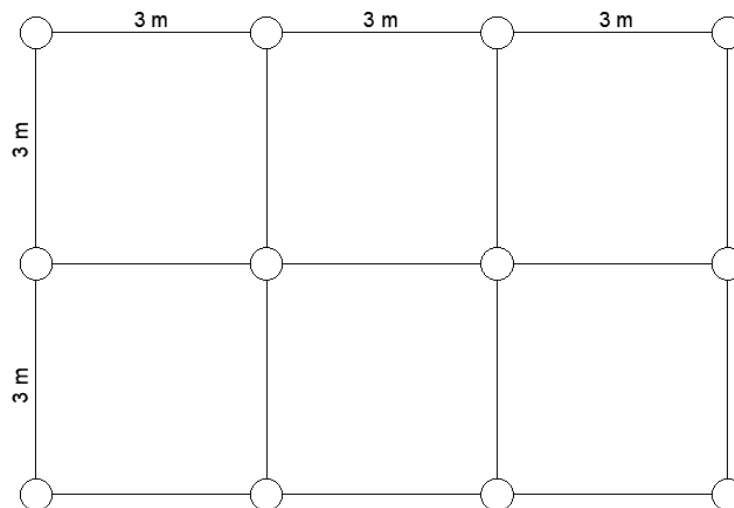


Figura 4.23. Esquema de la malla a tierra.

A continuación, se calcula el valor teórico de la resistencia de la malla a tierra con las ecuaciones de Schwarz descritas en el capítulo II literal 2.5.3:

$$k_1 = -0.05 \frac{9}{6} + 1.20 = 1.125$$

$$k_2 = 0.10 \frac{9}{6} + 4.68 = 4.83$$

$$R_1 = \frac{80}{\pi * 51} \left[\ln \left(\frac{2 * 51}{0.0572} \right) + \frac{1.125 * 51}{\sqrt{54}} - 4.83 \right] = 5.22 \text{ } [\Omega]$$

$$R_2 = \frac{80}{2 * \pi * 12 * 1.80} * \left[\ln \left(\frac{4 * 1.80}{0.00793} \right) - 1 + \frac{2 * 1.125 * 1.8}{\sqrt{54}} (\sqrt{12} - 1)^2 \right] = 5.39 \text{ } [\Omega]$$

$$R_m = \frac{80}{\pi * 51} \left[\ln \left(\frac{2 * 51}{1.8} \right) + \frac{1.125 * 51}{\sqrt{54}} - 4.83 + 1 \right] = 4 \text{ } [\Omega]$$

$$R_g = \frac{5.22 * 5.39 - 4^2}{5.22 + 5.39 - 2 * 4} = 4.65 \text{ } [\Omega]$$

El valor mínimo de la resistencia a tierra es considerado el mismo que recomienda la Empresa Eléctrica Quito cuyo valor aceptado es menor a 5 Ω , como se puede observar el valor calculado para la malla tierra es de 4.65 Ω , mismo que se encuentra dentro de los valores esperados. Con este resultado se puede aseverar que no es necesario ninguna modificación en cuanto al diseño de la malla.

4.3.6. LISTADO DE MATERIALES Y VOLUMEN DE MANO DE OBRA PARA LA INSTALACIÓN EN BAJO VOLTAJE

Parte del estudio es indicar la lista de materiales a ser utilizados para la implementación de la solución en su etapa constructiva. Debido a la cantidad de materiales y volumen de mano de obra solo se muestran en las tablas 4.9 y 4.10 un extracto de la lista real, misma que esta detallada en el ANEXO G del presente documento. Cabe recalcar que este listado es aproximado, principalmente a que en la etapa constructiva pueden suscitar factores externos que modifiquen la cantidad de materiales y mano de obra a implementar.

Tabla 4.9 Extracto de la lista de materiales instalaciones internas "PROCONTEX".

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P.UNITARIO (USD)	TOTAL (USD)
1	Canaleta 30x15	u	42	\$ 36,82	\$ 1.546,44
2	Ángulo de canaleta	u	4	\$ 11,95	\$ 47,80
3	T de canaleta	u	3	\$ 12,53	\$ 37,59
4	Uniones de canaleta	u	21	\$ 1,53	\$ 32,13
5	Manguera anillada 1/2"bx	m	250	\$ 0,73	\$ 182,50
6	Conector de manguera bx 1/2"	u	100	\$ 0,28	\$ 28,00
7	Pernos 1/4" para canaleta	u	100	\$ 0,27	\$ 27,00
8	Pernos autoperforantes 5-16 x 1/2"	u	150	\$ 0,30	\$ 45,00
9	Abrazaderas 1"	u	50	\$ 0,43	\$ 21,50
10	Taco expansor 3/8	u	20	\$ 0,51	\$ 10,20
SUBTOTAL					\$ 14.157,55
IVA					\$ 1.698,91
TOTAL					\$ 15.856,46

Tabla 4.10 Extracto de la lista de Mano de obra instalaciones internas "PROCONTEX".

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P.UNITARIO (USD)	TOTAL (USD)
1	Cableado acometida principal en tablero e instalación de tablero eléctrico de distribución. Gabinete: 1400 mm x 750mm x 300mm. 1 breaker de 3P 250A. 1 juego de barras de cobre 300A (2"x4mm x 3000mm)	u	1	\$ 1.865,35	\$ 1.865,35
2	Cableado e instalación de tablero auxiliar. Gabinete: 400 mm x 300mm x 150mm. 1 juego de barras de cobre 300A (2"x4mm x 3000mm) Accesorios de conexión	u	4	\$ 385,64	\$ 1.542,56
3	Tendido de cable 10AWG-12AWG	m	4.700	\$ 0,16	\$ 752,00
4	Tendido de cable 8AWG-4AWG	m	3.100	\$ 0,32	\$ 992,00
5	Tendido de cable 2/0 AWG (Acometida principal)	m	250	\$ 1,87	\$ 467,50
6	Conexión de Maquinarias reubicadas	u	45	\$ 36,54	\$ 1.644,30
7	Diseño eléctrico instalaciones internas	u	1	\$ 508,75	\$ 508,75
8	Dirección técnica y revisión de instalalciones	GLB	1	\$ 1.554,05	\$ 1.554,05
SUBTOTAL					\$ 8.813,55
IVA					\$ 1.057,63
TOTAL					\$ 9.871,18

Hasta aquí se ha logrado desarrollar el diseño en bajo voltaje para la planta industrial de la empresa PROCONTEX; cabe recalcar que, lo anteriormente expuesto ha sido explicado y resumido para comprender de mejor manera como se realizaron los análisis respectivos. Para ello se resumieron varias tablas, planos y cálculos de cada etapa explicada como son: plano de iluminación, selección de calibre de conductor, cálculo de la caída de voltaje para instalaciones internas, planos de configuración de circuitos y plano de bandejas portacables. Todos estos fueron referidos para ver a detalle en su momento en sus respectivos ANEXOS.

4.4 DISEÑO DE MEDIO VOLTAJE

Para el diseño de medio voltaje se ha tomado como referencia la norma de la Empresa Eléctrica Quito en su parte A “GUIA PARA DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN” [15].

