

# **ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**

## **FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA**

### **PLAN DE MODERNIZACIÓN DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS PARA LA EMPRESA INVEDELCA S.A**

#### **PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO ELÉCTRICO**

**MIGUEL ÁNGEL BURNEO CELI**

**miguel.burneo@hotmail.com**

**DIRECTOR: ING. MIGUEL ÁNGEL LUCIO CASTRO**

**miguel.lucio@epn.edu.ec**

**CODIRECTOR: DR. ING. HUGO NEPTALÍ ARCOS MARTÍNEZ**

**hugo.arcos@epn.edu.ec**

**Quito, Octubre 2018**

## **AVAL**

Certificamos que el presente trabajo fue desarrollado por Miguel Angel Burneo Celi, bajo nuestra supervisión.

---

**ING. MIGUEL ÁNGEL LUCIO CASTRO**  
**DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

---

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

## **DECLARACIÓN DE AUTORÍA**

Yo Miguel Angel Burneo Celi, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentada 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 cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

---

Miguel Angel Burneo Celi

## **DEDICATORIA**

Dedico el presente trabajo a mis padres quienes me han brindado su apoyo incondicional durante todo este tiempo.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco de manera especial a todas las personas que de una u otra manera estuvieron allí apoyándome en todo este tiempo.

Gracias por todo.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

AVAL .....	i
DECLARACIÓN DE AUTORÍA.....	ii
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	v
RESUMEN .....	ix
ABSTRACT .....	x
CAPÍTULO 1 .....	1
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	1
1.2 ALCANCE .....	2
1.3 JUSTIFICACIÓN .....	3
1.4 OBJETIVOS .....	4
1.4.1 OBJETIVO GENERAL.....	4
1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	4
1.5 DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA .....	4
1.5.1 DESCRIPCIÓN DE PROCESOS INDUSTRIALES .....	5
1.5.1.1 CULTIVO DE CHAMPIÑONES .....	5
1.5.1.2 ÁREAS DE PRODUCCIÓN.....	9
CAPÍTULO 2 .....	17
2. ESTUDIO DE DIAGNÓSTICO DE LA RED ELÉCTRICA EXISTENTE .....	17
2.1 MÉTODO TÉCNICO .....	17
2.2 MÉTODO DETALLADO .....	17
2.3 PROCEDIMIENTO DE MEDICIÓN ELÉCTRICA.....	18
2.4 COMPONENTES ELÉCTRICAS E INSTRUMENTACIÓN .....	18
2.5 LEVANTAMIENTO DE LA RED ELÉCTRICA .....	19
2.6 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO EXISTENTE .....	20
2.6.1 CT-1, CENTRO DE TRANSFORMACIÓN 1.....	20
2.6.2 CT-2, CENTRO DE TRANSFORMACIÓN 2.....	21
2.6.3 CT-3, CENTRO DE TRANSFORMACIÓN 3.....	21

2.6.4 SISTEMA DE GENERACIÓN Y TABLERO DE TRANSFERENCIA AUTOMÁTICA (TTA) .....	23
2.6.5 TABLEROS PRINCIPALES .....	23
2.7 ANÁLISIS TÉCNICO .....	23
2.8 ANÁLISIS DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN.....	25
2.8.1 EJEMPLO DE CÁLCULO DE LA DEMANDA Y CORRIENTE.....	25
2.9 LEVANTAMIENTO DE CARGA .....	32
2.10 ANÁLISIS DE FACTOR DE POTENCIA .....	33
2.11 CALIDAD DE ENERGÍA MEDIANTE ANALIZADORES ELÉCTRICOS....	34
2.12 SISTEMA DE ILUMINACIÓN .....	35
2.13 SISTEMA DE PROTECCIÓN ELÉCTRICA Y SISTEMA DE PUESTA A TIERRA.....	36
2.14 SISTEMA DE GENERACIÓN DE APOYO.....	36
CAPÍTULO 3 .....	38
3. DISEÑO ELÉCTRICO.....	38
3.1 SISTEMA DE BAJO VOLTAJE.....	39
3.1.1 ESTUDIO DE CARGA EN ZONA ENLATADORA.....	39
3.1.1.1 FACTOR DE UTILIZACIÓN (Ku) [4].....	39
3.1.1.2 FACTOR DE SIMULTANEIDAD (Fs). [4].....	39
3.1.2 EJEMPO DE CÁLCULO .....	40
3.1.2.1 CÁLCULO DE CORRIENTE.....	42
3.1.2.2 CÁLCULO DE LA CAÍDA DE VOLTAJE.....	43
3.1.3 PROTECCIONES ELÉCTRICAS.....	47
3.1.3.1 DIMENSIONAMIENTO POR SOBRE CARGAS.....	48
3.1.3.2 DIMENSIONAMIENTO POR CORTO CIRCUITOS.....	48
3.2 SISTEMA DE ILUMINACIÓN.....	50
3.2.1 DESCRIPCIÓN GENERAL.....	50
3.2.2 SOFTWARE DIALux.....	51
3.2.3 METODOLOGÍA PARA EL DISEÑO DE INSTALACIONES DE ILUMINACIÓN INTERIOR.....	52
3.2.4 PARÁMETROS DE LAS LUMINARIAS .....	53
3.2.5 PARÁMETROS DE CÁLCULO.....	55
3.2.6 MODELACIÓN Y SIMULACIÓN .....	57
3.3 CANALIZACIÓN ELÉCTRICA.....	59
3.3.1 POZOS.....	60
3.3.2 CONFIGURACIÓN DE BANCO DE DUCTOS.....	60
3.3.3 BANDEJAS PORTACABLES.....	60

3.4. CIRCUITOS DE BAJO VOLTAJE.....	61
3.5. SISTEMA DE MEDIO VOLTAJE.....	61
3.5.1. DEMANDA DE DISEÑO.....	61
3.5.2 DISEÑO DE LA CÁMARA DE TRANSFORMACIÓN.....	62
3.5.2.1 DIMENSIONES. (OBRA CIVIL).....	63
3.5.2.2 OBRA ELÉCTRICA .....	64
3.6 SISTEMA DE PUESTA A TIERRA.....	68
3.6.1 DISEÑO DE PUESTA A TIERRA PARA CÁMARA DE TRASFORMACIÓN .....	69
3.7 SISTEMA DE PROTECCIÓN CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS .	78
3.7.1 DENSIDAD DE IMPACTOS DE RAYO.....	79
3.7.2 FRECUENCIA ACEPTABLE DE RAYOS (NC) SOBRE UNA ESTRUCTURA. ....	80
3.7.3 MÉTODO DE SELECCIÓN DEL NIVEL DE PROTECCIÓN.....	82
3.7.4 MEDIDAS COMPLEMENTARIAS. ....	82
3.8 GENERADOR ELÉCTRICO .....	82
3.8.1 GENERALIDADES DE EQUIPOS ELECTRÓGENOS.....	83
3.8.2 ESPECIFICACIONES PRINCIPALES.....	84
3.9 TABLERO DE TRANSFERENCIA AUTOMÁTICO .....	84
CAPÍTULO 4 .....	86
4. PRESUPUESTO ECONÓMICO .....	86
4.1 ANÁLISIS TÉCNICO-ECONÓMICO PRESUPUESTO DE DISEÑO.....	86
4.2 JUSTIFICACIÓN PARA LA INVERSIÓN. ....	95
4.2.1 ANÁLISIS TÉCNICO DE LAS PÉRDIDAS.....	95
4.2.2 PENALIZACIÓN POR EL FACTOR DE POTENCIA.....	96
4.2.3 CONFIABILIDAD DE LOS TRASNFORMADORES.....	98
4.5 RESULTADOS.....	98
CAPÍTULO 5 .....	99
5. METODOLOGÍA DE IMPLEMENTACIÓN.....	99
5.1 Primera etapa.....	99
5.2 Segunda etapa.....	99
5.3 Tercera Etapa. ....	99
5.4 Cuarta Etapa.....	100
5.5 Quinta Etapa. ....	100
5.6 Sexta Etapa.....	100
5.7 Séptima Etapa.....	100
5.8 Octava Etapa. ....	100



CAPÍTULO 6 .....	102
6. CONCLUSIONES Y RECOMEDACIONES .....	102
6.1 CONCLUSIONES .....	102
6.2 RECOMENDACIONES .....	103
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	104
8. ANEXOS .....	106
ORDEN DE EMPASTADO .....	107

## RESUMEN

Actualmente el sector industrial del país tiene la necesidad de mejorar su productividad y ser más competitivos, por lo cual sus procesos de producción deben ser eficientes, y es aquí donde el sistema eléctrico de una fábrica cumple un rol muy importante en la eficiencia de sus procesos productivos.

El presente estudio técnico tiene como objetivo el rediseño de las instalaciones eléctricas de la empresa productora de champiñones INVEDELCA S.A... Para lo cual en una primera fase se describen los procesos y áreas de producción de la planta. Luego se realiza el levantamiento de la carga, elaboración de planos y el análisis del sistema eléctrico actual de toda la fábrica, con el fin de conocer los principales problemas que afectan dicho sistema eléctrico.

Teniendo una idea clara de todos los equipos y elementos que existen en la planta, así como los principales problemas existentes, se realiza el diseño del nuevo sistema eléctrico, tomando en cuenta criterios de confiabilidad, seguridad y eficiencia, para lo cual se realizan los diseños del sistema de medio voltaje, cámara de transformación, tableros de distribución, acometidas y el sistema de iluminación de toda la fábrica.

Se presenta un presupuesto económico con el fin de tener una idea del costo total que implicaría construir el nuevo sistema eléctrico.

Por último se desarrolla una metodología de implementación del nuevo sistema eléctrico, descrita en fases de construcción y asociadas a un cronograma para conocer el tiempo que llevaría implementar el nuevo sistema eléctrico en la fábrica.

**PALABRAS CLAVE:** champiñón, cámaras, parámetros eléctricos, cargas, alimentadores, potencia, caídas de voltaje, protecciones, factor de potencia, demanda, puesta a tierra, iluminación.

## ABSTRACT

Currently the industrial sector of the country has the need to improve its productivity and be more competitive, so its production processes must be efficient, and this is where the electrical system of a factory plays a very important role in the efficiency of their productive processes.

The objective of this technical study is to redesign the electrical installations of the mushroom producer INVEDELCA S.A... For this purpose, the processes and production areas of the plant are described in a first phase. Then the load survey, drawing up and analysis of the current electrical system of the entire factory, in order to know the main problems affecting the electrical system.

Having a clear idea of all the equipment and elements that exist in the factory, as well as the main existing problems, the design of the new electrical system is made, taking into account criteria of reliability, safety and efficiency, for which designs are made of the medium voltage system, transformation chamber, distribution boards, connections and the lighting system of the entire factory.

An economic budget is presented in order to have an idea of the total cost that would involve building the new electrical system.

Finally, a methodology for the implementation of the new electrical system is developed, described in construction phases and associated with a schedule to know the time it would take to implement the new electrical system in the factory.

**KEYWORDS:** mushroom, cameras, electrical parameters, loads, feeders, power, voltage drops, protections, power factor, demand, grounding, lighting.

# CAPÍTULO 1

## 1. INTRODUCCIÓN

La electricidad es una de las formas de energía más utilizadas en la actualidad, debido a esto es importante mantener un uso adecuado y eficiente de este recurso. Ahora bien, es importante mencionar que uno de los problemas que posee este tipo de energía es el hecho de que no es posible almacenarla en cantidades considerables, por ello, se la debe utilizar de modo eficiente e instantáneo. En el caso del usuario industrial, el uso de la electricidad está directamente ligado a su desempeño económico, debido a ello es imprescindible el uso de la misma en los diversos procesos que conforman una factoría.

Esto hace necesario que, tanto la red de suministro utilitario y el dimensionamiento de la red eléctrica interna sean técnicamente adecuados con el fin de que el servicio eléctrico tenga altos índices de eficiencia, seguridad, calidad y confiabilidad.

### 1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Actualmente en nuestro país el sector industrial y especialmente en la industria productora de alimentos se ha tenido un crecimiento significativo de la demanda de energía eléctrica, debido principalmente a la inserción de nuevos equipos eléctricos que permiten un mejor desarrollo de los procesos industriales. Las instituciones y organismos relacionados al sector energético del país vienen realizando campañas con el fin de promover en las industrias un consumo eficiente de la energía eléctrica.

INVEDELCA S.A. es una empresa agroindustrial ubicada en la Panamericana Sur, kilómetro 12, entre las parroquias de Tambillo y Aloag, en la provincia de Pichincha que se dedica a la producción y comercialización de champiñones. En su planta de producción cuenta con instalaciones eléctricas que sirven a diferentes áreas con equipos que requieren un servicio de calidad y eficiencia para el adecuado desarrollo de las actividades productivas de la empresa. Las instalaciones eléctricas que actualmente sirven a la planta presentan diversos inconvenientes en cuanto a eficiencia, seguridad y operación, dando como resultado un aumento innecesario en costos de producción. Hay que señalar que estas instalaciones tienen más de 30 años en operación, por lo cual, en su mayor parte se encuentran obsoletas. Conscientes de esta problemática, la empresa INVEDELCA S.A. desea contar con los estudios necesarios para un rediseño de su sistema eléctrico que contribuya a mejorar su eficiencia y confiabilidad.

Actualmente gran parte de las instalaciones eléctricas de la planta se encuentran en avanzado estado de deterioro, y no cumplen con criterios de seguridad, estableciéndose un riesgo eminente tanto para las personas que laboran como para los equipos instalados. Adicionalmente en la fábrica no se cuenta con un sistema de puesta a tierra y se registran problemas de caídas de tensión debido principalmente al mal dimensionamiento de los conductores, factor que se ve agravado por aumentos de carga no planificado. La empresa viene siendo penalizada en sus facturas de consumo de energía eléctrica debido a su bajo factor de potencia, y adicionalmente no tiene una correcta o casi nula coordinación de protecciones, a esto se suma que no se tiene un adecuado sistema de iluminación que cumpla con los estándares requeridos para las diferentes zonas de trabajo. Existen problemas de sobrecarga y calentamiento en sus transformadores, lo cual dificulta la instalación de nuevos equipos y futura expansión de la planta. En la fábrica no se cuenta con un generador de emergencia ya que el que se tiene esta fuera de servicio, por lo cual al tener cortes del suministro de energía de la red, no se tiene una fuente de respaldo, lo cual provoca que se paralicen la mayor parte de los procesos de producción. Adicionalmente en la empresa no se cuenta con una información detallada del sistema eléctrico actual, lo cual desemboca en problemas de operación y mantenimiento del sistema.

Si la empresa INVEDELCA S.A. no toma los correctivos necesarios para mitigar dichos inconvenientes, se pueden presentar problemas muy serios principalmente en lo que tiene que ver a la seguridad del personal que trabaja en la planta ya que las instalaciones actuales son un riesgo latente y esto puede provocar accidentes muy graves, además la empresa seguirá teniendo penalizaciones en sus tarifas de consumo, pérdidas económicas por cortes de energía y no se podrá realizar la instalación de nuevos equipos ya que su capacidad en transformadores está a su límite. Esto conlleva a que sus costos de producción se eleven y la empresa pierda competitividad en el mercado.

## **1.2 ALCANCE**

El presente estudio está enfocado a proponer los parámetros de diseño a considerarse para la modernización del sistema eléctrico de la empresa INVEDELCA S.A.

Para el desarrollo del proyecto, en primera instancia se llevará a cabo un levantamiento de datos, información y configuración del sistema eléctrico actual de la empresa (diagnóstico).

Con base en esta información se realizará el diseño para la modernización de las instalaciones eléctricas, tomando en cuenta la mitigación de los problemas actuales que presenta la planta, para de esta manera proponer las medidas correctivas necesarias y

futuros planes de expansión de la misma. Dentro de esto se realizará el estudio correspondiente en cuanto tiene que ver a iluminación y protecciones del sistema eléctrico. Además se realizará el diseño del sistema de medio voltaje, el sistema de puesta a tierra, la cámara de transformación y el dimensionamiento y especificaciones del generador de emergencia. Posteriormente se realizará un presupuesto del nuevo sistema eléctrico, esto a modo de análisis de costos. Finalmente se desarrollará una guía de implementación en lo que tiene que ver a la ejecución de las obras del nuevo sistema eléctrico, minimizando pérdidas y paras en los procesos de producción.