El desarrollo de este literal incluye el levantamiento de las redes existentes, diseño de la torre de transformación y la elaboración del listado de materiales y volumen de mano de obra.

Basados en lo anterior se procede a desarrollar cada ítem indicado:

4.4.1.LEVANTAMIENTO DE LAS REDES EXISTENTES

Previo inicio de cualquier trabajo constructivo es importante determinar las condiciones iniciales del lugar donde se realizarán los trabajos de medio voltaje, para el efecto se levanta la información a detalle y fotografías en el sitio de trabajo. Acorde a la normativa de la Empresa Eléctrica Quito se procede a levantar los siguientes documentos: Hoja de estacamiento de las redes existentes (ver figura 4.24) e inventario de materiales existentes (ver figura 4.25). El ANEXO G contiene a detalle el levantamiento de las redes existentes.

EMPRESA ELECTRICA QUITO													FECHA			
HOJA DE ESTACAMIENTO DE LA RED EXISTENTE													sep-21			
NUM.	COD. EMP.	TIPO Y LONG.	VANO A		RED PRIMARIA	NUM-CALIB	VANO	TIPO ESTRUCT.	VANO	TIPO ESTRUCT.	NUM-CALIB	VANO	A. P.	CAJA DISTRIBUCION	PUENTE	OBSERVACIONES
			TRAS (M)													
1	Pe1	H.A. 12m - 500 kg	-		ESV-3CD	ASC 3X2 AWG	-	ESD-1PP4	-	ASC 2x2/0(1/0) +4 AWG	-	APD-00LCS100PC	-	-		
2	Pe2	H.A. 12m - 500 kg	20,00		ESV-3CD	ASC 3X2 AWG	20,00	ESD-1PP4	-	ASC 2x2/0(1/0) +4 AWG	20,00	APD-00LCS100PC	-	-		
3	Pe3	H.A. 12m - 500 kg	32,00		ESV-3CP	ASC 3X2 AWG	32,00	ESD-1PP4	-	ASC 2x2/0(1/0) +4 AWG	32,00	APD-00LCS100PC	-	-		

Figura 4.24. Hoja de Estacamiento de las redes existentes.

POSTE A POSTE REDES													
INVENTARIO INICIAL DE MATERIALES FABRICA PROCONTEX													
#	CODIGO	DESCRIPCION	Pe1		Pe2		Pe3		SUBTOT	DESPERD	TOTAL	MATERIALES	
			NUEVO	EXISTEN	NUEVO	EXISTEN	NUEVO	EXISTEN				NUEVO	EXISTENTE
2	2820101	ABRAZADERA DE PLETINA ACERO GALV. 2 PERNOS. 38 X 4 MM, 160-190 MM, SUJECCION BASTIDOR SIMPLE		1,00					1,00		5,00	-	5,00
3	2820152	ABRAZADERA DE PLETINA ACERO GALV. 2 PERNOS. 50 X 6 MM, 160 MM, EXTENSION DOBLE. COLLARIN RECTO DOBLE		1,00						1,00	2,00	-	2,00
6	2820111	ABRAZADERA DE PLETINA ACERO GALV. 3 PERNOS. 38 X 6 MM, 160-190 MM, FIJACION PIE AMIGO SIMPLE		1,00					1,00		3,00	-	3,00
13	2010152	AISLADOR DE CAUCHO SILICONADO TIPO SUSPENSION CLASE ANSI DS-28, 22 KV		6,00						6,00	12,00	-	12,00
15	2010311	AISLADOR DE PORCELANA TIPO ESPIGA (PIN), RADIOINTERFERENCIA CLASE ANSI 56-1 25 KV		3,00					3,00		9,00	-	9,00
17	2010502	AISLADOR DE PORCELANA TIPO ROLLO CLASE ANSI 53-2, 0.25 KV		1,00					1,00		7,00	-	7,00
21	4751003	AMARRA PLASTICA DE 35 CM (14") DE LARGO		3,00					3,00		9,00	-	9,00
30	2817101	BASTIDOR (RACK) PARA SECUNDARIO DE ACERO GALV. 1 VIA. 38 X 4 MM		1,00					1,00		3,00	-	3,00
33	2817104	BASTIDOR (RACK) PARA SECUNDARIO DE ACERO GALV. 4 VIAS 38 X 4 MM							1,00		1,00	-	1,00
40	1103342	CABLE PREENSAMBLADO (2 X 20 AAC + 1 X 1/0 AAC) AWG, AISLADO POLIETILENO RETICULADO XLPE, 600 V - 90 GRD C		20,00						20,00	72,00	-	72,00
47	2862236	CAJA DE DISTRIBUCION DE ACOMETIDAS AEREAS TRIFASICAS 210/121 V, 4 HILOS, 320 X 240 X 140 MM		1,00					1,00		3,00	-	3,00

Figura 4.25. Extracto del inventario inicial de materiales de las redes existentes.

Con la hoja de estacamiento de las redes existentes e inventario inicial de materiales conjuntamente con el plano titulado “Diseño de medio voltaje” ANEXO B.11, se procedió a modificar la estructura de medio voltaje del poste existente 2 (ver figura 4.26), mismo que fue seleccionado como punto de arranque del proyecto, debido a que se encuentra frente a la fachada de la nueva planta industrial, además que presenta las facilidades para poder instalar la torre de transformación que será detallada en el literal 4.4.2.



Figura 4.26. Poste existente 2 frente a fachada PROCONTEX.

4.4.2.DISEÑO DE LA TORRE DE TRANSFORMACIÓN

Del estudio de carga desarrollado en el presente capítulo literal 4.2, se indica que la potencia del transformador requerido para suplir la demanda de energía de la empresa PROCONTEX debe ser de 125 kVA con un voltaje en el lado del primario de 22860V y en el lado del secundario de 220/127V. Siendo este el dato inicial para proceder con la selección de conductores y protecciones, además que ayuda a seleccionar los accesorios necesarios para la instalación.

Como parte de los procedimientos para la construcción de redes, las estructuras a utilizarse fueron seleccionadas acorde al manual vigente del Ministerio de Electricidad y Energía

Renovable "MANUAL DE LAS UNIDADES DE CONSTRUCCIÓN" el cual determina que un transformador trifásico de 125 kVA para red de 22 kV debe instalarse de la siguiente manera. (ver figuras 4.27 y 4.28): [4]



				Av. Eloy Alfaro No. 29-50 y 9 de Octubre Edificio Comercio del Ecuador 2do piso PBX: 593-2-3976000 FAX: 593-2-3 976000 ext 1235 RUC: 1768135960001 www.mesr.gub.ec Quito - Ecuador	
REVISIÓN: 04	SECCIÓN 2: MANUAL DE LAS UNIDADES DE CONSTRUCCIÓN (UC)				
FECHA: 2013-01-04	HOMOLOGACIÓN DE LAS UNIDADES DE PROPIEDAD (UP)				
HOJA 1 DE 2	HOMOLOGACIÓN DE LAS UNIDADES DE PROPIEDAD (UP)				
IDENTIFICADOR UP-UC TRV-3C(1)	TRANSFORMADORES EN REDES DE DISTRIBUCIÓN 22 KV GRDy / 12,7 KV - 22,8 KV GRDy / 13,2 KV				
IDENTIFICADOR UC 3C(1)	TRIFÁSICO - CONVENCIONAL PARA INSTALACIÓN EXTERIOR (EN POSTE) - (NOTA 1)				
LISTA DE MATERIALES					
REF	UNID.	DESCRIPCIÓN	NOTAS	CANTIDAD	
1	c/u	Transformador trifásico DYN5, 22860 ó 22000 - 220 / 127 V		1	
2*	c/u	Cruceta de acero galvanizado, universal, perfil "L" 75 x 75 x 6 x 2 400 mm (3 x 3 x 1/4 x 95°)	NOTA 2	2	
3	c/u	Perno rosca corrida de acero galvanizado, 4 tuercas, 4 arandelas planas y 4 de presión, 16 x 406mm (5/8 x 16")		4	
4	m	Cable de acero galvanizado, grado Siemens Martin, 7 hilos, 9,52 mm (3/8"), 3155 kgf		4	
5	c/u	Abrazadera de acero galvanizado, pletina, 2 pernos, extensión escalón, 30 x 6 x 200 mm (1 3/16 x 1/4 x 7/8")	NOTA 3	8	
SUSTITUTIVOS					
2	c/u	Cruceta de acero galvanizado, universal, perfil "L" 70 x 70 x 6 x 2 400 mm (2 3/4 x 2 3/4 x 1/4 x 95°)		2	
NOTAS:					
Tanto en la identificación como en la descripción de la unidad de construcción, la numeración entre paréntesis corresponde a la respectiva nota.					
1.- El quinto campo está conformado por la capacidad del transformador (100 = 100 kVA, 112,5 = 112,5 kVA, 125 = 125 kVA, 150 = 150 kVA).					
2.- El ancho de la cruceta de acero galvanizado (75 o 70 mm) se definirá en función de los resultados de las pruebas mecánicas.					
3.- Es opcional su uso					

Figura 4.27. Materiales a utilizar en Torre Trifásica. [4]

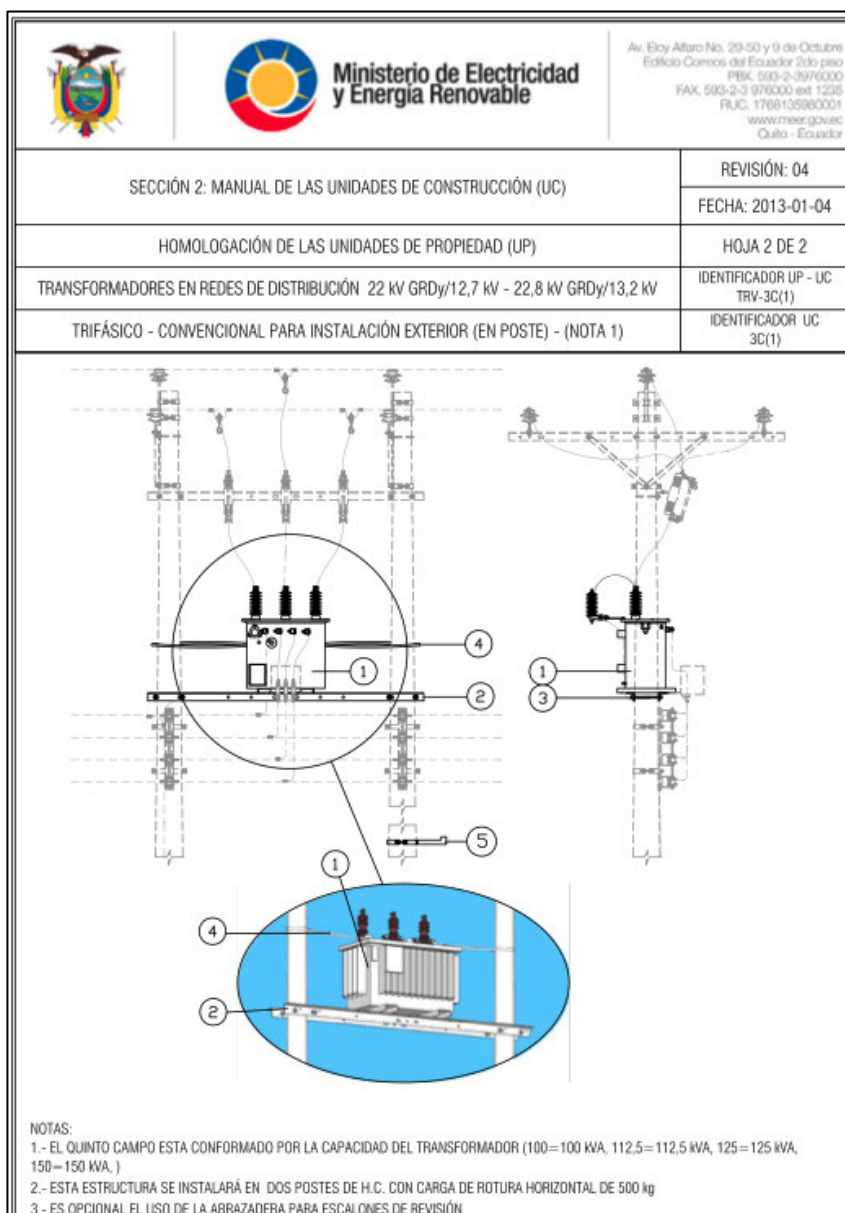


Figura 4.28. Configuración de Torre Trifásica. [4]

Como se puede observar en la figura 4.26 existe un poste de 12m 500 kg frente al predio de PROCONTEX mismo que lleva la red trifásica del primario CRISTIANÍA 18F. Para la construcción de la torre de transformación se plantará un segundo poste de 12m de 500 kg a dos metros del existente. El objeto de realizar este trabajo es armar la estructura TRV-3C (1) como se puede observar en la figura 4.27.

La Subestación Cristianía se encuentra a 400m de distancia de PROCONTEX (ver figura 4.1). Debido a esta cercanía no es viable realizar el trabajo de construcción con suspensión del servicio eléctrico, ya que muchos usuarios incluidos industriales se vieran obligados a

para sus actividades a su vez que la Empresa Eléctrica Quito no vendería la energía del sector en el tiempo de la implementación del trabajo. Esta es la razón principal por lo que el trabajo debe ser ejecutado con un grupo de líneas energizadas y conjuntamente con el constructor privado contratado por PROCONTEX.

Como parte de los trámites para la legalización de la construcción el Municipio de Quito a través de la Secretaría de territorio Hábitat y Vivienda debía pronunciarse si el proyecto PROCONTEX; debía ser eléctricamente construido de manera aérea o subterránea acorde la disposición. Esta definición previa es de suma importancia en la parte técnica; ya que, definía si la solución debía ser aérea con una torre de transformación o subterránea con un transformador tipo pedestal. Como resultado la Secretaría de territorio Hábitat y Vivienda definió que era viable realizar la instalación de una torre de transformación por lo que se procedió a realizarlo de esa manera.