### **1.3 JUSTIFICACIÓN**

Ante la problemática previamente señalada y los planes de expansión de la fábrica, es imprescindible realizar un estudio y rediseño de las instalaciones de la planta considerando las normas internacionales IEC y las normas nacionales NEC. En tal virtud el presente proyecto será desarrollado para obtener cuatro acciones claramente definidas:

- Se realizará un diagnóstico de las instalaciones eléctricas actuales, en primera instancia se llevará a cabo un levantamiento de datos, información y configuración del sistema eléctrico.
- Se desarrolla el diseño integral de las instalaciones eléctricas, mitigando los problemas que actualmente afectan la calidad, confiabilidad, eficiencia y seguridad del sistema eléctrico de la planta.
- Obtener un presupuesto con análisis de costos de las nuevas instalaciones eléctricas.
- Además la empresa contará con una guía de ejecución, la cual básicamente será un plan de trabajo que describe la realización por etapas para el montaje de las nuevas instalaciones eléctricas, con el criterio del mínimo número de suspensión de los procesos y la minimización de pérdidas de producción.

## **1.4 OBJETIVOS**

### **1.4.1 OBJETIVO GENERAL**

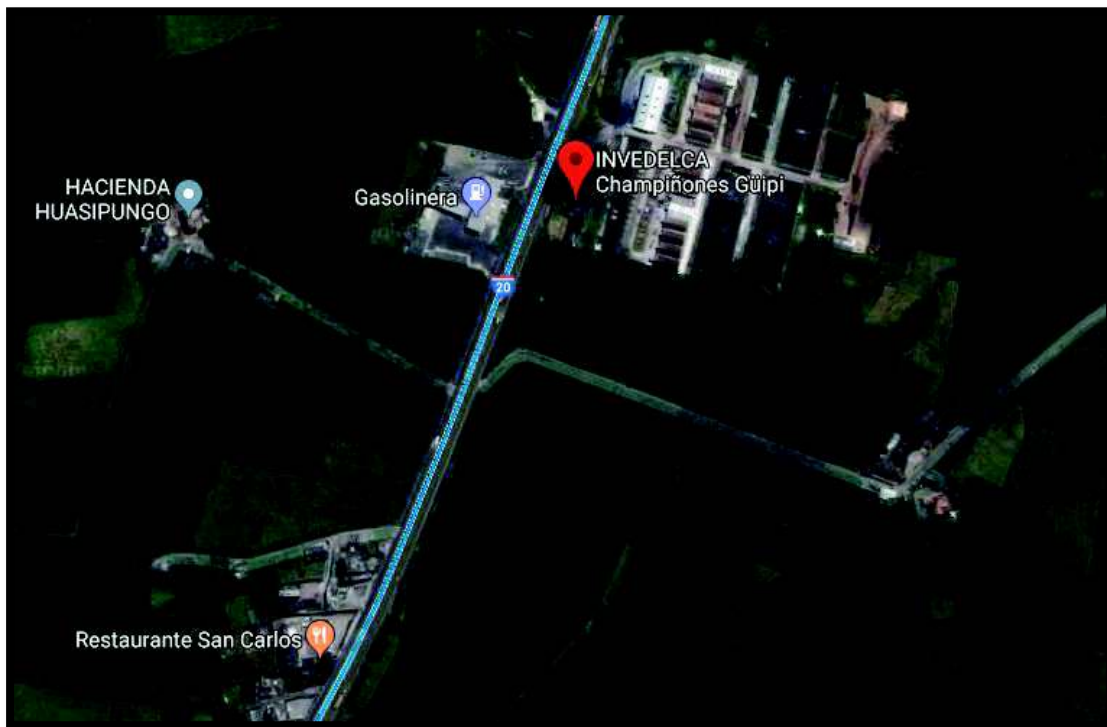
Realizar el estudio, diseño y guía de implementación para la modernización de las instalaciones eléctricas de la empresa INVEDELCA S.A., garantizando su adecuado funcionamiento actual y futuro, cumpliendo índices de calidad y eficiencia energética.

### **1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Elaborar un diagnóstico técnico de las instalaciones eléctricas actuales con el fin de tener un claro conocimiento de la carga instalada y consumo energético de la planta, que servirán como base para redimensionamiento y diseño de los elementos eléctricos de la instalación.
- Diseñar un nuevo sistema eléctrico que brinde servicio a la planta industrial, que garantice confiabilidad, seguridad y completa funcionalidad de todas las instalaciones eléctricas actuales y futuras expansiones.
- Presentar un análisis de costos para la modernización del sistema eléctrico que permita su posterior ejecución.
- Realizar una guía de implementación de las nuevas instalaciones eléctricas.

## **1.5 DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA**

La fábrica INVEDELCA S.A. se encuentra funcionando por más de treinta y cinco años, ésta se encuentra ubicada en el kilómetro 12 de la Panamericana Sur, entre Tambillo y Aloag en el sur de Quito.



**Figura1.1.** Ubicación Invedelca [1].

INVEDELCA S.A. es una empresa dedicada al cultivo, producción y comercialización de champiñones, los cuales se tiene en dos presentaciones: frescos enteros y enlatados. La actividad de producción de la empresa comienza en el año 1981, en un terreno de aproximadamente 5.8 hectáreas. Desde sus comienzos la empresa ha sabido posesionar su marca comercial como champiñones Güipi, en supermercados a nivel nacional. Poco a poco la demanda del producto ha ido creciendo, de tal manera que en la actualidad se prevé alcanzar la cantidad de dos millones de libras procesadas al finalizar el presente año. [2]

### **1.5.1 DESCRIPCIÓN DE PROCESOS INDUSTRIALES**

Primeramente y antes de realizar una descripción de los procesos industriales de la planta, se describe el proceso de cultivo de los champiñones:

#### **1.5.1.1 CULTIVO DE CHAMPIÑONES**

En la empresa INVEDELCA S.A. a todo el proceso de cultivo del champiñón lo divide en: fase 1 , fase 2, fase 3 y postcosecha.



FASE 1: ELABORACIÓN DEL COMPOST.- Consiste en una mezcla de compuestos orgánicos, básicamente residuos agrícolas al cual se le denomina compost, dichos compuestos son mezclados siguiendo parametros previamente establecidos por el especialista encargado de la mezcla de dichos compuestos. El compost es el sustrato donde crecerán los champiñones. Los principales elementos que forman el compost son los siguientes

- Bagazo de caña
- Cascarrilla de arroz
- Tamo de trigo
- Gallinaza

Todos estos compuestos son mezclados y se los humedece permanentemente con agua para que se produzca una descomposición que es controlada, con el fin de generar los nutrientes necesarios para el desarrollo del champiñón.

El compost es confinado en cordones rectos, los cuales son llamados por el personal de la empresa como lagartos, dicho proceso es realizado a través de una máquina denominada compostera, que es la mezcla el compost.

La producción de este compost se la realiza por aproximadamente 11 a 14 dias.



**Figura1.2.** Producción del Compost [2].

FASE2: PROCESO DE LLENADO.- Cuando el compost ya se encuentra listo, se lo lleva a las cámaras de cultivo donde y por medio de bandas transportadoras este ingresa a las camas que son receptáculos de madera en formas de cubas que estan dispuestas en los diferentes niveles en todo el alto de la cámara de cultivo. El compost llena la totalidad de estas camas de manera uniforme. Posteriormente se procede a esterilizar la cámara por

medio del ingreso de vapor de agua lo cual tiene como objetivo principal matar todas las bacterias que puedan causar algún daño en el desarrollo del champiñón.

Esta etapa se la realiza en aproximadamente 4 días.



**Figura1.3.** Llenado de cámaras [2].

FASE 2: PROCESO DE SIEMBRA Y FRUCTIFICACIÓN.- Es la etapa donde se pone la semilla del champiñón dentro del compost, se le coloca una capa de cobertura en las camas, el cual es un abono previamente preparado, se mezclan estos componentes, luego la semilla germinará formando el miscelio que es el cuerpo del champiñón para luego seguir germinando donde apareciera la cabeza del hongo. Esta etapa es de vital importancia ya que al no controlar las condiciones dentro de la cámara de cultivo puede desembocar que no se tenga la calidad y producción deseada.

Este proceso dura alrededor de 25 a 30 días.



**Figura1.4.** Siembra de semillas [2].

FASE 3: COSECHA DEL CHAMPIÑÓN.- Esta es la etapa propiamente de producción , ya que los champiñones se han formado completamente y se los puede recolectar; en las cámaras de cultivo pueden realizarse hasta tres cosechas ya que una vez cortado los champiñones en su primera cosecha estos a la semana siguiente aproximadamente vuelven a crecer y este ciclo se lo puede realizar hasta tres ocasiones. Por tal razón se dice que es un cultivo de alto rendimiento.

Esta etapa tiene una duración de aproximadamente 28 días



**Figura1.5.** Cosecha de champiñones [2].

En todos los procesos descritos anteriormente, se tiene especial cuidado en el control de la temperatura y humedad del aire dentro de las cámaras, por lo cual la fábrica tiene unidades de tratamiento de aire (UTA), las cuales cumplen con el objetivo de controlar las variables climáticas para el desarrollo normal de cultivo del champiñón. Estas unidades se pueden apreciar en la siguiente figura:



**Figura1.6.** Unidades de tratamiento de aire [2].

POSTCOCECHA: ALMACENAMIENTO.- En esta etapa los champiñones son recolectados, estos son clasificados y transportados a los lugares de almacenamiento que son cámaras frigoríficas donde se guardan los champiñones a una temperatura entre 4 y 8 °C, para su posterior despacho y venta.

### **1.5.1.2 ÁREAS DE PRODUCCIÓN**

Luego de haber explicado las diferentes etapas del proceso de cultivo del champiñón, podemos hacer una descripción de la fábrica en sus diferentes áreas de producción. La planta industrial de la empresa INVEDELCA S.A. cuenta con una extensión de terreno aproximada de 58.670 m<sup>2</sup>, donde se encuentran las distintas áreas como se puede observar en la siguiente figura.



BODEGA PRINCIPAL.- Es el lugar donde se almacena la mayor parte de insumos importados, así como repuestos y materiales que se necesitan para cumplir con las necesidades propias de la planta.



**Figura1.9.** Bodega principal [2].

ENLATADORA.- La enlatadora es un ala industrial donde se realiza el proceso de rebanado, y empaclado del champiñón en sus diferentes presentaciones.



**Figura1.10.** Enlatadora [2].

CÁMARAS DE CULTIVO.- Son grandes invernaderos, donde se realiza el proceso de cultivo de los champiñones; cada una de las cámaras tiene una unidad de tratamiento de aire asociada, que sirve para controlar las variables climáticas en todas las fases de cultivo del champiñón. Hay que mencionar que son la principal carga de la fábrica. La planta cuenta con 14 cámaras de cultivo las cuales están agrupadas en dos bloques, las cámaras del lado norte (1-2-3-4-5) y las cámaras del lado sur (6-7-8-9-10-11-12-13-14), como se puede apreciar en la figura.



**Figura1.11.** Cámara de cultivo vista posterior [2].



**Figura1.12.** Cámara de cultivo vista frontal [2].

POSTCOCEHA.- Llamada así el área donde se almacenan los champiñones cosechados, aquí se los clasifica y pesa para luego distribuirlos. En este lugar se tiene cuartos refrigerados para mantener una temperatura adecuada para el almacenamiento del producto.



**Figura1.13.** Postcosecha [2].

BODEGA DE ACOPIO DE MATERIA PRIMA.- Es un área comprendida para el almacenamiento de la mayor parte de las materias primas que se utilizan en la elaboración del compost.



**Figura1.14.** Bodega de acopio [2].

TALLER ELECTROMECAÁNICO.- Es el lugar donde se encuentra el taller de mecánica, herramientas, equipos y materiales necesarios por el área de manteniendo, para el correcto desempeño de los diferentes equipos que se tiene en la planta.



**Figura1.15.** Taller electromecánico [2].



BODEGA DE VAGAZO.- Es el área donde se almacena y procesa el vagazo necesario para la elaboración de compost.



**Figura1.16.** Bodega de vagazo [2].

RECERBORIO.-\_La fábrica cuenta con un reservorio o cisterna de agua donde se la trata y distribuye a las diferentes áreas de la planta.



**Figura1.17.** Reservorio [2].

PLATAFORMA DE H.S.- Es el lugar donde se elabora el compost y básicamente es una plataforma donde la compostera mezcla y fabrica las hileras o lagartos.



**Figura1.18.** Plataforma H.S. [2].

LABORATORIO.- Se tiene un laboratorio donde se realizan las pruebas tanto de las materias primas como del producto para cumplir con las normas y estándares de calidad en el proceso de cultivo del champiñón.



**Figura1.19.** Laboratorio [2].

COMEDOR Y VIVIENDAS.- En la empresa INVEDELCA S.A. trabajan alrededor de 150 personas, algunas de las cuales son de otras provincias por lo cual la empresa les ofrece viviendas para el personal que trabaja especialmente en horarios rotativos y madrugadas ya que la cosecha comienza en horarios muy tempranos. Además la empresa tiene un comedor para la alimentación de su personal.



**Figura1.20.** Comedor y viviendas [2].

## **CAPÍTULO 2**

### **2. ESTUDIO DE DIAGNÓSTICO DE LA RED ELÉCTRICA EXISTENTE**

Este procedimiento consiste en la adquisición de datos e información técnica con la finalidad de obtener un panorama real de la situación eléctrica actual del sistema global de la planta.

Dicho procedimiento fue posible realizar, utilizando dos métodos.

#### **2.1 MÉTODO TÉCNICO**

Consiste en utilizar datos disponibles, sin el uso de ningún tipo de instrumentación, gracias a esto, el personal técnico ha recopilado información de manera escrita, oral o visual llevando a este, a realizar un diagnóstico rápido de los puntos eléctricos que necesitan un claro mejoramiento, este análisis se lo ha realizado con elementos eléctricos de fácil diagnóstico, como lo son luminarias, conductores, y el estado general de varias cargas eléctricas. Como resultado de este análisis se han podido obtener recomendaciones en las que implican bajar costos operativos y acciones de un mantenimiento correctivo, a más de esto, se ha visto necesario el recomendar un análisis de mayor profundidad.

#### **2.2 MÉTODO DETALLADO**

Es realizado con el uso de instrumentación, la cual ha permitido medir parámetros eléctricos en las áreas consideradas como importantes. Cabe recalcar que este estudio tuvo lugar en momentos de funcionamiento normal de la empresa, obteniendo así datos correspondientes al uso de energía a plena carga, la instrumentación con la que se llevó a cabo el estudio fue seleccionada considerando los parámetros eléctricos que presenta la planta, así como esta selección fue dependiente del alcance planteado anteriormente al estudio.

## **2.3 PROCEDIMIENTO DE MEDICIÓN ELÉCTRICA**

La medición de parámetros eléctricos es totalmente necesario para que el personal técnico obtenga un conocimiento lógico del estado eléctrico en cualquier sistema. Eso tiene como objetivo el poder visualizar y controlar los picos de consumo eléctrico y cuantificar la energía consumida en cada proceso verificando de esta manera la calidad del suministro de energía eléctrica.

Para ello es imprescindible poseer instrumentación, capaz de medir y registrar parámetros eléctricos que hagan posible el estudio de la red eléctrica. Para realizar el procedimiento de medición eléctrica es necesario determinar los instrumentos que van a ser utilizados, de la misma manera, resulta necesario el hecho de mantener un orden lógico al realizar dichas mediciones. A más de esto, es importante recomendar que, de ser posible las mediciones correspondientes se las realice directamente en los bornes de la carga de forma directa.

La forma indirecta resulta útil siempre y cuando los bornes de la carga no tengan acceso, y consiste en llevar a cabo la medición en el tablero que brinda energía a dicho equipo.

Para realizar las mediciones eléctricas pueden utilizarse equipos fijos o portátiles, esto dependerá del tiempo disponible, el ambiente físico en el cual se encuentre el equipo y, no menos importante, la forma de funcionamiento del equipo, es decir, si funciona permanentemente o no.

## **2.4 COMPONENTES ELÉCTRICAS E INSTRUMENTACIÓN**

Los principales parámetros eléctricos como voltaje, corriente, potencia activa, potencia reactiva, así como el factor de potencia y presencia de armónicos poseen un comportamiento que es verificado a través de analizadores industriales acordes a este propósito, como es el instrumento FLUKE serie 1744. El comportamiento de estos parámetros es reflejado en las planillas de facturación de la Empresa Eléctrica Quito, donde la relación del costo de facturación es proporcional a la cantidad de energía consumida y las penalizaciones correspondientes a la calidad de energía que desencadena el uso de ciertas cargas eléctricas como son las cargas eléctricas de tipo inductivo que poseen un comportamiento de rendimiento particular en el sistema eléctrico.