De acuerdo a lo indicado en el párrafo anterior, se procede a dibujar el plano de medio voltaje, tomando en cuenta la elección del transformador trifásico convencional aéreo de 125 kVA. El plano completo de la solución se encuentra en el ANEXO B.11, mientras en la figura 4.29 se puede ver un extracto del mismo.

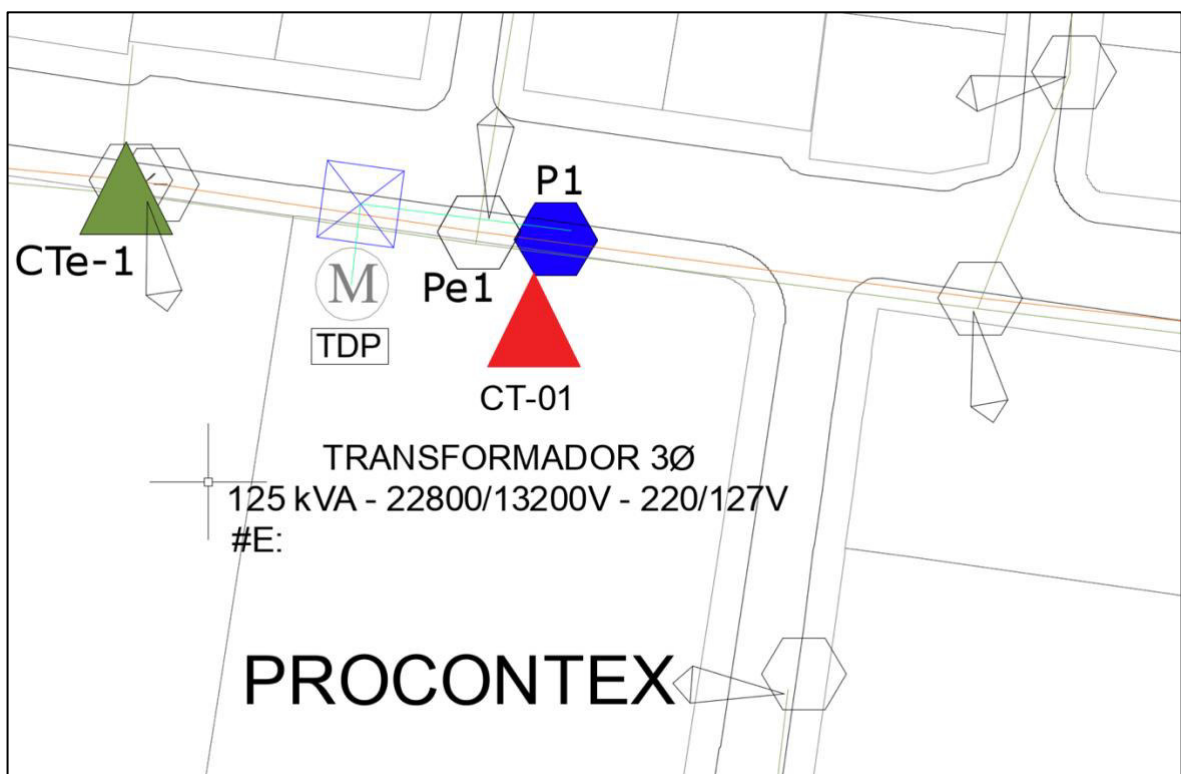


Figura 4.29. Extracto Plano de Medio Voltaje compañía "PROCONTEX".

4.4.3.LISTADO DE MATERIALES Y VOLUMEN DE MANO DE OBRA PARA LA INSTALACION EN MEDIO VOLTAJE

Igual que en el diseño de la red de bajo voltaje, se listan los materiales y volumen de mano de obra de medio voltaje. En las tablas 4.11 y 4.12 se muestran extractos de las listas completas, mismas que están detalladas en el ANEXO I del presente documento. Cabe recalcar que este listado es aproximado, principalmente a que en la etapa constructiva pueden suscitar factores externos que modifiquen la cantidad de materiales y mano de obra a implementar.

Tabla 4.11 Extracto de la lista de materiales medio voltaje "PROCONTEX".

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P.UNITARIO (USD)	TOTAL (USD)
1	Abrazadera de pletina acero galvanizado. 2 pernos, 38 x 4 mm, 160_190 mm, sujeción bastidor simple	u	3,8	\$ 4,00	\$ 15,18
2	Abrazadera de pletina acero galvanizado. 2 pernos, 50 x 6 mm, 160 mm, extensión simple, collarín recto simple	u	7,5	\$ 2,00	\$ 15,00
3	Abrazadera de pletina acero galvanizado. 30 x 6 mm escalones revisión (8 unidades)	u	49,55	\$ 1,00	\$ 49,55
4	Abrazadera de pletina acero galvanizado. 4 pernos, 38 x 6 mm, 160_190 mm, fijación pie amigo doble	u	7,91	\$ 2,00	\$ 15,82
5	Aislador de caucho siliconado tipo suspensión clase ANSI DS-28, 22 kV	u	16,1	\$ 6,00	\$ 96,60
6	Aislador de porcelana tipo espiga (pin), radio interferencia clase ANSI 56-125 kV	u	10,35	\$ 6,00	\$ 62,10
7	Aislador de porcelana tipo retenida clase ANSI 54-3 23 kV	u	3,89	\$ 1,00	\$ 3,89
8	Aislador de porcelana tipo rollo clase ANSI 53-2, 0.25 kV	u	1,15	\$ 4,00	\$ 4,60
9	Alambre galvanizado No.- 8 AWG	kg	1,73	\$ 0,50	\$ 0,86
10	Amarra plástica de 35 cm (14") de largo	u	0,16	\$ 20,00	\$ 3,22
SUBTOTAL					\$ 9.860,16
IVA					\$ 1.183,22
TOTAL					\$11.043,38

Tabla 4.12 Extracto de la lista de Mano de obra medio voltaje "PROCONTEX".

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P.UNITARIO (USD)	TOTAL (USD)
1	Replanteo	Poste	1	\$ 13,33	\$ 13,33
2	Transporte de postes de Hormigón	Poste	1	\$ 28,70	\$ 28,70
3	Excavación para postes o anclas	c / u	1	\$ 12,75	\$ 12,75
4	Transporte interno de postes de Hormigón	Poste	1	\$ 52,74	\$ 52,74
5	MT 3F (23 - 13.2 kV)	c / u	2	\$ 17,71	\$ 35,43
6	AP (bastidor de 2 vías o 2 de una vía)	c / u	4	\$ 3,82	\$ 15,29
7	Conexión a tierra	c / u	2	\$ 14,96	\$ 29,91
8	Puesta a tierra	c / u	2	\$ 9,73	\$ 19,47
9	Transformador 3F (hasta 150 kVA)	c / u	1	\$ 306,38	\$ 306,38
10	Seccionadores	c / u	3	\$ 11,81	\$ 35,44
11	Pararrayos	c / u	3	\$ 11,68	\$ 35,04
12	Cajas de distribución	c / u	1	\$ 27,67	\$ 27,67
SUBTOTAL					\$ 612,13
IVA					\$ 73,46
TOTAL					\$ 685,59

4.5 DISEÑO DE FUENTE DE AUTOABASTECIMIENTO FOTOVOLTAICA

Como se explicó en el literal 2.6, como parte del proyecto se ha planificado realizar el diseño de una solución eléctrica con energía limpia, específicamente con energía fotovoltaica. Para afrontar la degradación de potencia y prestaciones de los diferentes componentes del sistema ya mencionado, se ha considerado un factor de seguridad del 10% con respecto al pico de consumo anual [14].

En el mes de diciembre la compañía "PROCONTEX" alcanzó un consumo de 13616.8 kWh. La Empresa Eléctrica Quito con el fin de definir el consumo toma al mes un total de 30 días facturados; por lo que, el consumo promedio para un día considerando alta demanda es de 454 kWh/día, tal como puede apreciarse del análisis de las planillas efectuado en el numeral 3.3.

4.5.1. ENERGÍA TOTAL A GENERAR

La energía total a generar considerando el factor de seguridad, explicado en el párrafo anterior es:

$$E_T = F_{seg} * (\text{energía total}) \quad (4.11)$$

$$E_T = 1.1 * (454 \text{ [kWh / día]})$$

$$E_T = 499.4 \approx 500 \text{ [kWh / día]}$$

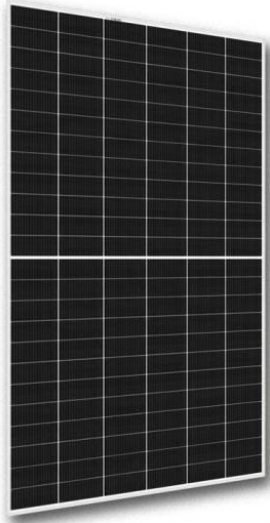
Como se mencionó anteriormente en el literal 1.12.3.2, se debe considerar las horas de sol al día; siendo así, se toma un valor promedio de HSP = 4.35 h/día [16], este valor es el cálculo promedio entre la irradiación solar directa 6.0 kWh/m² día [9] y la irradiación solar difusa 2.8 kWh/m² día [9], por lo que la potencia que los paneles deben generar corresponde a la total dividido para las horas efectivas:

$$E_{\text{panel}} = \frac{E_T}{\text{HSP}} = \frac{500 \text{ kW h día}}{4.35 \text{ h día}} \quad (4.12)$$

$$E_{\text{panel}} = 114.94 \text{ kW}$$

4.5.2. DETERMINACIÓN DE NÚMERO DE PANELES

Dentro del mercado existen varios tipos de paneles solares de diferentes marcas, potencias, precios, etc. Segmentado el mercado a la disponibilidad que existe en el Ecuador se pudo observar que el panel solar Sunrise 540 W HC 144 de 500 W reales es el más comercial, siendo esta la principal razón que ha sido escogido para el presente análisis; cabe recalcar, que dicho panel al ser el más comercializado dispone de gran



variedad de repuestos y una adecuada asistencia técnica. A continuación, se describen las principales características:

- Voltaje a máxima potencia 40.73 [V].
- Corriente a máxima potencia 13.26 [A].
- Voltaje en circuito abierto 49.34 [V].
- Corriente de cortocircuito 13.96 [A].
- Medidas 2278 x 1133 x 35 [mm].
- Peso 28 [kg].
- Potencia real entregada 500 [W].

Aplicando la fórmula del literal 1.12.3.2 con los valores del panel solar Sunrise 540 W HC 144, se obtiene:

$$\#Paneles = \frac{E_{panel}}{P_{real}} = \frac{114940 [W]}{500 [W]} \quad (4.13)$$

$$Paneles = 229.88 \approx 230$$

Cada panel ocupa un área de $3.6 m^2$, por lo que se puede aseverar que por un kW se debe disponer un área de $7.2 m^2$, cabe mencionar que esta área no toma en cuenta solo las dimensiones del panel; si no toda la infraestructura y espacios destinados para realizar los mantenimientos preventivos y correctivos de ser el caso. El área requerida para la instalación de estos paneles es de:

$$\text{Área}_{instalación} = \#paneles * 3.6 m^2 \quad (4.14)$$

$$\text{Área}_{instalación} = 230 * 3.6$$

$$\text{Área}_{instalación} = 828 m^2$$

Parte del cálculo de los paneles es saber si realmente la planta industrial dispone del espacio necesario para ubicar los mismos, si el área calculada de los paneles sobrepasa el espacio asignado se debe recalculer el número de paneles elevando la potencia de los mismos, de esta manera PROCONTEX dispone de un área total de 1914.08 m² de las cuales se prevé utilizar 824 m² ubicados en el techo, la diferencia ósea los 1090.08 m² quedarían disponibles en caso de ser necesario, por lo que se puede decir existe el espacio necesario para implementar el diseño fotovoltaico.

4.5.3. DIMENSIONAMIENTO Y CANTIDAD DE BATERÍAS

Al igual que en los paneles fotovoltaicos, la batería o conjunto de baterías han sido seleccionadas principalmente por razones comerciales, siempre cumpliendo los requerimientos técnicos, siendo la batería de la marca ROLLS de 48 V S6 L16 S610 de 6000 ciclos de autonomía, la seleccionada (ver figura 4.30).

Utilizando la fórmula indicada en literal 1.12.3.3, se obtiene:

$$C_{nb} = \frac{E_{CT} * (D_{out} + 1)}{V_{nom} * P_{Dmax} * n_{inv} * n_D} \quad (4.15)$$

$$C_{nb} = \frac{200 * (1 + 1)}{480 * 0.85 * 0.90 * 0.90}$$

$$C_{nb} = \frac{400000}{330.48} = 1210,36 \text{ Ah}$$

$$\# \text{ de baterías} = \frac{V_{nom} * C_{nom_banco}}{V_{nom_bat} * C_{nom_bat}}$$

$$\# \text{ de baterías} = \frac{480 * 1210,36}{48 * 610}$$

$$\# \text{ de baterías} = 20$$

Basado en lo anterior, el arreglo de baterías debe dar un voltaje estandarizado de 480V, por lo que estos acumuladores serán conectados en serie en grupos de 10 unidades y a su vez este conjunto se conectará en paralelo a otro de iguales características, dando así los 480V requeridos, mismos que abastecen la demanda de la principal carga instalada de PROCONTEX que es equivalente a 200 kW.



Figura 4.30. Batería ROLLS de 48 V S6 L16 S610.

4.5.4. DIMENSIONAMIENTO DE REGULADOR DE CARGA

Para el correcto dimensionamiento del regulador de carga hay que tomar en cuenta la cantidad y tipo de conexión de los paneles, se debe considerar que el conexionado puede ser en serie, paralelo o mixto, esto ayudará a establecer el voltaje y la corriente que debe soportar el regulador.

Acorde al cálculo realizado en el literal 4.5.2, se determinó que la cantidad de paneles a utilizar es de 230 unidades y que PROCONTEX disponible del espacio requerido para este fin.