Esta relación de rendimiento puede ejemplificarse analizando el funcionamiento de un motor, ya que para que el rotor gire, el estator debe producir un campo magnético que propicie este movimiento, al generar el campo magnético con el uso de energía eléctrica,

la potencia generada no es útil, por tanto la relación de factor de potencia podemos encontrarla entre la energía que necesita el estator para generar el movimiento y el movimiento puro del rotor, es decir la energía útil del motor. [3]

Debido a lo anteriormente expuesto, resulta importante acotar que, dentro de una fábrica encontramos diversos tipos de cargas eléctricas que influyen directamente en esta relación de factor de potencia, por ende, es de vital importancia realizar este estudio eléctrico, ya que esta componente eléctrica a más de ser un indicador de rendimiento, es también motivo de rubros económicos altos y penalizaciones que afectan al consumidor industrial de energía eléctrica.

Esta magnitud se mide a través del cosfímetro, el cual, tiene un mecanismo similar al vatímetro, con el fin de palpar la calidad de energía que se consume. Por este motivo, si existen desbalances entre fases se deben realizar mediciones individuales en cada fase, esto en cuanto a los sistemas de tipo trifásico.

Su fórmula es:

$$\cos \phi = \frac{(P_w)}{(V_L * \sqrt{3} * I)} \quad (2.1)$$

Donde:

$I$  = Corriente de carga.

$V_L$  = Voltaje de línea

$P$  = Potencia activa.

## 2.5 LEVANTAMIENTO DE LA RED ELÉCTRICA

Este procedimiento consiste en obtener la información global de todos y cada uno de los equipos y elementos que conforman los diversos procesos que utiliza la empresa, esto en cuanto a datos nominales de funcionamiento se refiere, tales como: sistema de iluminación, sistema de fuerza, equipos de oficina y servicios auxiliares.

Posteriormente se deberán tomar datos de los principales puntos de consumo de energía eléctrica con el fin de identificar que el uso de dicha energía sea eficiente. Este procedimiento deberá llevarse a cabo también en el centro de transformación.

## **2.6 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO EXISTENTE**

Para atender la demanda de la fábrica existen tres centros de transformación aéreos ubicados en torres, de 125 kVA cada uno, para su identificación se lo denomina CT-1, CT-2 y CT-3, de los cuales los dos primeros se encuentran ubicados frente a la nave de Bodega principal al ingreso de la planta, junto al sitio donde se encuentra el tablero de transferencia automática, y el tercero se encuentra junto a la bodega de acopio.

### **2.6.1 CT-1, CENTRO DE TRANSFORMACIÓN 1**

Como características operacionales el CT-1 posee 125 kVA de potencia nominal. Su devanado primario se encuentra enlazado a un voltaje de 22800 voltios mientras que en su devanado secundario posee un voltaje de 220/127 voltios, y se encuentra operando hace 28 años. Las cargas eléctricas enlazadas al CT-1 provocan un desbalance promedio entre sus fases de 24,72%, presencia promedio de armónicos de 0.95, un factor de potencia promedio de 0.88. Los datos anteriormente expuestos se pueden verificar en el ANEXO 1, y fueron recopilados gracias a analizadores industriales en un tiempo de 7 siete días operacionales de la planta INVEDELCA S.A.

Es importante mencionar que, CT-1 brinda servicio eléctrico a las siguientes áreas de la planta:

- Área oficinas.
- Área casa.
- Área Conde Cuero.
- Área de Cámaras de Producción ala sur 6-14.
- Área de Cámaras de Producción ala sur 10-14.

CT-1 presenta una disposición eléctrica aguas abajo que, del juego de fusibles tipo NH, se deriva el alimentador en baja tensión: 2x(3x2/0 Cu TTU + 1x1/0 Cu TTU), este alimentador pasa por un breaker de 400 A que está ubicado en una caja de paso junto a la caseta donde se encuentra el tablero de transferencia automática. Este alimentador continúa desde el breaker hasta un juego de 3 fusibles tipo NH de 400, ubicados dentro del tablero de transferencia automática. Los datos de parámetros principales medidos se encuentran en el ANEXO 1.

### **2.6.2 CT-2, CENTRO DE TRANSFORMACIÓN 2**

Como características operacionales el CT-2 posee 125 kVA de potencia nominal. Su devanado primario se encuentra enlazado a un voltaje de 22800 voltios mientras que en su devanado secundario posee un voltaje de 220/127 voltios, y se encuentra operando hace 22 años. Las cargas eléctricas enlazadas al CT-2 provocan un desbalance promedio entre sus fases de 5.05%, presencia promedio de armónicos de 1.09, un factor de potencia promedio de 0.66. Los datos anteriormente expuestos se pueden verificar en el ANEXO 1, y fueron recopilados gracias a analizadores industriales en un tiempo de 7 siete días operacionales de la planta INVEDELCA S.A.

Es importante mencionar que, CT-2 brinda servicio eléctrico a las siguientes áreas de la planta:

- Área Planta de Tratamiento de Agua.
- Área Enlatadora.
- Área Central de Cámaras de Producción 6-9.

A más de esto, el CT-2 presenta un enlace en paralelo con el CT-3.

CT-2 presenta una disposición eléctrica aguas abajo que, del juego de 3 fusibles tipo NH de la torre de transformación, se deriva el alimentador en baja tensión: 2x(3x2/0 Cu TTU + 1x2/0 Cu TTU), este alimentador llega a otro juego de 3 fusibles NH de 400 A, ubicado en el interior del tablero de transferencia automática. Los datos de parámetros principales medidos en el transformador 2 se encuentran en el ANEXO 1.

### **2.6.3 CT-3, CENTRO DE TRANSFORMACIÓN 3**

Como características operacionales el CT-3 posee 125 kVA de potencia nominal. Su devanado primario se encuentra enlazado a un voltaje de 22800 voltios mientras que en su devanado secundario posee un voltaje de 220/127 voltios, y se encuentra operando hace 4 años. Las cargas eléctricas enlazadas al CT-3 provocan un desbalance promedio entre sus fases de 6.99%, presencia promedio de armónicos de 0.84, un factor de potencia promedio de 0.84. Los datos anteriormente expuestos se pueden verificar en el ANEXO 1, y fueron recopilados gracias a analizadores industriales en un tiempo de 7 siete días operacionales de la planta INVEDELCA S.A.

Es importante mencionar que, CT-3 brinda servicio eléctrico a las siguientes áreas de la planta:



- Área oficinas fase 1.
- Área de Molinos.
- Área de Motores.
- Área de Tomas industriales.

Este transformador a diferencia de los dos anteriores es relativamente nuevo, ya que, se lo instalo hace aproximadamente 4 años, con el fin de aliviar la sobrecarga que estaban sufriendo los dos transformadores anteriores. Del juego de 3 fusibles tipo NH de la torre de transformación, se deriva un alimentador en baja tensión: 2x(3x2/0 Cu TTU + 1x2/0 Cu TTU), este alimentador se conecta a un ramal principal cuyo alimentador está conformado por (3x250 MCM Al +1x250 MCM Al). Sus parámetros principales medidos se encuentran en el ANEXO 1.

Considerando los datos expuestos en cada centro de transformación, se considera necesario implementar un único centro de transformación que suplante a los tres centros existentes, debido a que las características de demanda de las cargas son variables y dependientes de la época del año, es decir, durante un cierto ciclo de producción existen ocasiones en que el CT-1 esta sobrecargado ya que las cámaras de cultivo asociadas a este CT están en su máxima producción, mientras que el CT-2 y CT-3 permanece operando en condiciones de baja demanda , esto se debe a que existen procesos en que la demanda energética se intensifica, esto se vuelve un problema porque los centros de transformación dan servicio de manera sectorizada y, al sobrecargar uno de los dos sistemas tiende a deteriorarse de forma indebida. A más de esto es importante considerar el tiempo de servicio que ya tienen dos de los tres centros de transformación es considerable ya que han cumplido con su vida útil, debido a que si existe algún tipo de contingencia, el daño de cualquiera de estos centros de transformación provocaría a que parte de los procesos de la planta paren y esto tendría consecuencias económicas drásticas. Por ello resulta recomendable el rediseño del sistema de medio voltaje, reduciendo a un centro de transformación, el cual, tenga la capacidad necesaria para abastecer la demanda energética actual y demanda futura, mejorando considerablemente los índices de calidad y confiabilidad energética, respaldado por un generador de emergencia con su tablero de transferencia capaces de solventar toda la demanda de la fábrica, de una manera automática en casa de falla de la fuente principal de energía.

## **2.6.4 SISTEMA DE GENERACIÓN Y TABLERO DE TRANSFERENCIA AUTOMÁTICA (TTA)**

El generador existente tiene los siguientes datos de placa

Marca:	MagnaPlus Generators, Sinchronus AC generador
Modelo:	432s1266
Voltaje:	240/280 V
Potencia Aparente:	288 kVA
RPM:	1800
Frecuencia:	60 Hz
Fases:	3

El tablero de transferencia automática sirve para realizar la conmutación entre los tres transformadores (CT1, CT2 y parte del CT3) y el generador, para el servicio eléctrico de la planta.

## **2.6.5 TABLEROS PRINCIPALES**

Los tableros eléctricos existentes en toda la planta industrial, se encuentran detallados en el ANEXO 2, para su mejor comprensión se detallan los tableros junto a la carga instalada en los mismos.

Por otra parte, los alimentadores principales y los alimentadores de bajo voltaje existentes, se encuentra detallados en el ANEXO 3, así como sus parámetros de caídas de voltaje y corriente que circula por los mismos. Para una mejor comprensión se recomienda revisar el diagrama unifilar, ANEXO 4, para poder ubicar los alimentadores correspondientes.

## **2.7 ANÁLISIS TÉCNICO**

Debido a la naturaleza del proceso de producción de la planta y de acuerdo a la configuración del sistema eléctrico actual, se tiene que los transformadores se sobrecargan de forma alternada. Dando como resultado que ciertos períodos del tiempo mientras uno de los transformadores esta sobrecargado los otros dos están por debajo de su potencia nominal y este fenómeno se presenta de forma cíclica.

Algunos circuitos de bajo voltaje al ser revisados con una simple inspección física, requieren cambio inmediato, pues presentan serios daños en su aislamiento.

Existen algunos tableros que deben ser cambiados inmediatamente puesto que presentan daños en su estructura física, Se debe dar un mantenimiento preventivo a todos los tableros de distribución de la planta.

Actualmente la planta no dispone de un sistema de tierra, por lo cual se debe diseñar e instalar un sistema adecuado para toda la planta con el fin de proteger la integridad de los equipos y de las personas frente a descargas y sobre voltajes.

Una de los problemas que se observan, es la manera no técnica de realizar nuevas instalaciones, lo cual conlleva a que se produzcan sobrecalentamiento del alimentador y caídas de voltaje fuera de los parámetros aceptables.

Para demostrar lo anteriormente mencionado, se presenta el ANEXO 3, en el cual se despliegan los siguientes datos técnicos:

- Ubicación del conductor.
- Longitud.
- Factor de potencia.
- Corriente de carga.
- Calibre del conductor.
- Voltaje nominal del circuito.
- Caídas de voltaje.
- Protección correspondiente.
- Pérdidas de potencia.

Observando el ANEXO 3, los problemas latentes son:

- Alimentadores sobrecargados.
- Mal dimensionamiento de protecciones eléctricas.
- Deterioro de circuitos recientemente instalados.

- Alimentadores sin protección eléctrica.
- Caída de voltaje fuera de parámetros permitidos.

Resulta imprescindible mencionar que, el 78.5 % de los alimentadores eléctricos poseen problemas técnicos los cuales ponen en evidencia el inadecuado manejo energético dentro de cada uno de los procesos de producción.

## **2.8 ANÁLISIS DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN**

Para analizar el sistema de distribución interno, se debe considerar varios parámetros, con los cuales se puede comprender la situación real y la calidad de suministro en el que se encuentran trabajando las cargas en la empresa.

Este análisis parte del tablero ubicado en el área de la Enlatadora.

### **2.8.1 EJEMPLO DE CÁLCULO DE LA DEMANDA Y CORRIENTE**

Se enlistará en la siguiente tabla, las cargas con sus respectivas descripciones, potencia y sus unidades respectivas.

**Tabla 2.1. Carga Eléctrica Tablero Enlatadora.**

TD ENLATADORA							
CARGA	CANTIDAD	POTENCIA DE PLACA	UNIDAD	POTENCIA EN W	POTENCIA TOTAL W	CORRIENTE CALCULADA	FACTOR DE POTENCIA DE PLACA
CALENTADOR	1	0,25	HP	186,5	186,5	0,576	0,85
REBANADOR	1	2	HP	1492	1492	4,612	0,85
SELLADORA DE	1	3	HP	2238	2238	6,918	0,85
SELLADORA DE	1	3	HP	2238	2238	6,918	0,85
TROZADORA	1	2	HP	1492	1492	4,612	0,85
COCINADOR	1	2	HP	1492	1492	4,612	0,85
ELEVADOR DE	1	0,5	HP	373	373	1,153	0,85
CLASIFICADOR	1	0,5	HP	373	373	1,153	0,85
BOMBA	1	0,75	HP	559,5	559,5	1,729	0,85
BANDA CLASIF	1	0,5	HP	373	373	1,153	0,85
TROZADORA	1	1,25	HP	932,5	932,5	2,882	0,85
BANDA TRANS	1	0,83	HP	619,18	619,18	1,914	0,85
BOMBA DE AG	1	1	HP	746	746	2,306	0,85
TECLE	2	0,5	HP	373	746	2,306	0,85
MOTOR	2	0,5	HP	373	746	2,306	0,85
SELLADORA	1	1,5	HP	1119	1119	3,459	0,85
MOTOR 1	1	3	HP	2238	2238	6,918	0,85
MOTOR 2	1	1	HP	746	746	2,306	0,85
MOTOR 3 (EVA	4	0,5	HP	373	1492	4,612	0,85
<b>ILUMINACION</b>							
LUMINARIAS D	6	125	W	125	750	4,011	1
<b>CALDERO</b>							0,85
MOTOR 1	1	2	HP	1492	1492	4,612	0,85
MOTOR 2	1	5	HP	3730	3730	11,53	0,85
BOMBA DE DIE	1	0,5	HP	373	373	1,153	0,85
<b>VARIOS</b>							
BOMBA DE AG	1	3	HP	2238	2238	6,918	0,85
BOMBA DE DIE	1	0,25	HP	186,5	186,5	0,576	0,85
CISTERNA	1	3	HP	2238	2238	6,918	0,85
<b>OFICINAS</b>							
LUMINARIA FL	26	64	W	64	1664	16,314	1
TOMA POLARI	39	150	W	150	5850	51,316	0,95
<b>POTENCIA TOTAL</b>					<b>38723,18</b>		
<b>CORRIENTE TOTAL</b>						<b>165,792</b>	

La cantidad de equipos, potencia y voltaje a los que opera se realizó en el levantamiento de carga, ANEXO 2.

Se procederá a calcular la corriente de las diferentes cargas con la siguiente expresión:

Para motores

Caso 1: Bomba.

Potencia: 0.25 HP

Voltaje: 220, Trifásico.

$$P = Pm * 746 \left( \frac{W}{Hp} \right) \quad (2.2)$$

$$P = 0.25 \text{ Hp} * 746 \left( \frac{W}{Hp} \right)$$

$$P = 186,5 \text{ W}$$

$$In = \frac{P}{\sqrt{3} * V * \cos\phi_{placa} * n} \quad (2.3)$$

$$In = \frac{186.5}{\sqrt{3} * 220 * 0.85 * 0.8}$$

$$In = 0.719 \text{ A}$$

Donde:

P: Potencia expresada en Vatios o HP

V: Voltaje de alimentación de la máquina.

Cos Pi, o FP: Valor usualmente de 0.85 para motores de inducción.

In: Corriente nominal en Amperios.

n: Rendimiento 0.80 motores de potencia pequeña.

Tomas de Iluminación.

Caso 2: Luminarias de 125W a 220V

Potencia: 750 W

Voltaje: 220, Bifásico.

$$In = \frac{P}{V * \cos\phi} \quad (2.4)$$

$$In = \frac{750 \text{ W}}{220 * 0.85}$$

$$In = 4.011 \text{ A}$$

Al ser un tablero con varios ramales la corriente total será la suma de las corrientes parciales, dando como resultado 165.792 A.

Factor de simultaneidad (fs). Este coeficiente hace relación entre la potencia instalada y la potencia que se usa, este valor también es una estimación en base a la experiencia y se basa en el conocimiento de la instalación a diseñar, si el factor de simultaneidad es 1, esto implica que todas las cargas están prendidas al mismo tiempo, que en un caso real no se cumple, por este motivo, es complicado tener valores precisos ya que depende del tipo de elementos que disponga el sistema y su funcionamiento en los procesos. [4]

$$I = I_n * F.s \quad (2.5)$$

Donde:

I = Corriente de la carga.