Partiendo del voltaje del sistema de 480V se calcula el número de paneles conectados en serie; así:

$$\#paneles \text{ en serie} = \frac{V_{sistema}}{V_{panel}}$$

$$\#paneles \text{ en serie} = \frac{480}{48}$$

$$\#paneles \text{ en serie} = 10$$

Cada conjunto de 10 paneles conectados en serie se denomina bloque siendo su voltaje de 480V con una corriente nominal de 13,25 A.

Para calcular el número de bloques se debe dividir los 230 paneles totales para 10 paneles que conforman el bloque dando:

$$\#bloques = \frac{\#paneles}{\#paneles \text{ que conforman el bloque}}$$

$$\#bloques = \frac{230}{10} = 10$$

Hasta aquí se ha calculado el número de bloques necesarios para abastecer de energía a PROCONTEX, pero a la vez conectar todos estos bloques en paralelo haría que la corriente obtenida supere la aceptada por el regulador. Para poder solucionar este problema se debe considerar el literal 1.12.3.4 que indica que la corriente de trabajo bajo ningún concepto puede ser la máxima, por lo que debe trabajar por debajo de dicho valor. Reduciendo el 20% de la corriente máxima como se indica en el literal indicado se obtiene que la corriente de trabajo aceptable es de 80A.

De lo anteriormente indicado los bloques deben ser conectados en paralelo para mantener el voltaje de 480V teniendo como límite los 80A que es la corriente de trabajo aceptable. Como cada bloque inyecta un valor de 13,25A, el conjunto de bloques se determina dividiendo la corriente de trabajo para el valor de la corriente nominal de cada bloque de esta manera:

$$\#bloques = \frac{I_{requerida}}{I_{bloque}}$$

$$\#bloques = \frac{80 \text{ A}}{13.25 \text{ A}} = 6.03 \approx 6$$

Cada conjunto de 6 bloques conectados en paralelo se denomina grupo siendo su voltaje 480V con una corriente nominal de 79,5 A. Que es valor aproximado a los 80A sugeridos.

Para calcular el número de grupos que se requiere se debe dividir los 23 bloques totales para los 6 bloques que cumplen con los requerimientos de voltaje y corriente que el regulador soporta. De esta forma:

$$\#grupos = \frac{\#bloques\ totales}{\#bloques\ que\ cumplen\ requerimientos\ de\ I\ y\ V}$$

$$\#grupos = \frac{23}{6} = 3.83 \approx 4$$

Por ende, se necesitarán 4 reguladores de carga con un voltaje nominal de 480 V y una corriente de 80 A, por lo que se selecciona el regulador LNJING 480V MPPT Regulador Solar 100Amp (ver figura 4.31), el cual cumple con todos los requerimientos para regular la carga y descarga de nuestro banco de baterías.



Figura 4.31. Regulador de carga LNJING.

4.5.5. DIMENSIONAMIENTO DEL INVERSOR

Existen varios tipos de inversores que pueden suplir la necesidad de la planta, pero los mismos pueden encarecer la solución, mientras que confiar toda la carga a un solo inversor implicaría que ante cualquier falla la fábrica se vería en la obligación de parar al 100% su

operatividad; es por eso que, la recomendación indicada por el personal técnico de PROCONTEX es dividir la carga en dos partes iguales.

La solución planteada requiere de 2 inversores que alimentarán la carga de manera repartida. Para la elección de los inversores se debe principalmente separar en términos eléctricos la carga en partes iguales. Según el estudio de carga indicado en el literal 4.2 la demanda de toda la planta es de 126.18kVA, al repartir equitativamente la carga para cada inversor cada uno deberá cubrir una potencia de 63,09kVA que transformados en kilovatios con un factor de potencia de 0.8 se convertirían en 50,47kW.

Basados en este cálculo los dos inversores trifásicos que se acomodan a las necesidades eléctricas y económicas son de la marca Huawei SUN2000-60KTL Trifásico 60kW. (ver figura 4.32)



Figura 4.32. Inversor trifásico HUAWEI 60 KW.

4.5.6.LISTADO DE MATERIALES Y VOLUMEN DE MANO DE OBRA PARA LA PROPUESTA DE AUTOABASTECIMIENTO FOTOVOLTAICA

Igual que en el diseño de alimentación convencional se listan los materiales y volumen de mano de obra de la fuente de autoabastecimiento fotovoltaico. En las tablas 4.13 y 4.14 se muestra las listas completas de cada uno. Cabe recalcar que este listado es aproximado, principalmente a que en la etapa constructiva pueden

suscitar factores externos que modifiquen la cantidad de materiales y mano de obra a implementar.

Tabla 4.13 Lista de materiales propuesta de autoabastecimiento fotovoltaica "PROCONTEX".

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	CANTIDAD	TOTAL
1	Panel solar sunrise 540 W HC 144	u	\$ 145,85	228	\$ 33.253,80
2	Estructura de soporte paneles	u	\$ 24,91	228	\$ 5.679,48
3	Batería ROLLS de 48 V S6 L16 S610	u	\$ 2.876,25	20	\$ 57.525,00
4	Lnjing 480v MPPT regulador solar 100amp	u	\$ 300,00	4	\$ 1.200,00
5	Inversor marca HUAWEI SUN2000-60KTL Trifásico 60kw	u	\$ 4.076,99	2	\$ 8.153,98
6	Cable PVC wire 8 AWG Cu	m	\$ 1,17	720	\$ 842,40
7	Cable PVC wire 10 AWG Cu	m	\$ 0,71	1400	\$ 994,00
8	Cable PVC wire 12 AWG Cu	m	\$ 0,46	450	\$ 207,00
9	Cable TTU cobre # 6	m	\$ 2,10	60	\$ 126,00
10	Cable TTU cobre # 3/0	m	\$ 11,53	240	\$ 2.767,20
11	Cable TTU cobre # 4/0	m	\$ 14,78	30	\$ 443,40
12	Cable TTU cobre # 300 MCM	m	\$ 20,65	30	\$ 619,50
13	Cable TTU cobre # 500 MCM	m	\$ 34,25	100	\$ 3.425,00
14	Conectores	u	\$ 3,60	228	\$ 820,80
15	Materiales varios	lote	\$ 275,00	1	\$ 275,00
SUBTOTAL					\$ 116.332,56
IVA 12%					\$ 13.959,91
TOTAL					\$ 130.292,47

Tabla 4.14 Lista de mano de obra autoabastecimiento fotovoltaica "PROCONTEX".

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	CANTIDAD	TOTAL
1	Instalación de soporte para panel solar, instalación de panel solar, interconexión entre paneles, conexión baterías y regulador de carga, conexión de inversor trifásico	u	\$ 24.834,77	1	\$ 20.834,77
SUBTOTAL					\$ 20.834,77
IVA 12%					\$ 2500,17
TOTAL					\$ 23334,94

4.6 PRESUPUESTO

En las tablas 4.15 se muestra los presupuestos para bajo voltaje (ANEXO H), medio voltaje (ANEXO I) y la propuesta de autoabastecimiento mediante energía fotovoltaica (literal 3.5.6).

Tabla 4.15 Presupuesto general para la compañía "PROCONTEX".

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TOTAL (USD)
1	Bajo voltaje	u	1	\$ 22.971,10
2	Medio voltaje	u	1	\$ 10.472,29
3	Propuesta autoabastecimiento fotovoltaico	u	1	\$ 137.167,33
TOTAL SIN IVA				\$ 170.610,72

CAPÍTULO V

5 ANALISIS ECONÓMICO DE LA PROPUESTA DE AUTOABASTECIMIENTO MEDIANTE GENERACIÓN FOTOVOLTAICA

Toda empresa que tiene como finalidad lucrar en cualquier proyecto que ésta empresa es imprescindible pronosticar la viabilidad del mismo. Mediante los indicadores económicos como VAN y TIR se consigue realizar un análisis financiero que ayuda a los propietarios y/o accionistas a tomar decisiones de inversión.

5.1. INDICADOR VAN

El VAN es un indicador económico que determina la viabilidad de un plan dentro de un intervalo de tiempo; para el caso de este proyecto, es el tiempo de vida promedio de las instalaciones eléctricas, tomando en cuenta los flujos de caja de la compañía y el valor de inversión del proyecto.

$$VAN = -\text{costo de inversión} + \sum_1^n \frac{FC}{(1+i)^2}$$

Donde:

- VAN: valor neto actual.
- FC: flujo de caja.
- i: tasa de interés anual.
- n: tiempo de análisis.

El resultado obtenido del cálculo del indicador VAN representa:

- $VAN < 0$, el proyecto no es viable, no se recuperará la inversión.
- $VAN = 0$, el proyecto no genera ganancia ni pérdida, por lo tanto, es indiferente la aplicación.
- $VAN > 0$, el proyecto es viable.

El costo anual por energía consumida de "PROCONTEX" es de \$12104,70, esto obtenido del literal 2.3 "Planillas de energía eléctrica" y el costo de las pérdidas es de \$301,82 obtenidos en el literal 4.3.2.2. "Caída de voltaje", obteniendo el valor de \$12406,52. Este valor representa el costo de la energía utilizada en la fábrica durante un año, para tener mayor precisión en los cálculos se considera la inflación del país del 1% y una tasa pasiva referencial de 5.52% según estimaciones del BANCO CENTRAL DEL ECUADOR. Por lo que el costo de inversión es \$137167,33 tomado del numeral 5.5.6 y el tiempo de análisis es de 25 años que se considera como el tiempo medio de vida útil, por lo tanto el cálculo del indicador VAN corresponde a:

$$VAN = -\text{costo de inversión} + \sum_1^n \frac{FC}{(1+i)^n}$$

$$VAN = -137167,33 + \sum_1^{25} \frac{12406,52}{(1+0,0552)^n}$$

$$VAN = \$ 45040,90$$

5.2. INDICADOR TIR

El indicador económico TIR es el valor de la tasa de interés a la que el VAN es igual a 0, tomando en cuenta los mismos valores de inversión inicial y flujos de caja. El TIR sirve como indicador para determinar si el proyecto es viable o no de acuerdo a su resultado:

- TIR < 0, el proyecto no recuperará la inversión inicial.
- TIR = 0, indica que el proyecto no genera ganancias ni pérdidas, por lo tanto es indiferente la aplicación.
- TIR > 0, el proyecto recupera la inversión inicial y adicional genera ganancias, el proyecto es viable.

Por lo tanto, el cálculo del indicador TIR corresponde a:

$$0 = -\text{costo de inversión} + \sum_1^n \frac{FC}{(1+TIR)^n}$$

$$0 = -137167,33 + \sum_1^{25} \frac{12406,52}{(1 + TIR)^n}$$

$$TIR = 9 \%$$

5.3. ANÁLISIS DE INDICADORES

A continuación, se presentan los indicadores VAN y TIR dentro del tiempo medio de vida útil. (ver tabla 5.1)

Tabla 5.1 Tabla de indicadores económicos.

AÑO	FC	VAN	TIR
1	12406,52	-125409,82	-91%
2	12527,57	-114158,67	-65%
3	12649,82	-103392,03	-45%
4	12773,30	-93089,02	-31%
5	12898,02	-83229,65	-21%
6	13023,98	-73794,80	-14%
7	13151,20	-64766,17	-10%
8	13279,70	-56126,24	-6%
9	13409,48	-47858,27	-3%
10	13540,55	-39946,23	-1%
11	13672,94	-32374,78	1%
12	13806,65	-25129,24	2%
13	13941,70	-18195,56	3%
14	14078,10	-11560,31	4%
15	14215,86	-5210,64	5%
16	14355,00	865,76	6%
17	14495,53	6680,67	6%
18	14637,47	12245,35	7%
19	14780,83	17570,57	7%
20	14925,62	22666,66	7%
21	15071,85	27543,47	8%
22	15219,55	32210,46	8%
23	15368,73	36676,66	8%
24	15519,40	40950,72	8%
25	15671,58	45040,90	9%

Los valores obtenidos en los indicadores VAN y TIR son mayores a 0; por lo que, se puede determinar que el proyecto recupera la inversión inicial y generará ahorro para la compañía, pasados los 15 años desde su implementación. Cabe considerar que este tipo de proyectos de autoabastecimiento mediante generación fotovoltaica tienen un tiempo de vida útil mayor a 30 años de acuerdo al fabricante [17], lo que permite dar a entender que el proyecto es viable en función del tiempo.

CAPÍTULO VI

6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. CONCLUSIONES

- Los diseños de proyectos eléctricos se basan principalmente en las teorías de la electricidad, pero en la etapa constructiva se deben también considerar las normas impuestas por los entes de control de cada país, para el caso del Ecuador dichas normas están indicadas en el Código Eléctrico Ecuatoriano, en las unidades de propiedad del Ministerio de Energía y Recursos No Renovables del Ecuador y en las normas de cada Empresa Distribuidora de Energía. Para el desarrollo de este trabajo de titulación se utilizaron las normas de la Empresa Eléctrica Quito y las del Código Eléctrico Ecuatoriano. El apego a estas normas permite un correcto diseño eléctrico que reduce costos de operación, incrementa la confiabilidad y eficiencia del sistema y brinda seguridad al personal operativo de la Empresa PROCONTEX.
- El levantamiento eléctrico general de las instalaciones, permitió observar todas las deficiencias que ésta presentaba; tales como, sobrecalentamiento de conductores, fallas en los circuitos de alimentación de la maquinaria, empalmes antitécnicos, remiendos donde se cambiaba empíricamente los conductores en algunos casos aumentando y en otros disminuyendo los calibres y la falta de planos y diagramas unifilares. Todo esto evidenció la necesidad de realizar el diseño y una instalación adecuada en la nueva planta industrial de la empresa PROCONTEX.
- Es claro que la empresa no tuvo una planificación acorde al crecimiento que ha alcanzado a través de los años. Dejando diferentes procesos descuidados en términos eléctricos; sin embargo, aprovechando su migración a la nueva planta se pudo realizar un correcto diseño.
- Gracias al levantamiento general de la carga instalada, se pudo determinar que el punto de mayor consumo se encuentra en la zona de lavado, lo cual determinó el

correcto diseño de conductores y protecciones para la misma, de igual forma se pudo distribuir las cargas adecuadamente.