I<sub>n</sub> = Corriente nominal.

F<sub>s</sub> = Factor de simultaneidad

$$I = 165.792 \text{ A} * 0.7$$

$$I = 116.1 \text{ A}$$

#### Dimensionamiento de la protección.

El dimensionamiento de la protección se basa en la corriente de la carga multiplicado por un factor de 1.25. [4]

$$I_{pro} = I * 1.25 \quad (2.6)$$

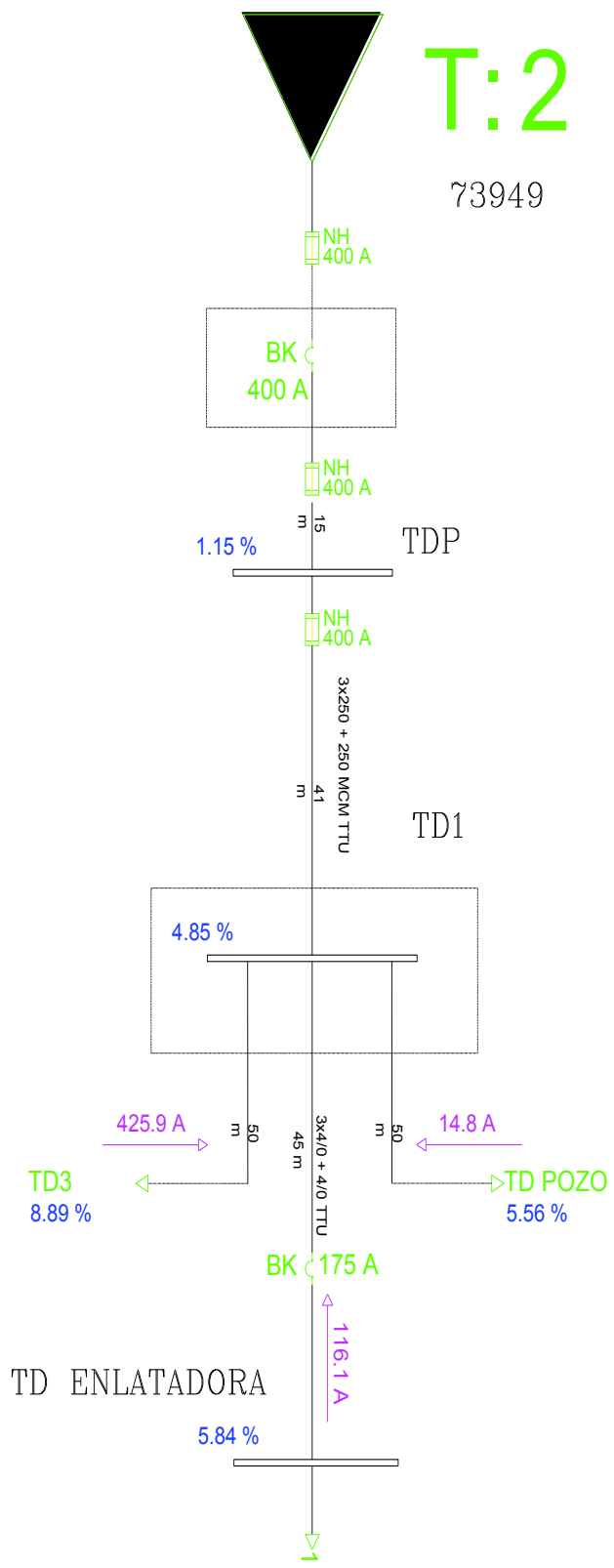
$$I_{pro} = 116.1 \text{ A} * 1.25$$

$$I_{pro} = 145 \text{ A}$$

La protección usada mostrada en el diagrama unifilar ANEXO 4, es de 175 A, que es la más cerca a la calculada asegurándonos que el circuito está con protección adecuada.

#### Cálculo de caídas de tensión.

Tomando como ejemplo el tablero de la Enlatadora se muestra el diagrama unifilar simplificado para este caso.



**Figura2.1.** Diagrama Unifilar Tablero Enlatadora.



Los límites para la caída de tensión en instalaciones permitidas son:

**Tabla 2.2.** Límite de caída de voltaje. [5]

Tipo de instalación	Iluminación	Otras Cargas
Servicio de baja tensión en un red de distribución	3%	5%

Para el cálculo de las caídas de tensión se usará la siguiente fórmula. [6] [7]

$$\%V = KVA * k * L \quad (2.7)$$

Donde:

KVA: potencia en el nodo de análisis. kVA

K: constante propia de conductores, %/kVA-m, dato de tabla [8]

L: Longitud del tramo en metros.

TD Enlatadora:

$$S = V * \sqrt{3} * I \quad (2.8)$$

$$S = 220 V * \sqrt{3} * 116.1 A = 44220 VA$$

$$S = 44.22 kVA$$

Para cable 4/0 la constante  $k = 4.98E^{-04}$  [8]

$$\%V = 44.22 kVA * 4.98E^{-04} \frac{\%}{kVA m} * 45m$$

$$\%V = 0.991 \%$$

TD 1:

$$I = TD \text{ enlatadora} + TD \text{ pozo} + TD 3$$

$$I = 116.1A + 425.9 A + 14.8 A$$

$$I = 556.8 A$$

$$S = 220 V * \sqrt{3} * 556.8 A = 212.16 kVA$$

**Tabla 2.3.** Constantes de conductores. [8]

TIPO	APLIC	CALIBRE [AWG ó kcmil]	R equiv [Ω/Km]	XL [Ω/Km]	k de regulación [% / kVA-m]	In. Subt. [A]	Material
Cable monopolar con aislamiento y chaqueta (TTU)	Red de B.T subterránea enterramiento directo	800	0.07776	0.11204	2.74637E-04	380	COBRE
		400	0.09720	0.11342	3.16471E-04	335	COBRE
		350	0.11108	0.11474	3.46672E-04	310	COBRE
		250	0.15551	0.11808	4.42445E-04	255	COBRE
		4/0	0.18373	0.11504	4.98114E-04	230	COBRE
		2/0	0.25215	0.12014	7.28791E-04	175	COBRE
		1/0	0.36836	0.12305	8.80267E-04	150	COBRE
		2	0.58578	0.12508	1.34458E-03	115	COBRE
		4	0.93144	0.13141	2.07002E-03	85	COBRE
		6	1.48120	0.13882	3.22112E-03	65	COBRE
		8	2.35448	0.14713	5.04614E-03	50	COBRE
		12	5.84008	0.12795	1.22778E-02	35	COBRE

Para cable 250 MCM la constante  $k = 4.24E^{-04}$  [8]

$$\%V = 212.16 \text{ kVA} * 4.24E^{-04} \frac{\%}{\text{kVAm}} * 41\text{m}$$

$$\%V = 3.692 \%$$

TDP:

$$S = 220 \text{ V} * \sqrt{3} * 556.8 \text{ A} = 212.16 \text{ kVA}$$

Para cable 2x2/0 la constante  $k = 3.644E^{-04}$  [8]

$$\%V = 212.16 \text{ kVA} * 3.644E^{-04} \frac{\%}{\text{kVAm}} * 15\text{m}$$

$$\%V = 1.159$$

La caída de voltaje se obtendrá con la suma de sus caídas parciales.

$$\%V = 1.159 + 3.692 + 0.991$$

$$\%V = 5.84\%$$

En este caso se deberá dimensionar los alimentadores, aumentando su calibre para que la caída de tensión disminuya y esté bajo los estándares mencionados anteriormente.

Cálculo de pérdidas en los conductores por efecto Joule.

Las pérdidas en los conductores se producen por la constitución de los mismos, ya que al tener una resistencia interna y al paso de la corriente se creará una disipación de calor, esto se conoce como el efecto Joule, donde se implicará la siguiente fórmula:

$$W_{per} = n * I^2 * R \quad (2.9)$$

Donde.

n: Tipo de alimentación, para trifásicas n=3, monofásicas n=2.

I<sup>2</sup>: corriente al cuadrado.

R: resistividad del conductor dependerá de su longitud y calibre.

$$R = \frac{Ohm}{km} * L \quad (2.10)$$

Ohm/km = Dato obtenido en base a tablas dependiendo de la sección. [8]

L: longitud del tramo en km.

TD Enlatadora:

$$R = 0.18373 \frac{ohm}{km} * 0.045km = 0.008268 ohm$$

$$W_{per} = 3 * 116.1^2 * 0.008268$$

$$W_{per} = 334.1 W$$

Con el procedimiento detallado anteriormente para el caso de la Enlatadora, se procedió a efectuar los cálculos para todo el sistema eléctrico actual, cuyos resultados se pueden constatar en el ANEXO 3.

## 2.9 LEVANTAMIENTO DE CARGA

Se realizó el levantamiento de cada una de las cargas eléctricas correspondientes a cada uno de los dispositivos que conforman el sistema eléctrico de la planta Invedelca S.A., esto con la finalidad de tener una idea clara de la necesidad que presenta la planta en cuanto a potencia se refiere. Estos datos fueron recolectados en campo, y representan todos los valores nominales de cada uno de los equipos eléctricos existentes dentro de la planta.

Estos datos se presentan en el ANEXO 2.

## 2.10 ANÁLISIS DE FACTOR DE POTENCIA

El factor de potencia es la relación que existe entre la Potencia Activa (P) y la potencia aparente (S), y mide la eficiencia del consumo eléctrico, por lo cual está normado por la Regulación No. Conelec 04/001 [9], donde expresa que el valor mínimo de este factor es de 0.92, si el usuario excede este valor está incumpliendo la normativa de calidad de energía.

En caso de que el usuario incumpla el factor de potencia deberá instalar un banco de capacitores capaz de corregir el factor de potencia o será multado por incumplimiento de la ley.

$$f.p = \frac{kW}{kVA} \quad (2.11)$$

En la planta se realizó un estudio de calidad de energía que consiste en medir en un plazo de 7 días el consumo de energía y todos los parámetros asociados a esta, este estudio se lo muestra en el ANEXO 1.

En el estudio se puede observar los siguientes datos.

**Tabla 2.4.** Potencia de transformadores existentes.

T1	Serie	33303
----	-------	-------

	Prom	max	min
P(kW)	34,67	60,81	15,94
S(kVA)	38,48	69,73	16,46

F.P            0,90    0,87    0,97

T2	Serie	73949
----	-------	-------

	prom	max	min
P(kW)	42,26	96,19	3,59
S(kVA)	57,98	135,3	5,07

F.P            0,73    0,71    0,71

T3	Serie	170641
----	-------	--------

	prom	max	min
P(kW)	51,31	95,97	21,35
S(kVA)	59,46	111,34	27,62

F.P            0,86   0,86   0,77

Como se puede observar solo el transformador 1, con su demanda mínima cumple esta normativa por lo cual se recomienda analizar y diseñar un banco de capacitores para corregir este factor.

## **2.11 CALIDAD DE ENERGÍA MEDIANTE ANALIZADORES ELÉCTRICOS.**

Este análisis es posible realizarlo mediante analizadores de energía eléctrica, los cuales son capaces de tomar mediciones de las diversas variables que componen la energía eléctrica, en este caso y gracias al apoyo del Departamento de Calidad de Energía de la Empresa Eléctrica Quito fue posible realizar este estudio, este análisis se presenta en el ANEXO 1.

El informe resultante dio a conocer problemas técnicos de gran consideración. La planta posee tres transformadores operando de manera individual, esto causa una sobrecarga desbalanceada en los transformadores, mientras un transformador posee un factor de uso de 108 %, los restante poseen 55% y 88%. Haciendo uso de estos datos es posible predecir que, si el factor de simultaneidad de uso aumenta, un transformador tenderá a degradarse más rápido que los dos restantes, disminuyendo considerablemente su vida útil. Por otro lado, los transformadores que poseen menor carga, presentan pérdidas operativas, ya que existen rangos de carga en el que estos aparatos realizan su trabajo de manera eficiente y los valores de carga muestran que su operación se encuentra bajo el límite eficiente de funcionamiento.

Por ello es necesario implementar una cámara de transformación en la cual, se centralice la carga existente proporcionando así un correcto desempeño del transformador que brindará servicio a la planta en cuestión.

Resulta importante acotar que dicho estudio se realizó en un lapso de siete días, en los cuales fue posible recolectar valores correspondientes al funcionamiento de la planta en las capacidades de demanda baja, media y máxima, por otro lado, el instrumental usado

en este estudio fue el analizador FLUKE 1744, el cual hizo posible valorar los siguientes parámetros eléctricos:

- Factor de potencia por cada fase.
- Voltaje por cada fase.
- Flicker de corta duración por cada fase.
- Distorsión armónica de voltaje por cada fase.
- Corriente por cada fase.
- Corriente en el neutro.
- Desbalance de corriente por cada fase.

## 2.12 SISTEMA DE ILUMINACIÓN

Uno de los problemas es el deficiente sistema de iluminación, ya que, dentro de las diversas estaciones de trabajo existe un bajo nivel de iluminación, incluso existen áreas o zonas de la planta que no poseen iluminación alguna, como es el caso de bodegas y zonas de tránsito exterior.

En la actualidad existen criterios de diseño que están ligados a las necesidades que presenta un cierto ejercicio laboral brindando así mejores condiciones de desempeño laboral. Se presentará en la siguiente tabla un detalle de la condición actual de las zonas de iluminación de la planta Invedelca S.A.

**Tabla 2.5.** Niveles de iluminación.

ZONAS A ILUMINAR	ÓPTIMO [12],	EXISTENTE
Pasillos, bodegas, salas de descanso, comedores, servicio sanitario, zonas de iluminación suplementaria, actividades sin detalles finos.	150 lux	78 lux
Trabajo prolongado con requerimiento moderado de visión, trabajo mecánico con cierta discriminación de detalles, moldes en funciones y trabajos similares.	300 lux	215 lux

Trabajos con pocos contrastes, lectura continuada en tipo pequeño, trabajo mecánico de alta discriminación, maquinaria rotativa, herramientas y trabajos similares.	500 lux	430 lux
Sala de esterilización, laboratorios y procesos de diagnóstico	500-700 lux	250 lux
Revisión prolija de artículos, corte y trazado.	1000 lux	430 lux
Trabajo prolongado con discriminación de detalles finos, montaje y revisión de artículos con detalles pequeños, operación, mantenimiento y trabajos similares.	1500-2000 lux	475 lux

## **2.13 SISTEMA DE PROTECCIÓN ELÉCTRICA Y SISTEMA DE PUESTA A TIERRA**

El sistema eléctrico de la planta Invedelca S.A no cuenta con dispositivos de protección existentes, en su gran mayoría, no están correctamente dimensionados, por lo tanto no cumplen con la función que es la de proteger a los equipos e instalaciones de la planta, por ello el sistema eléctrico se encuentra expuesto a sobrecargas permanentes, lo cual deteriora el sistema eléctrico reduciendo su vida útil. Las protecciones existentes se pueden verificar en el diagrama unifilar presentado en el ANEXO 4 y ANEXO 3

El sistema de protección de puesta a tierra es verdaderamente imprescindible dentro de una instalación eléctrica industrial, ya que, gracias a este se despejan sobre corrientes, corrientes de falla y cualquier tipo de contingencias que ponen en riesgo tanto a personas como a los equipos eléctricos. El sistema eléctrico de la planta no posee un sistema de puesta a tierra, mucho menos con un sistema contra descargas atmosféricas, por lo cual presenta un grave peligro tanto para las personas que operan el sistema como para los equipos en caso de sobre voltaje.

## **2.14 SISTEMA DE GENERACIÓN DE APOYO**

El sistema de generación de apoyo tiene por finalidad elevar la confiabilidad de servicio eléctrico mediante un generador que entre en operación siempre y cuando el servicio de la red eléctrica exterior sea inexistente, lógicamente este generador deberá cumplir con

características constructivas y operacionales acordes a las necesidades de demanda eléctrica que presenta la instalación a la cual brindará servicio de apoyo.

En el caso de estudio, y gracias al análisis de carga actual se ha llegado a la conclusión de que el generador existente no cuenta con la capacidad necesaria para suplir la carga eléctrica que demanda la planta, a más de esto, las características operacionales del generador no se encuentran en niveles seguros de operación, es decir, el generador existente resulta obsoleto en todo sentido. Por ello es necesario implementar un nuevo generador eléctrico que brinde servicio con altos niveles de seguridad, calidad y confiabilidad eléctrica.