- Acorde a las planillas de consumo eléctrico se puede decir que la compañía tenía fugas de corriente, ya que se pudo observar que en períodos nocturnos en los que no operaban, tenían un consumo significativo de energía, esto debido principalmente a la mala condición de toda la instalación en general.
- El sistema de iluminación contempla tecnología led, misma que generará un ahorro de energía debido principalmente al cambio de la iluminación fluorescente e incandescente.
- La implementación de un autoabastecimiento por energía solar incrementará la competitividad de la compañía, esto debido a que no dependerá de la energía entregada por la distribuidora, sino netamente de su propio parque fotovoltaico, mismo que reducirá el pago por consumo eléctrico.

6.2. RECOMENDACIONES

- Se recomienda la aplicación de todos los parámetros indicados en el diseño del presente trabajo; ya que, es el resultado de un estudio detallado del sistema eléctrico en las nuevas instalaciones. Este ha sido revisado por personal de la empresa PROCONTEX; así como, los profesores de la Escuela Politécnica Nacional y el autor del presente documento.
- No tratar de reducir costos de instalación sacrificando la calidad de los materiales sugeridos para todo el sistema eléctrico.
- Capacitar al personal de mantenimiento de PROCONTEX para que ante algún inconveniente no cometan los mismos errores evidenciados en la recopilación de información de la fábrica antigua.

- Crear un plan de mantenimiento preventivo que permita una operación segura y eficiente otorgando la mayor confiabilidad de los sistemas de la fábrica.
- Establecer una política de ahorro energético en la empresa, creando consciencia en que además de otorgar beneficios económicos se ayude a la reducción de contaminación del planeta brindando una mejor calidad de vida a las generaciones futuras.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] EMIS. (2020, Enero 20). Lavandería de confeccionistas textiles procontex CIA. LTDA. Disponible en:
https://www.emis.com/php/company-profile/EC/Lavanderia_de_Confeccionistas_Textiles_Procontex_CIA_Ltda_es_3984752.html
- [2] Cottonworks. (2018, Junio 14). El Arte del Acabado de Prendas de Denim. Disponible en:
<https://www.cottonworks.com/topics/en-espanol/procesos-de-algodon/el-arte-del-acabado-de-prendas-de-denim/>
- [3] S. R. Castaño. Redes de Distribución de Energía. Tercera edición. Universidad Nacional de Colombia, 2004.
- [4] MINISTERIO DE ENERGÍA Y RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES DEL ECUADOR, 2020, Unidades de Propiedad. Disponible en:
[https://www.unidadespropiedad.com/pdf/2d/Secc2-Unid%20de%20Const/PDF%20TR/22KV/Materiales%20y%20graficos%20de%2022%20trafo/TRV-3C\(2\).pdf](https://www.unidadespropiedad.com/pdf/2d/Secc2-Unid%20de%20Const/PDF%20TR/22KV/Materiales%20y%20graficos%20de%2022%20trafo/TRV-3C(2).pdf)
- [5] Consejo Nacional de Electricidad, "035/19 - Pliego Tarifario para las empresas eléctricas de Distribución." ARCONEL, dic. 23, 2019 [En línea]. Disponible en:
https://www.cnelep.gob.ec/wp-content/uploads/2020/01/pliego_tarifario_del_spee_2020_resolucion_nro_035_19.pdf
- [6] "Protecciones Eléctricas", notas de clase IEE8S3, Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, Escuela Politécnica Nacional, 2019.
- [7] E. Harper. Manual Práctico de Instalaciones Eléctricas. Segunda edición. México, Limusa, 2004.
- [8] DIAL GmbH. (2020, Julio 23). DIALux evo 9.2. Disponible en:
<https://www.dialux.com/es-ES/dialux>.
- [9] Norma Técnica Ecuatoriana, "ILUMINACIÓN DE EDIFICIOS PARA FÁBRICAS Y TALLERES, REQUISITOS.", inen 1 154 (1984-05).
- [10] Guía Técnica de Eficiencia Energética en Iluminación. Centros Docentes", Comité. Español de Iluminación, España, Guía, 2001.
- [11] Jorge Moreno Mohíno et al., Sistemas de Puesta a Tierra en Instalaciones de Alta Tensión: Diseño, cálculo y verificación., 1ra Edición. España: Garceta Grupo Editorial, 2015.
- [12] C. E. Cango, C. A. Pichogagón, "ELABORACIÓN DE UN MANUAL PARA EL DISEÑO Y MANTENIMIENTO DE MALLAS DE PUESTA A TIERRA", Escuela de Formación de Tecnólogos, Escuela Politécnica Nacional.
- [13] J. Méndez, R. Cuervo. "ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA", Segunda edición, España, FC Editorial, 2007.
- [14] S. Salamanca, "Propuesta de diseño de un sistema de energía solar fotovoltaica" Revista Científica • ISSN 0124-2253 • e-ISSN 2344-2350 • Septiembre-Diciembre • Bogotá-Colombia • No. 30 (3) • pp. 263-277, AGOSTO 2017.
- [15] Empresa Eléctrica Quito, "GUIA PARA DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN.", DI-EP-P001-D001, 2014.
- [16] D. Vaca, F. Ordóñez, (2019 diciembre 20). "MAPA SOLAR DEL ECUADOR", Disponible en:
https://www.epn.edu.ec/wp-content/uploads/2020/04/MAPA_SOLAR_DEL_ECUADOR_final.pdf
- [17] BORNAY AEROGENERADORES, (2021 agosto 18). "PANELES SOLARES", Disponible en: <https://www.bornay.com/es/productos/paneles-solares-sunrise>

ANEXOS

ANEXO A. Toma de carga transformador existente.

ANEXO B.1 Planos "PROCONTEX" - diagrama unifilar existente.

ANEXO B.2 Plano arquitectónico.

ANEXO B.3 Plano de bajo voltaje (ILUMINACIÓN).

ANEXO B.4 Plano de bajo voltaje (CABLE #4).

ANEXO B.5 Plano de bajo voltaje (CABLE #6).

ANEXO B.6 Plano de bajo voltaje (CABLE #8).

ANEXO B.7 Plano de bajo voltaje (CABLE #10).

ANEXO B.8 Plano de bajo voltaje (CABLE #12).

ANEXO B.9 Plano de bajo voltaje (TOMACORRIENTES).

ANEXO B.10 Plano de bajo voltaje (Bandeja porta cables).

ANEXO B.11 Plano de medio voltaje.

ANEXO C. Estudio de carga y demanda "PROCONTEX".

ANEXO D. Simulaciones de iluminación.

ANEXO E. Selección de calibre del conductor.

ANEXO F. Calculo de la caída de voltaje en instalaciones internas.

ANEXO G. Levantamiento Inicial de medio voltaje.

ANEXO H. Presupuesto de bajo voltaje.

ANEXO I. Presupuesto de medio voltaje.