## **CAPÍTULO 3**

### **3. DISEÑO ELÉCTRICO.**

Por la naturaleza de los procesos de la planta, la carga es fluctuante a través del tiempo como se lo puede observar en el ANEXO 1, esto implica que en la configuración actual de los transformadores existe sobrecargas puntuales que afectan a uno o a dos de estos, por lo cual al disponer de un único transformador se podrá solventar estas fluctuaciones de una manera eficiente y sin provocar daños al transformador. Al disponer de un solo transformador capaz de alimentar la fábrica se deberá disponer de un solo tablero principal. Este será diseñado para proteger a todos los circuitos de la fábrica, centralizando tanto los alimentadores como las protecciones respectivas.

Para desarrollar el diseño se debe realizar un estudio previo de los planos arquitectónicos y las necesidades eléctricas que presenta el sitio, esto es necesario para identificar el tipo de instalación que se diseñará, y mediante esto tomar las precauciones necesarias ya que el alcance del diseño es cubrir cada una de las necesidades que presenta dicho emplazamiento.

También es importante definir el uso que se dará a las diferentes áreas que componen el proyecto, identificando el ambiente en el que desempeñarán los diferentes elementos eléctricos, ya que de dicho ambiente dependerá la selección de los elementos mencionados anteriormente.

Considerando lo dicho en los párrafos anteriores, se debe establecer el sitio de emplazamiento de los tableros de distribución, teniendo en cuenta las normas pertinentes para ello, con las que se asegura un sitio accesible y seguro para el personal técnico, hecho esto, se podrá definir el sistema de ductería para los conductores eléctricos.

Al haber considerado estos aspectos, se deberá realizar un estudio de carga de cada una de las zonas de la planta, esto servirá para el dimensionamiento de alimentadores eléctricos y a su vez las protecciones eléctricas que conformarán cada circuito.

Posterior a esto se realizará el estudio para la cámara de transformación, el sistema de puesta a tierra y el sistema de descargas atmosféricas.

### **3.1 SISTEMA DE BAJO VOLTAJE.**

Al disponer del levantamiento previo de las cargas existentes en la fábrica, estas serán utilizadas para el diseño del nuevo sistema eléctrico de bajo voltaje, además adicionando circuitos de reserva que servirá para una futura expansión. Se ha contemplado la ubicación de nuevos tableros en cada una de las áreas de trabajo de la fábrica.

Se ha tenido en cuenta en el diseño del nuevo sistema eléctrico de la planta una configuración tipo radial, por su simplicidad, bajo costo y fácil operación.

A continuación se presentará el diseño de una de las zonas de la planta a modo de ejemplificación con el fin de exponer cálculos y criterios pertinentes en el diseño global del sistema eléctrico de la planta INVEDELCA S.A.

#### **3.1.1 ESTUDIO DE CARGA EN ZONA ENLATADORA.**

Dentro del análisis de diseño, existen dos criterios que resultan importantes al dimensionar los elementos que darán servicio a una carga eléctrica. Esto se debe a que las cargas eléctricas existentes dentro de un proceso tienen un comportamiento diferente, este comportamiento hace que las cargas operen con potencias inferiores a la potencia nominal. Mediante este criterio se ha visto la necesidad de estimar el dimensionamiento de la demanda a través de dos factores, el factor de utilización ( $K_u$ ), y el factor de simultaneidad ( $f_s$ ).

##### **3.1.1.1 FACTOR DE UTILIZACIÓN ( $K_u$ ) [4]**

Al ser variable el consumo de potencia de una carga eléctrica, el factor  $K_u$  es el porcentaje de potencia con que trabaja dicha carga eléctrica, se considera un valor de 80 por ciento para motores industriales, de la misma manera se considera un factor de 100 por ciento para sistemas de iluminación. Ahora bien, si este factor nos permite proyectar la demanda de diseño es imprescindible conocer el estado operativo en el cual se desempeñará la carga eléctrica.

##### **3.1.1.2 FACTOR DE SIMULTANEIDAD ( $F_s$ ). [4]**

Dentro de una instalación eléctrica se consideran varios circuitos eléctricos derivados de un mismo nodo de conexión. El factor  $F_s$ , es un índice probabilístico referente al funcionamiento simultáneo de todos los circuitos conectados a un nodo eléctrico.

**Tabla 3.1.** Factor (Fs) según norma IEC 60439.

NÚMERO DE CIRCUITOS	FACTOR fs
≤3	0,9
≤5	0,8
≤9	0,7
≥10	0,6

### 3.1.2 EJEMPO DE CÁLCULO

El estudio de carga de la Zona Enlatadora correspondiente al tablero de distribución TD-5 se presenta en la siguiente tabla.

**Tabla 3.2.** Levantamiento de Carga TD-5 Enlatadora.

Descripción	Potencia (kW)	Voltaje (V)	Factor de potencia			Factor de simultaneidad	Potencia (kVA)	Corriente (A)
			FP	Dato placa	Estimado			
tomas simples	0,60	120	0,95		x	0,6	0,378	3,16
toma trifásica (motor)	16,18	220	0,85	x		0,4	7,612	20,00
toma trifásica (motor)	16,18	220	0,85	x		0,4	7,612	20,00
toma trifásica (motor)	16,18	220	0,85	x		0,4	7,612	20,00
toma trifásica (motor)	16,18	220	0,85	x		0,4	7,612	20,00
toma trifásica (motor)	16,18	220	0,85	x		0,4	7,612	20,00
toma trifásica (motor)	16,18	220	0,85	x		0,4	7,612	20,00
toma trifásica (motor)	16,18	220	0,85	x		0,4	7,612	20,00
toma trifásica (motor)	16,18	220	0,85	x		0,4	7,612	20,00
iluminación bifásica	3,99	220	0,95	x		1	4,2	19,09
iluminación bifásica	3,99	220	0,95	x		1	4,2	19,09

Y su diagrama unifilar mostrado en la siguiente figura.

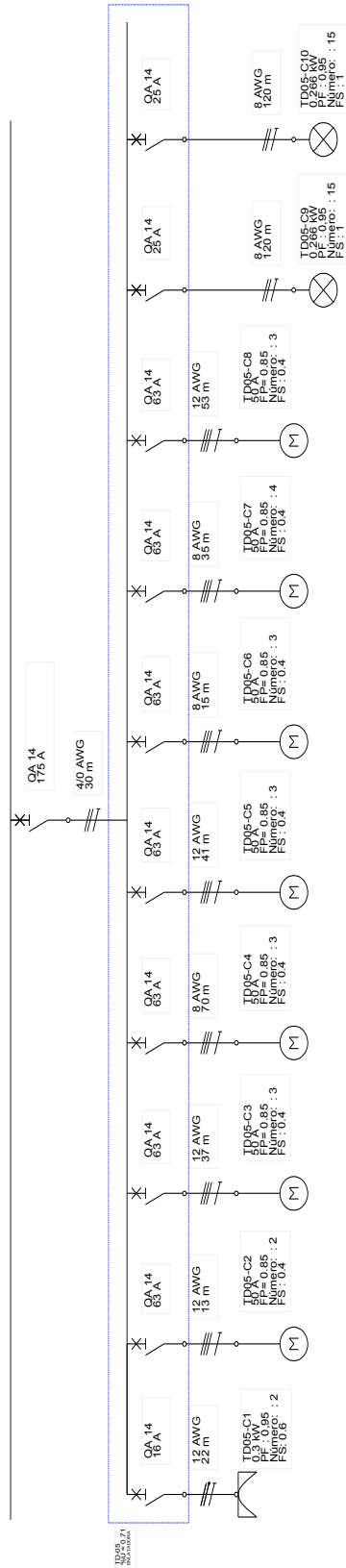


Figura 3.1. Diagrama unifilar TD-5 Enlatadora.

En la tabla mostrada anteriormente se pueden verificar la carga instalada y el uso de los factores  $f_s$  y  $kU$  y su incidencia en la demanda de diseño.

De este modo se pueden empezar los cálculos correspondientes de alimentadores eléctricos y variación de voltaje. Para ello se realizará, a manera de ejemplo, el cálculo de tres tipos de carga eléctrica, motor trifásico, iluminación bifásica y tomas monofásicas.

### 3.1.2.1 CÁLCULO DE CORRIENTE.

Caso 1: MOTOR TRIFÁSICO.

Voltaje: 220, Trifásico.

Factor de Potencia: 0.85

$$P = 16180 \text{ W}$$

Donde:

$P$ , potencia expresada en Vatios o HP

$V$ , Voltaje de alimentación de la máquina.

$\cos \phi$ , o FP, valor usualmente de 0.85 para motores de inducción.

$I_n$ , Corriente nominal en Amperios.

$$I_n = \frac{P}{V * \sqrt{3} * \cos\phi}$$

$$I_n = \frac{16180}{220 * \sqrt{3} * 0.85}$$

$$I_n = 49.95 \text{ A}$$

$$I = I_n * k_u * f_s$$

$$I = 49.95 * 1 * 0.4$$

$$I = 20.00 \text{ A}$$

Tomas de Iluminación.

Caso 2: Luminarias.

Potencia: 266 W

Voltaje: 220, Bifásico.

$$P_t = P * \text{número de luminarias}$$

$$P_t = 266 \text{ w} * 15$$

$$Pt = 3990 \text{ w}$$

$$In = \frac{Pt}{V * \cos\phi}$$

$$In = \frac{3990 \text{ w}}{220 * 0.95}$$

$$In = 19.09 \text{ Amp}$$

$$I = In * ku * fs$$

$$I = 19.09 * 1 * 1$$

$$I = 19.09 \text{ A}$$

Tomas de monofásicas.

Caso 3: tomacorrientes de 300W a 120V

Potencia: 300 W

Voltaje: 120, monofásico.

$$Pt = P * \text{número de tomacorrientes}$$

$$Pt = 300 \text{ w} * 2$$

$$Pt = 600 \text{ w}$$

$$In = \frac{Pt}{V * \cos\phi}$$

$$In = \frac{600 \text{ w}}{120 \text{ v} * 0.95}$$

$$In = 5.26 \text{ A}$$

$$I = In * ku * fs$$

$$I = 5 \text{ A} * 1 * 0.6$$

$$I = 3.15 \text{ A}$$

### 3.1.2.2 CÁLCULO DE LA CAÍDA DE VOLTAJE.

Para el cálculo de la caída de voltaje y considerando como ejemplo el centro de carga de la Enlatadora que se indicó en la figura 3.1, se deberá hallar la potencia aparente correspondiente a las cargas eléctricas anteriormente expuestas.

Motor trifásico.

$$S = \sqrt{3} * V * I$$

$$S = \sqrt{3} * 220 * 20.00$$

$$S = 7.61 \text{ kVA}$$

Iluminación.

$$S = V * I$$

$$S = 220 * 19.09$$

$$S = 4.20 \text{ kVA}$$

Tomacorriente monofásico

$$S = V * I$$

$$S = 120 * 3.15$$

$$S = 0.38 \text{ kVA}$$

Variación de voltaje carga tipo motor

$$\%V = KVA * k * L$$

Para cable #4 la constante  $k = 2,07002E^{-03}$  [8]

$$\%V = 7,61 \text{ kVA} * 2,07002E^{-03} \frac{\%}{\text{kVAm}} * 13m$$

$$\%V = 0.20 \%$$

Variación de tensión carga iluminación

$$\%V = KVA * k * L$$

Para cable #12 la constante  $k = 1,38329E^{-02}$  [8]

$$\%V = 4,2 \text{ kVA} * 1,38329E^{-02} \frac{\%}{\text{kVAm}} * 22m$$

$$\%V = 1,36 \%$$

Variación de tensión carga toma doble monofásica

$$\%V = KVA * k * L$$

Para cable #12 la constante  $k = 1,38329E^{-02}$  [8]

$$\%V = 0,38 \text{ kVA} * 1,38329E^{-02} \frac{\%}{\text{kVAm}} * 22m$$

$$\%V = 0.12 \%$$

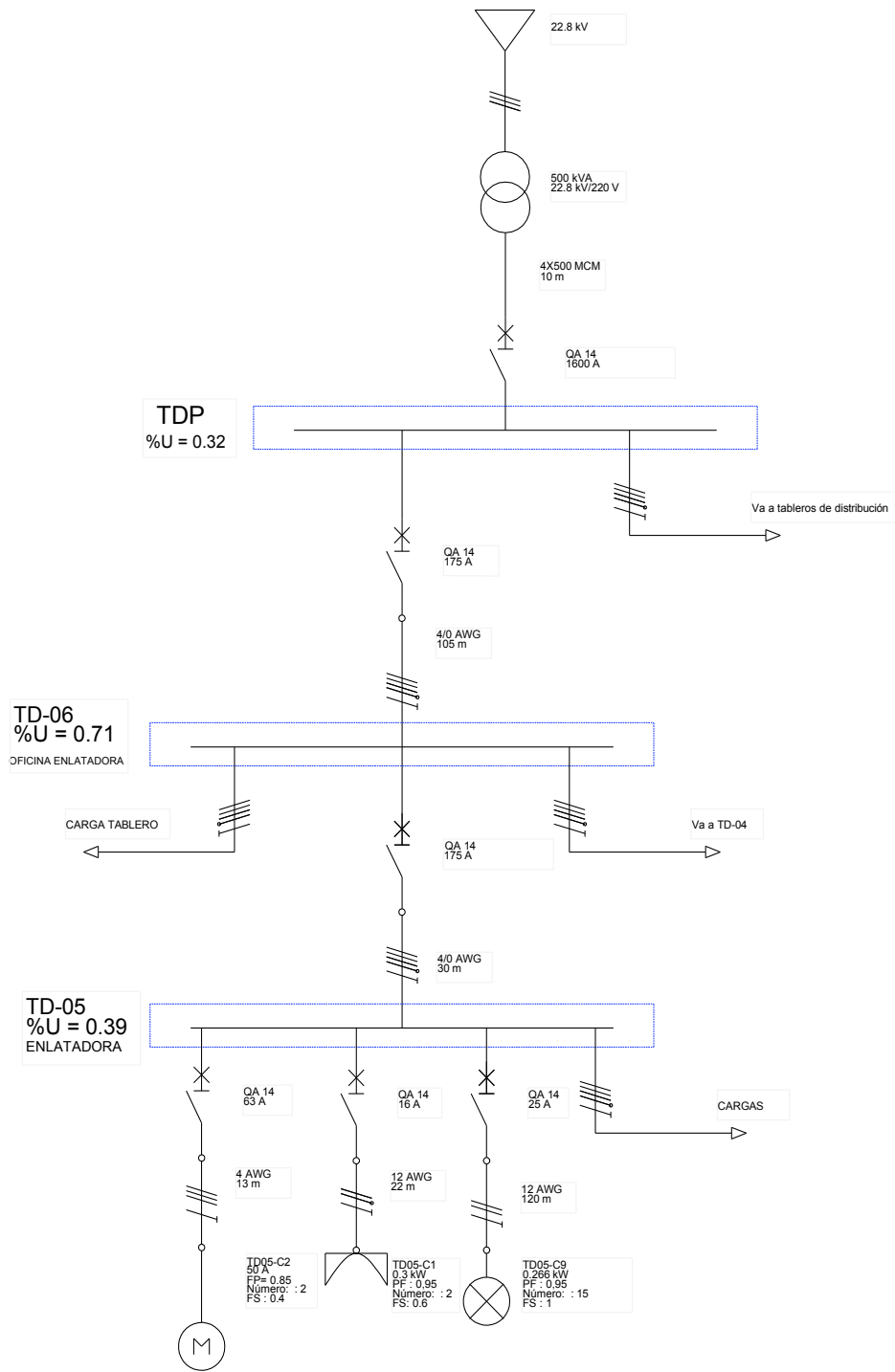


Figura 3.2. Caídas Voltaje Unifilar.



Realizado esto, se deben considerar los valores de caída de voltaje aguas arriba de estas cargas hasta el transformador, adicionando estos valores a los expuestos anteriormente.

Por tanto el Caso 1 será:

Caso 1:

$$\begin{aligned}\%V_{CASO\ 1} &= \%V_{motor} + \%V_{TD5-TD6} + \%V_{TD6-TDP} + \%V_{TDP-TRAFO} \\ \%V_{CASO\ 1} &= 0,20\% + 0,39\% + 0,71\% + 0,32\% \\ \%V_{CASO\ 1} &= 1,61\%\end{aligned}$$

Caso 2:

$$\begin{aligned}\%V_{CASO\ 2} &= \%V_{iluminación} + \%V_{TD5-TD6} + \%V_{TD6-TDP} + \%V_{TDP-TRAFO} \\ \%V_{CASO\ 2} &= 1,36\% + 0,39\% + 0,71\% + 0,32\% \\ \%V_{CASO\ 2} &= 2,76\%\end{aligned}$$

Caso 3:

$$\begin{aligned}\%V_{CASO\ 3} &= \%V_{toma\ mono} + \%V_{TD5-TD6} + \%V_{TD6-TDP} + \%V_{TDP-TRAFO} \\ \%V_{CASO\ 3} &= 0,12\% + 0,39\% + 0,71\% + 0,32\% \\ \%V_{CASO\ 3} &= 1,52\%\end{aligned}$$

Como se puede comprobar, el porcentaje de caída de voltaje se encuentra dentro de los parámetros permitidos, asegurando así un servicio eléctrico confiable para cada una las cargas eléctricas. A más de esto, el hecho de mantener la caída de voltaje en un porcentaje aceptable, hace posible que las pérdidas de potencia también disminuyan, esto es resultado de la correcta elección del conductor eléctrico. Con la metodología indicada se efectúan los cálculos para los circuitos. Los datos de cada uno de los alimentadores se encuentran en el ANEXO 5.

### 3.1.3 PROTECCIONES ELÉCTRICAS.

Las protecciones eléctricas se diseñan para proteger a los equipos ante sobrecargas y cortocircuitos.

Las sobrecargas se caracterizan por ser de pequeña magnitud y de lento incremento, capaces de deteriorar el aislamiento de conductores y provocar sobrecalentamiento en conductores y el de los equipos conectados.

Las corrientes de cortocircuito, son de gran magnitud y de corta duración, siendo capaces de provocar la destrucción total o parcial de los equipos afectados, además creando voltajes peligrosos de contacto.

Por ello es importante que la planta industrial cuente con un sistema de protecciones eléctricas, diseñado de tal forma que tenga la capacidad de aislar rápida y eficientemente las fallas, produciendo el mínimo deslastre de carga, evitando así pérdidas económicas. A más de esto, las protecciones eléctricas deberán tener como objetivo brindar protección al personal operativo y a las instalaciones involucradas durante el tiempo de falla del sistema eléctrico.

Cualquier elemento de protección debe cumplir con las siguientes especificaciones y requerimiento:

- Adecuada apertura del circuito eléctrico en condición anormal de funcionamiento.
- Los rangos de voltaje y corriente deben ser correctamente definidos.
- Deben poseer capacidad selectiva y sensitiva para detectar y despejar una falla.



**Figura 3.3.** Tipos de breaker.

### 3.1.3.1 DIMENSIONAMIENTO POR SOBRE CARGAS.

Para el dimensionamiento de la protección por sobre carga se usará un factor multiplicado por la corriente nominal, este valor es de 1.25. [4]

$$I_{pro} = I_n \times 1.25 \quad (3.1)$$

$$I_b < I_n < I_z \quad (3.2)$$

Donde:

$I_b$ , intensidad de cálculo del circuito.

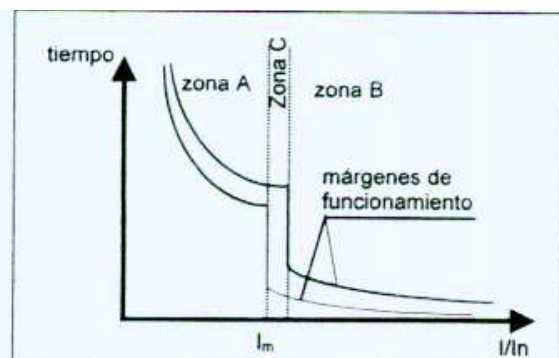
$I_n$ , intensidad nominal o calibre del interruptor.

$I_z$ , intensidad máxima admisible del conductor.

Adicional a esto se debe tener en cuenta que la protección elegida no debe ser superior a la intensidad máxima que soporta el conductor.

### 3.1.3.2 DIMENSIONAMIENTO POR CORTO CIRCUITOS.

Para el dimensionamiento en cortocircuitos se deberá tomar en cuenta el tiempo en el que se despejará la falla y la corriente de disparo de la misma, esto se puede observar en la siguiente figura:



**Figura.3.4.** Curva de funcionamiento de un interruptor magneto térmico (breaker)

La zona A, corresponde al disparo térmico que se produce por sobre carga.

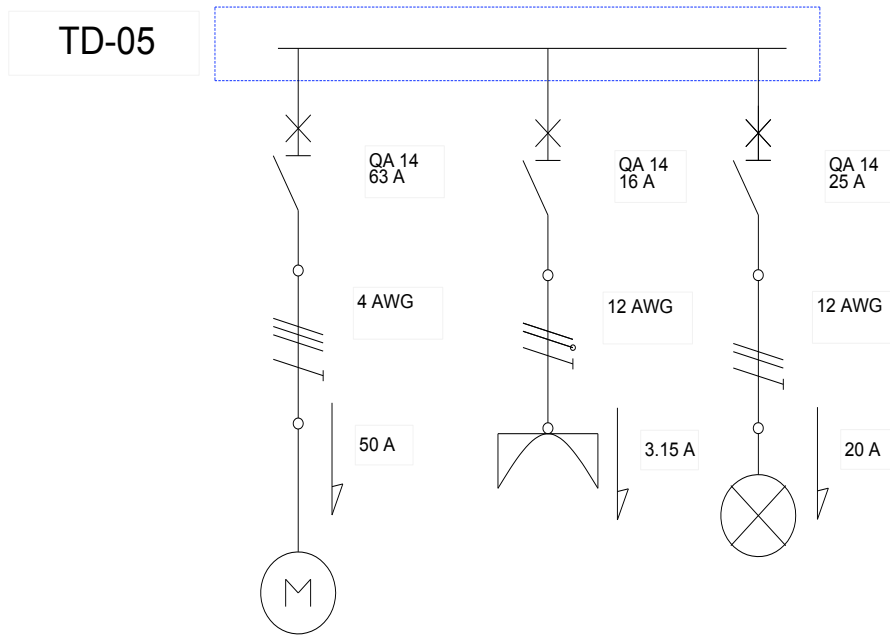
La zona B, disparo electro magnético producido por cortocircuito.

Los interruptores magneto térmicos tienen diferentes tipos de curvas para diferentes aplicaciones, esto dependerá de la carga instalada y su prioridad de protección.

Tipo B, Protección de líneas de gran longitud y generadores.

Tipo C, Protección de iluminación y generales.

Tipo D, Protección para motores y transformadores



**Figura.3.5.** Dimensionamiento de protecciones eléctricas

Caso 1: motor trifásico,

Corriente de protección

$$I_{pro} = 50 \times 1.25 = 62.5 \text{ A}$$

La protección más cercana es de 63 Amperios, 3 polos tipo D. El calibre de cable #4 soporta 70 A por lo cual la protección protegerá también al conductor.

Caso 2: tomas monofásicas,

Corriente de protección

$$I_{pro} = 3.15 \times 1.25 = 3.93 \text{ A}$$

La protección más cercana es de 16 Amperios, 1 polos tipo C. El calibre de cable #12 soporta 30 A por lo cual la protección protegerá también al conductor.

Caso 3: Iluminación,

Corriente de protección

$$I_{pro} = 20 \times 1.25 = 25 \text{ A}$$

La protección más cercana es de 25 Amperios, 2 polos tipo C. El calibre de cable #12 soporta 30 A por lo cual la protección protegerá también al conductor.

### **3.2 SISTEMA DE ILUMINACIÓN.**

Toda edificación en la cual se realice algún tipo de actividad, ya sea laboral o cotidiana, requiere de un ambiente que cuente con un nivel de iluminación adecuado, para optimizar el rendimiento, la productividad, la seguridad y el confort al momento de realizar una actividad.

Para crear estos ambientes luminosos se tiene varios factores que influyen en el efecto lumínico, actualmente se utiliza normas creadas que ayude al diseño de sistemas de iluminación.

Uno de los objetivos del presente estudio es mejorar el sistema de iluminación interior y exterior para la empresa INVEDELCA S.A., usando el software libre de iluminación DIALux. [10], norma de construcción Ecuatoriana NEC Capítulo 15 [11] y el Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 69 de Alumbrado Técnico. [12]

#### **3.2.1 DESCRIPCIÓN GENERAL**

Se considera una instalación de iluminación a los circuitos eléctricos de alimentación, las fuentes luminosas, las luminarias y todos los dispositivos de control, que conforman y sirven para iluminar áreas internas y externas.

Para el diseño de iluminación se debe tomar en cuenta la naturaleza física y fisiológica del área logrando con esto solucionar y optimizar la relación visual entre el usuario y el medio ambiente.

El objetivo principal del diseño es garantizar los niveles de iluminación promedio establecidas por el norma de construcción Ecuatoriana NEC Capítulo 15 Obras electromecánicas, de la cual se obtiene los parámetros de nivel de iluminación (LUX), que se debe cumplir por cada área, además de influir directamente la distribución de las luminarias, la geometría, las dimensiones imprescindibles el largo, ancho y alto del área, es decir pisos, paredes y techos de las instalaciones existentes. Esto se lo muestra en la siguiente tabla

**Tabla 3.3.** Niveles de intensidad luminosa, [11]

<b>ILUMINACIÓN MÍNIMA</b>	<b>ACTIVIDADES</b>
20 LUXES	Pasillos, Patios y lugares de paseo
50 LUXES	Operaciones en las que la distinción no sea esencial como manejo de materias, desechos de mercancías, embalaje, servicios higiénicos
100 LUXES	Cuando sea necesaria una ligera distinción de detalles como: fabricación de productos de hierro y acero, taller de textiles y de industria manufacturera, salas de máquina y calderos, ascensores.
200 LUXES	Si es esencial una distinción moderada de detalles, tales como: talleres de metal mecánica, costura, industria de conserva, imprentas.
300 LUXES	Siempre que sea esencial la distinción media de detalles, tales como: trabajos de montaje, pintura a pistola, tipografía, contabilidad, taquigrafía.
500 LUXES	Trabajos en que sea indispensable una fina distinción de detalles, bajo condiciones de contraste, tales como: corrección de pruebas, fresado y torneado, dibujo.
1000 LUXES	Trabajos en que exijan una distinción extremadamente fina o bajo condiciones de contraste difíciles, tales como: trabajos con colores o artísticos, inspección delicada, montaje de precisión electrónicos, relojería.

### **3.2.2 SOFTWARE DIALux.**

DIALUX es un programa gratuito que permite realizar diseños de iluminación tanto para interiores como para exteriores, está basado en software de diseño gráfico como AUTOCAD y da la facilidad de cargar la infraestructura civil directamente al, otra de las características es permitir la visualización tridimensional y los diagramas polares de la distribución luminosa de los equipos.

La manera como DIALux escoge sus luminarias y lámparas es a través de catálogos interactivos otorgados por los fabricantes de las mismas, estos catálogos nos permiten seleccionar, según la aplicación, sea residencial industrial o decorativa.



**Figura 3.6.** Ventana de trabajo DIALux. [10]

### 3.2.3 METODOLOGÍA PARA EL DISEÑO DE INSTALACIONES DE ILUMINACIÓN INTERIOR

Para la aplicación en el ambiente es necesario:

- Conocer el tipo de área y la actividad que se realice en ese sitio, además de definir el tipo de instalación que se usa.
- Especificar los parámetros de trabajo y la normativa a ser aplicable.
- Construir las áreas con todos sus detalles arquitectónicos.
- Aplicar colores y texturas a las superficies de las áreas.
- Insertar los objetos correspondientes sean necesarios llegando a ser lo más apegado a la edificación real.
- Por medio de los catálogos de DIALux, seleccionar el tipo de luminaria a usar.
- Diseño y simulación del sistema de iluminación tomando en cuenta que los valores son un promedio de toda el área.
- Aumento de luminarias o reubicación según necesidad.

Para el diseño se formará 3 grupos de actividad que organizará a las áreas por sitio de trabajo.

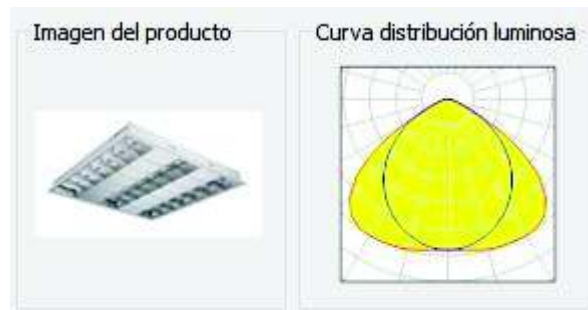
- Grupo 1. Sitio donde se realizan trabajos de oficina: administración, oficina enlatadora, oficina producción, oficina de pos-cosecha, oficina electromecánica o taller, oficina de bodega y laboratorio.
- Grupo 2. Sitio donde se realizan trabajos de producción: enlatadora, pos-cosecha, taller de electromecánica, bodegas, comedor, viviendas y laboratorio.
- Grupo 3. Sitios de paso parte exterior o áreas de recreación: plataforma de trabajo, canchas y pasillos.

### 3.2.4 PARÁMETROS DE LAS LUMINARIAS

Para los tres grupos mencionados se elegirán lámparas de acuerdo a la actividad que se realiza.

Área 1: sitios de oficinas donde se realiza trabajos con documentación y atención al cliente se colocará lámparas fluorescentes de color blanco con capacidad de conectar 3 tubos, de una potencia de 14W cada una, en función de su diagrama polar para su distribución luminosa. (Figura 3.7)

Las luminarias serán empotradas en el cielo raso de cada área y la canalización del cable será por tubería conduit y bandejas prefabricadas.

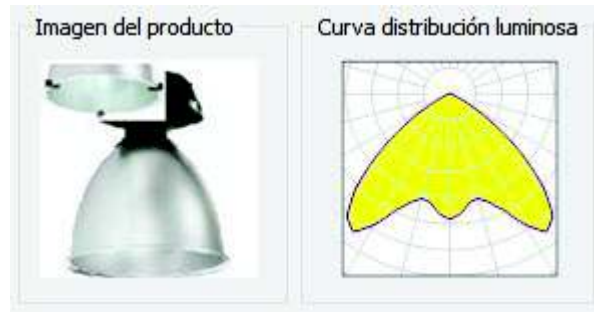


**Figura 3.7** Tipo de luminaria área 1 y su distribución luminosa [10]

Área 2: Sitios donde se realizarán etapas de producción, manipulación, almacenamiento de productos, además de tener que realizar trabajos con maquinaria industrial. Para este ambiente se utilizará reflectores de aluminio con protección anti-corrosión IP 65 (Anti-polvo y Agua) de una potencia de 250W, que serán suspendidas desde el techo.

Los reflectores deben ser instalados con cadenas en la estructura de cada área su cableado será canalizado por manguera anillada BX. (Figura 3.8)

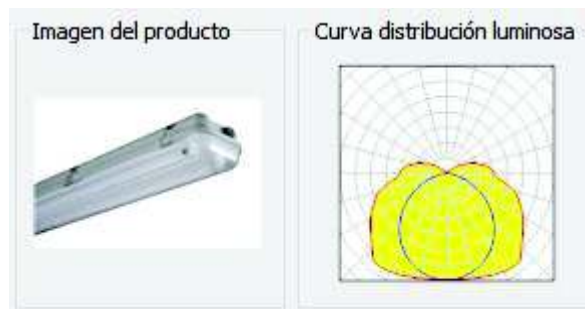




**Figura 3.8** Tipo de luminaria área 2 y su distribución luminosa [10]

Para sitios donde sean las áreas pequeñas, áreas semi-industriales o áreas especiales se utilizarán lámparas doubles weatherproof con IP 65 (Anti-polvo y Agua) de una potencia de 36W.

Las lámparas serán empotradas directamente al tumbado y su canalización será por manguera anilla con recubrimiento de pvc. (Figura 3.9)



**Figura 3.9** Tipo de luminaria 4 y su distribución luminosa [10]

Área 3: Para sitios exteriores donde sea transitadas por personas o vehículos y para las áreas recreativas se utilizará reflectores con proyector de alta resistencia con cuerpo de aluminio LM6 fundido a presión de 3 mm con protección anticorrosiva, pintura metalizada, temperatura de funcionamiento de  $-30^{\circ}\text{C}$  a  $+40^{\circ}\text{C}$ , de una potencia de 400W.

Para la instalación de postes se realiza con una grúa y se fundirá una base de hormigón, la canalización para el cableado se realizará desde las trincheras hacia cada poste con manguera de polietileno de 2 pulgadas. (Figura 3.10).



**Figura 3.10** Tipo de luminaria área 3 y su distribución luminosa [10]

### 3.2.5 PARÁMETROS DE CÁLCULO

Para ejemplificar el diseño del sistema de iluminación y considerando que en la empresa INVEDELCA S.A. tienen varios procesos y áreas de trabajo se ha tomado el área de la ENLATADORA que incluye las tres áreas antes descritas, ya que cuenta con una bodega, una oficina y área de trabajo industrial.

Nombre: Enlatadora.

**Descripción:** Área donde se empaca y enlata los champiñones procesados, además esta área cuenta con una pequeña bodega y una oficina en la parte aledaña.

Altura: 8m

Ancho: 20m

Longitud: 45m

Factor de mantenimiento: 0.80

**Diseño del área local de trabajo:** para esto creamos un nuevo proyecto en DIALux y especificamos las dimensiones del área de trabajo que son de 45m X 20m por una altura 8m, que pertenece a la pequeña bodega y área de enlatar, damos aceptar, al tener el área de trabajo creada colocamos ventanas, puertas, techo y claraboyas, para esto damos un clic en insertar ventanas y techos donde colocamos según su posición original.

**Figuras estándar:** DIALux brinda la posibilidad de insertar varias figuras de personas, mesas, escritorios, aparadores, etc. Logrando con esto simular un área real.

Al tener la mayor parte de objetos debemos posicionarlos y escalar a las medidas reales y su posición adecuada. (Figura 3.11)

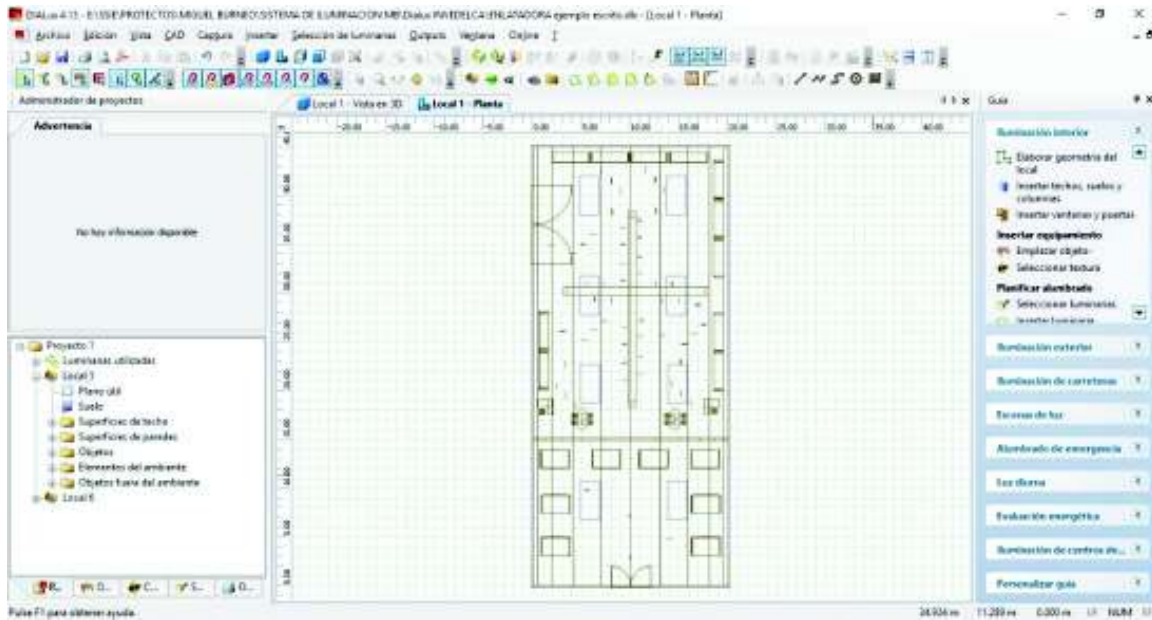


Figura 3.11. Área de trabajo Enlatadora [10]

Para tener una mejor perspectiva del área podemos verla en vista isométrica, que es una de las principales opciones que nos da DIALux. (Figura 3.12)

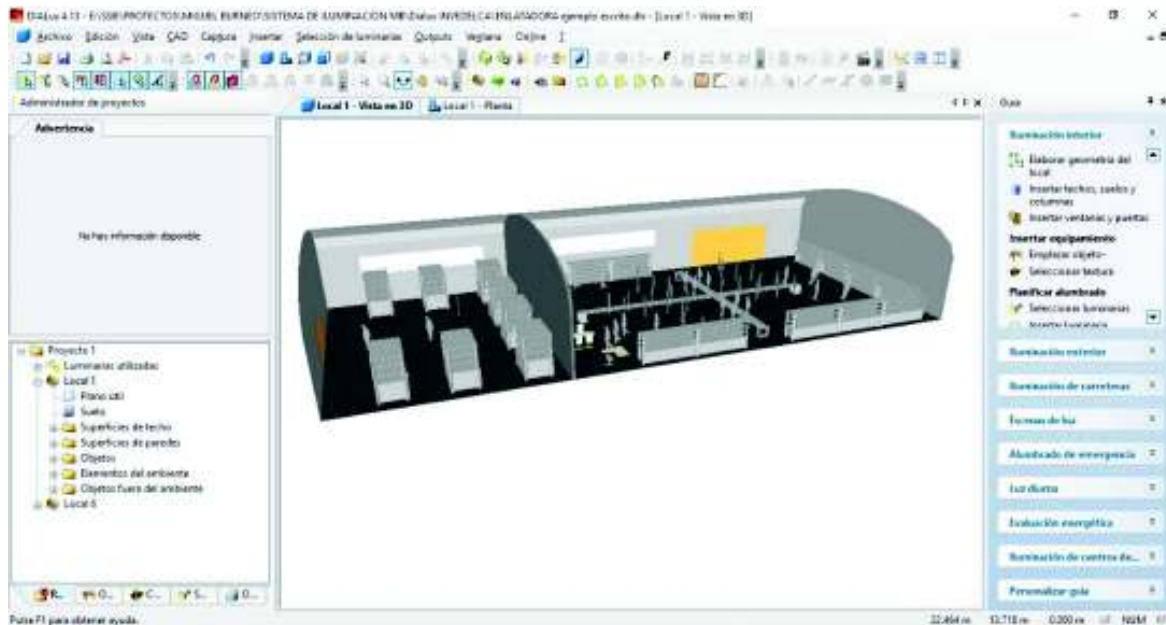


Figura3.12 Simulación de Área de trabajo [10]

**Selección de Iluminarias:** al tener colocado todos los objetos y áreas debidamente dimensionadas, procedemos a elegir las luminarias e insertarlas manualmente en el área de trabajo, se elige reflectores de una potencia de 250W y procedemos a realizar el cálculo

del número de luminarias para obtener 200 Lux, lo que nos da como resultado 5 filas cada una de 6 luminarias. (Figura 3.13)

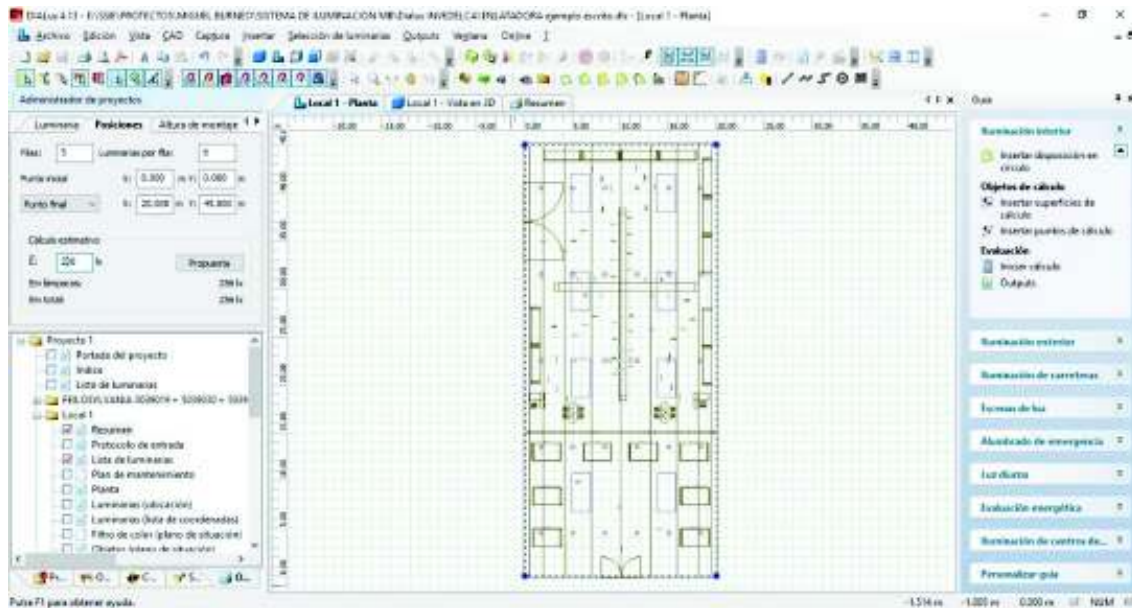


Figura 3.13. Colocación de lámparas [10]

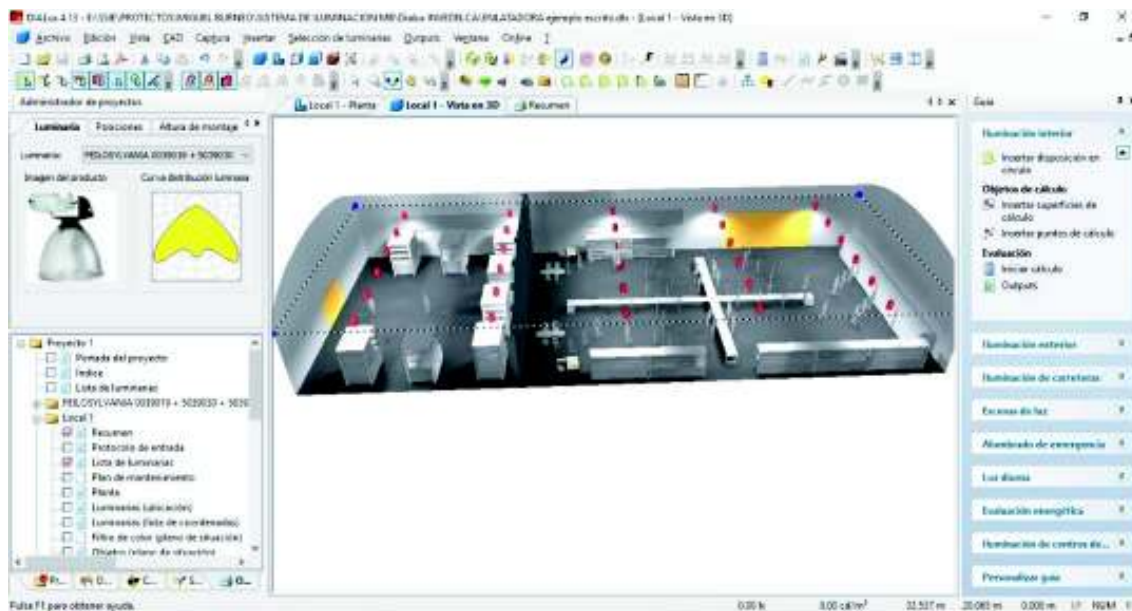


Figura 3.14. Simulación de Área de trabajo en 3D [10]

### 3.2.6 MODELACIÓN Y SIMULACIÓN

La razón principal para el uso de DIALux es la facilidad de realizar múltiples cálculos hasta obtener el definitivo y poderlos simular de manera rápida. Al usar la opción de iniciar cálculo podemos realizar el análisis del área de trabajo y obtener los resultados como lista de

luminarias, hojas de datos, resumen y los resultados luminotécnicos que se puede encontrar en la opción de Outputs. (Figura 3.15)

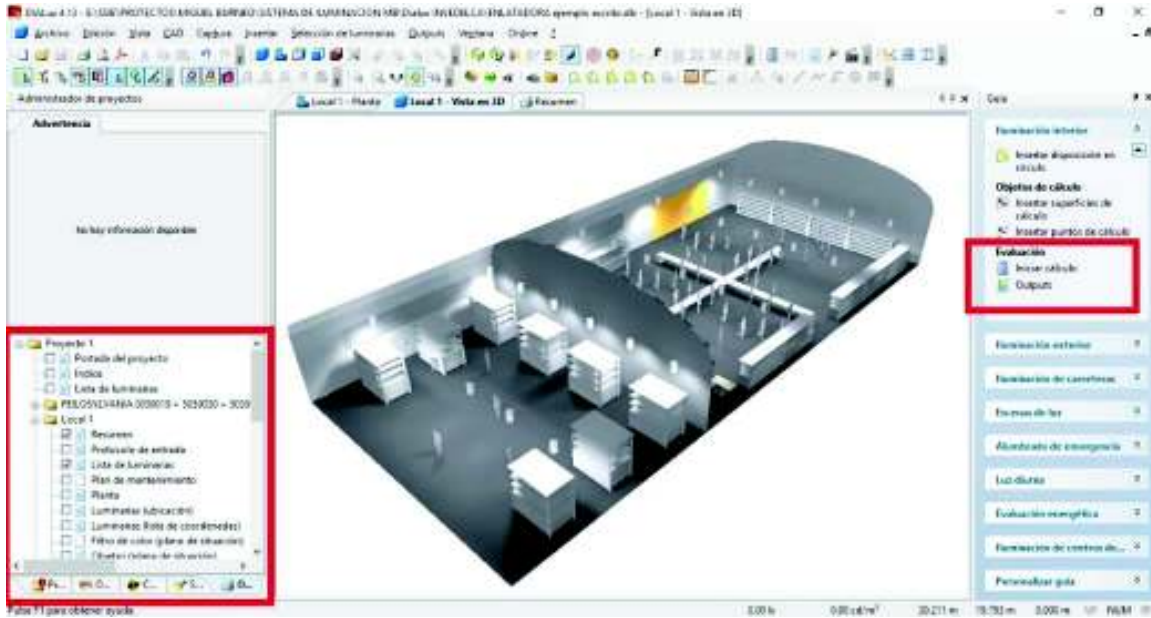


Figura 3.15 Inicio del cálculo [10]

**Hoja de resumen:** En la siguiente imagen podemos visualizar los resultados de la simulación del sistema, hemos obtenido un valor de iluminación promedio de 211 LUX cumpliendo con la norma de iluminación para esta área. (Figura 3.16)



Figura 3.16 Hoja de resumen [10]

Toda la simulación e implantaciones de las diferentes áreas internas y externas de la planta se muestran en el ANEXO 6. La implantación del sistema de iluminación interna y externa se muestra en el ANEXO 7

A continuación en las tablas 3.4 y 3.5 se presenta los resultados obtenidos del sistema de iluminación general de la planta.

**Tabla 3.4. Resultados del cálculo de iluminación interna**

ÁREAS INTERNAS DE LA EMPRESA INVEDELCA S.A.										
Área de trabajo	Promedio LUX	Promedio LUX calculado	Tipo de lámpara	Altura de montaje (m)	Potencia (W)	Voltaje (V)	Factor de potencia $\cos\phi$	Numero de lámparas	Potencia Total (W)	Longitud (m)
Administración	300	302	Fluorescente	2,5	51	220	0.95	67	3417	85
Bodega de acopio	100	125	Reflectores	6	266	220	0.95	45	11970	120
	100	125	Lámparas	4,5	86	220	0.95	12	1032	70
Bodega de vagazo	100	100	Reflectores	7	266	220	0.95	32	8512	320
Bodega principal	100	138	Reflectores	5	266	220	0.95	35	9310	500
Caladeros	200	199	Lámparas	4	86	220	0.95	8	688	18
Cámaras 1-5	50	72	Lámparas	2,5	86	220	0.95	5	430	50
Cámaras 6-13	50	70	Lámparas	2,5	86	220	0.95	9	774	90
Comedor y vivienda	300	309	Reflectores	5	266	220	0.95	42	11172	240
	200	222	Fluorescente	2,5	51	220	0.95	112	5712	280
Enlatadora	200	211	Reflectores	5	266	220	0.95	30	7980	240
Guardia	200	201	Fluorescente	2,5	51	220	0.95	2	102	10
Laboratorio	300	341	Lámparas	2,5	86	220	0.95	20	1720	64
Oficina enlatadora	300	308	Fluorescente	2,5	51	220	0.95	38	1938	130
Oficina producción	300	338	Fluorescente	2,5	51	220	0.95	10	510	30
Poscosecha y Producción	200	237	Lámparas	4	86	220	0.95	24	2064	100
Taller Electromecánico	200	241	Reflectores	6	266	220	0.95	45	11970	300

**Tabla 3.5 Resultados del cálculo de iluminación externa**

ÁREAS EXTERNAS DE LA EMPRESA INVEDELCA S.A.										
Área de trabajo	Promedio LUX	Promedio LUX calculado	Tipo de lámpara	Altura de montaje (m)	Potencia (W)	Voltaje (V)	Factor de potencia $\cos\phi$	Numero de lámparas	Potencia Total (W)	Longitud (m)
Exterior administración	100	177	Reflectores y Fluorescentes	6 y 3	175	220	0.95	7	1225	120
	50	59	Reflectores	6	400	220	0.95	7	2800	100
Exterior Bodega de Acopio	20	27	Reflectores	6	400	220	0.95	6	2400	145
Exterior Bodega Principal	20	38	Reflectores	6	400	220	0.95	8	3200	200
Exterior Bagazo	50	57	Reflectores	6	400	220	0.95	10	4000	250
Exterior Cámaras 1-5 y Poscosecha	50	62	Reflectores	6	400	220	0.95	10	4000	200
Exterior Cámaras	50	55	Reflectores	6	400	220	0.95	8	3200	100
Exterior Comedor y Vivienda	50	58	Reflectores	6	400	220	0.95	23	9200	280
Exterior Enlatadora	20	40	Lámparas	3	175	220	0.95	6	1050	100
	50	58	Reflectores	6	400	220	0.95	7	2800	160
Exterior Oficina Producción	50	55	Lámparas	3	175	220	0.95	6	1050	100
	100	115	Reflectores	6	400	220	0.95	9	3600	200
Plataforma de HS	50	66	Reflectores	6	400	220	0.95	11	4400	300

### 3.3 CANALIZACIÓN ELÉCTRICA.

Este sistema está compuesto por pozos y zanjas, las cuales hacen posible el tendido de alimentadores eléctricos que parten desde la Cámara de Transformación Única CT hasta los tableros de distribución previamente ubicados en cada zona de la fábrica.

El diseño de este sistema fue realizado basado en el Manual de Construcción del Sistema de Distribución Eléctrica de Redes Subterráneas de Ministerio de Electricidad y Energía Renovable MEER. [13]

Existen ventajas bastante relevantes que se consiguen con este tipo de sistema. A se menciona las principales:

- Alta confiabilidad.
- Previsión para el incremento de demanda futura.
- Brinda protección al conductor eléctrico.
- Fácil reemplazo de conductores.
- Mayor nivel de seguridad.

### 3.3.1 POZOS

Debido a la necesidad del sistema eléctrico, se han considerado dos tipos de pozos Tipo A y Tipo B.

**Tabla 3.6.** Tipos de pozos de canalización eléctrica.

MEDIDAS DE POZO TIPO (cm)			
TIPO	LARGO	ANCHO	PROFUNDIDAD
A	60	60	75
B	90	90	90

La selección de estos pozos es referente a los sistemas de medio y bajo voltaje, el pozo tipo A será utilizado para el sistema de bajo voltaje y el pozo tipo B para el sistema de medio voltaje.

Resulta importante mencionar que la distancia entre los pozos está estipulada en la norma mencionada anteriormente, indicando que dicha distancia puede estar dentro de un rango entre 30 a 60 metros.

### 3.3.2 CONFIGURACIÓN DE BANCO DE DUCTOS

La configuración de los ductos está dada por el número de conductores que se transportan a través de los ductos manteniendo un ducto de reserva. El diámetro de los ductos serán de cuatro pulgadas en base a las recomendaciones del MEER [13]

### 3.3.3 BANDEJAS PORTACABLES

Internamente en las áreas de producción se utilizará sistema tipo bandeja metálica donde irán tendidos los diferentes circuitos de alimentación. Para la instalación de bandejas metálicas se usarán ángulos metálicos cada dos metros, fielmente fijados a la pared con pernos auto perforantes, las bandejas también contarán con todos sus accesorios para tener una correcta protección de los conductores. Las bandejas deberán tener un espacio

de reserva para una futura expansión. La distribución de las canalizaciones eléctricas de toda la planta se muestra en el ANEXO 8.

### **3.4. CIRCUITOS DE BAJO VOLTAJE.**

Los circuitos de bajo voltaje están conectados al tablero de distribución principal en el que se encuentran las protecciones adecuadas para su correcto funcionamiento. Las protecciones se las dimensionó en base a la corriente nominal del alimentador y el tipo de carga que protege esta.

Los alimentadores serán de Cobre, para el caso de los alimentadores principales que van desde el tablero principal hacia los tableros de cada sector, se usará recubrimiento de PVC TW. Capaz de soportar la intemperie. El calibre de los conductores debe cumplir con la caída de voltaje permitida, y la corriente de la carga instalada. [6]

El sistema de bajo voltaje será en configuración radial, cada sección tiene un alimentador independiente, este alimentador llegará a un tablero de distribución metálico, en cada tablero de distribución se dejaron dos circuitos de reserva para futuras expansiones.

Los circuitos salientes del tablero de distribución hacia las cargas específicas, se los instalará a través de bandejas porta cables y manguera bx empotrada a la pared.

Para una información más detallada revisar ANEXO 5.

### **3.5. SISTEMA DE MEDIO VOLTAJE.**

#### **3.5.1. DEMANDA DE DISEÑO**

Para el cálculo de la demanda de diseño se tomará en cuenta la suma de todas las potencias parciales de los tableros principales de la fábrica dando como resultado 487,11 kVA, (Tabla 3.6). Estos valores se pueden visualizar más detalladamente en el ANEXO 5.



**Tabla 3.6** Resumen de demandas de tableros principales

DESDE	HASTA	VOLTAJE	Ku	f.s	POTENCIA	CORRIENTE
		(V)			kVA	(A)
TD-1	TD-P	220	1	0,8	4,96	13,02
TD-2	TD-P	220	1	0,7	3,12	8,20
TD-3	TD-P	220	1	0,6	11,20	34,33
TD-6	TD-P	220	1	0,6	42,49	130,25
TD-4	TD-6	220	1	0,7	2,07	5,44
TD-5	TD-6	220	1	0,7	43,44	114,14
TD-7	TD-P	220	1	0,7	14,04	36,88
TD-8	TD-P	220	1	0,6	42,04	110,45
TD-9	TD-P	220	1	0,7	28,29	74,32
TD-11	TD-P	220	1	0,7	32,93	86,52
TD-12	TD-P	220	1	0,5	83,92	264,61
TD-13	TD-P	220	1	0,7	36,53	95,97
TD-14	TD-P	220	1	0,6	12,52	38,38
TD-19	TD-P	220	1	0,7	13,20	34,69
TD-20	TD-P	220	1	0,6	33,65	103,14
TD-21	TD-P	220	1	0,7	1,48	3,88
TD-22	TD-P	220	1	0,7	3,21	8,44
TD-23	TD-P	220	1	0,7	14,55	38,24
TD-24	TD-P	220	1	0,7	14,55	38,24
TIE1	TD-P	220	1	0,3	48,93	222,40

TOTAL	487,11 kVA
-------	------------

En función al valor obtenido en la tabla anterior se considera un transformador de 500 kVA ya que es el valor homologado más próximo al calculado.

### 3.5.2 DISEÑO DE LA CÁMARA DE TRANSFORMACIÓN.

Para albergar a los equipos eléctricos se construirá una cámara de transformación eléctrica que guarda las especificaciones de la cámara antes indicada.

La construcción debe cumplir especificaciones técnicas, las cuales tienen por objeto definir las características que deben satisfacer las obras necesarias para la adecuada utilización de dichas cámaras, parámetros eléctricos requeridos, los materiales de construcción, diseños propuestos, ventilación, drenaje, planos de distribución, detalles constructivos y otros según su aplicación.

Las especificaciones de las cámaras de transformación, deben contemplar entre otros aspectos, la estética, seguridad, operatividad y la necesidad eléctrica.

En general, una vez terminada la construcción de la cámara, se deberán comprobar que las obras civiles cumplan con el objetivo de alojar técnicamente los equipos eléctricos de acuerdo a las normas [6].

### 3.5.2.1 DIMENSIONES. (OBRA CIVIL)

*“Las dimensiones interiores mínimas de las cámaras de transformación con celdas de M.V de tres vías y tablero de distribución de BV para potencias de 250 hasta 800 kVA, se dan en el cuadro siguiente, en función del número de transformadores y del voltaje nominal que alimenta a la cámara”. [13]*

**Tabla 3.7.** Dimensiones de cámaras de transformación.

Numero de transformadores	Voltaje nominal de la línea de distribución en Medio Voltaje	Dimensiones mínimas (cm)		
		A	B	H
1	< 24 kV	420	540	300
2	< 24 kV	420	600	300

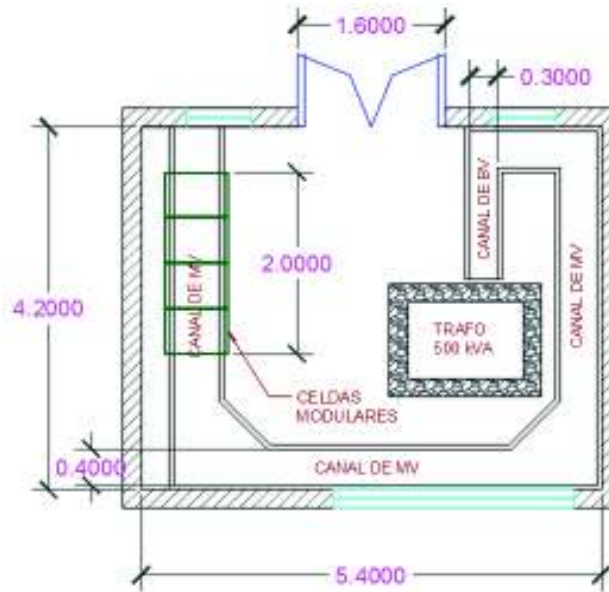
Como muestra la tabla y según el diseño las medidas para la construcción de la cámara de transformación serán de 420 cm de largo, 540cm de ancho y 300cm de altura. Todos los equipos que se instalarán al interior de la cámara de transformación serán de tipo sumergible, cumpliendo con la norma NEC Artículo 923-7b.

Para ayudar a la ventilación de la cámara eléctrica, se construirán ventanas y una puerta de acceso la cual tendrá rendijas para el ingreso o salida de aire en la parte superior e inferior de la misma.

La cámara contendrá canales perimetrales, las dimensiones de los canales serán de 0,4m a 0.5m de ancho y 0,6m de profundidad, en los cuales alojarán a los conductores de bajo y medio voltaje.

Se construirá alrededor del perímetro del transformador una zanja de hormigón de 25 cm de ancho x 40 cm de profundidad. Con la finalidad de evitar problemas ante un eventual derrame del aceite.

En la siguiente imagen se muestra el diseño de la cámara de transformación eléctrica.



**Figura 3.17.** Cámara de transformación.

### 3.5.2.2 OBRA ELÉCTRICA

La fábrica INVEDELCA, está servida con una red aérea trifásica de medio voltaje a 22.8 KV, la misma recorre al interior de la fábrica. La red primaria se encuentra ubicada a 44 metros de donde se construirá la cámara de transformación futura.

Se mantendrá la estructura ESV-3CP (Estructura para redes aéreas de distribución a 22,8kV GRDy/13,2kV, tres fases, centrada, pasante o tangente), para realizar la derivación de la acometida de medio voltaje a la cámara de transformación a construirse.

En esta estructura se instalará las siguientes protecciones:

- 3 seccionadores fusibles unipolares, tipo abierto, clase 27kV, 12kA, BIL = 150kV, 100A, con dispositivo rompearco, el cual nos permite aislar el paso de la corriente de la red principal.
- 3 Pararrayos clase distribución, óxido de metal, cuerpo polimérico, clase 17 kV, con desconectador, el cual estará debidamente aterrizado con el fin de proteger de perturbaciones en el sistema.

A continuación, se tenderá la acometida de medio voltaje subterránea la cual parte desde el seccionamiento, pasa a través de la canalización hasta llegar a la celda

ubicada en la cámara de transformación. Para determinar la sección del conductor que se utilizará en el proyecto se utiliza la siguiente fórmula:

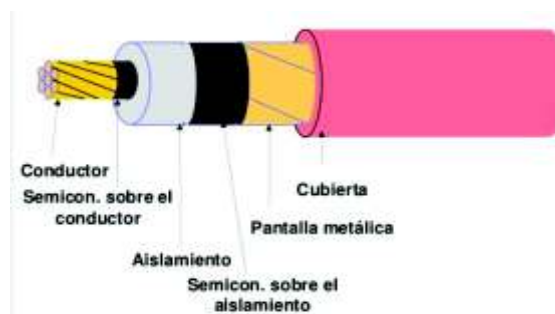
$$S = \sqrt{3}xVxI$$

$$I = \frac{500000}{22800x1.73}$$

$$I = 12.661 A$$

Como la corriente que debe soportar el conductor es relativamente baja por lo cual se podría instalar un cable de un calibre mínimo, pero existe la restricción dada por la norma de la Empresa Eléctrica Quito, la cual exige que el conductor mínimo que se debe instalar en acometidas subterránea de medio voltaje es 2/0 AWG de cobre.

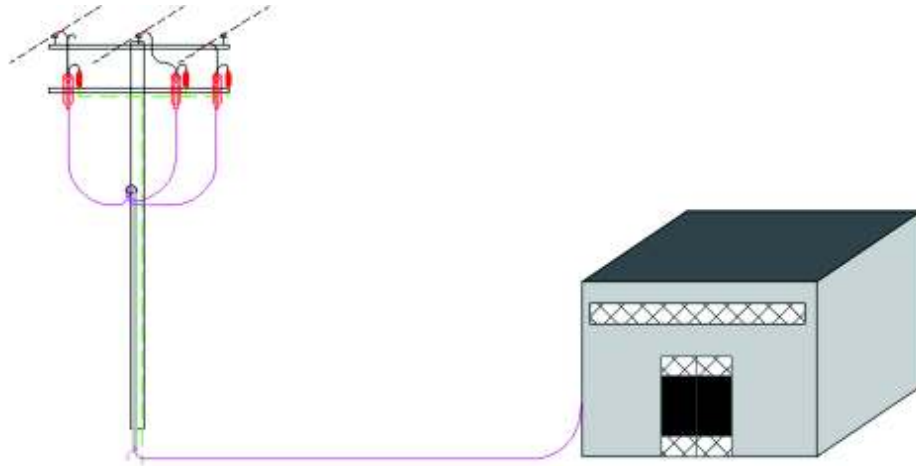
Por consiguiente, la acometida de medio voltaje será un cable de CU, cableado, 25 kV, XLPE, 2/0 AWG, 19 hilos, 100% NA, con la configuración 3 X 2/0 AWG para las fases + 1 X #2 CU desnudo para neutro.



**Figura 3.18** Cable de Medio Voltaje [8]

En el arranque de los cables, para poder conectar con el seccionador se instalará 3 puntas terminales para exterior contraíble en frío de 25 kV, para cable de cobre 2/0 AWG.

La estructura correspondiente para la interface de aéreo a subterráneo hacia la cámara de transformación se aprecia en la siguiente imagen:



**Figura 3.19.** Acometida de Medio Voltaje

En la cámara de transformación se instalarán 4 celdas de medio voltaje y un transformador.

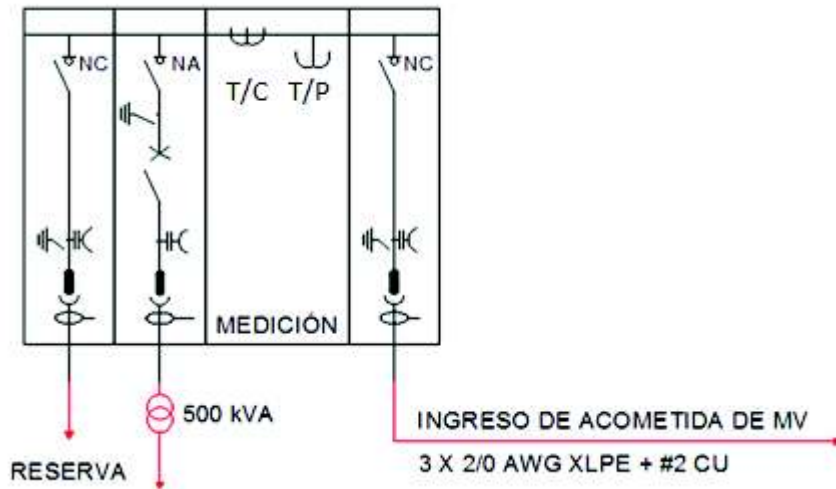
#### **Celdas.**

Las celdas tendrán la configuración LVML según el catálogo del fabricante. [14]

L: Celda modular de línea, equipada con un interruptor-seccionador de tres posiciones: cerrado, abierto o puesto a tierra. Se aplica para la entrada o salida de los cables de Media Tensión que permiten la comunicación con el embarrado principal del centro de transformación.

V: Celda modular de protección mediante interruptor automático, equipado con un interruptor automático de corte en vacío en serie con un interruptor-seccionador de tres posiciones. Sirve como protección general y protección de transformador, línea, batería de condensadores, así como maniobras de conexión o desconexión.

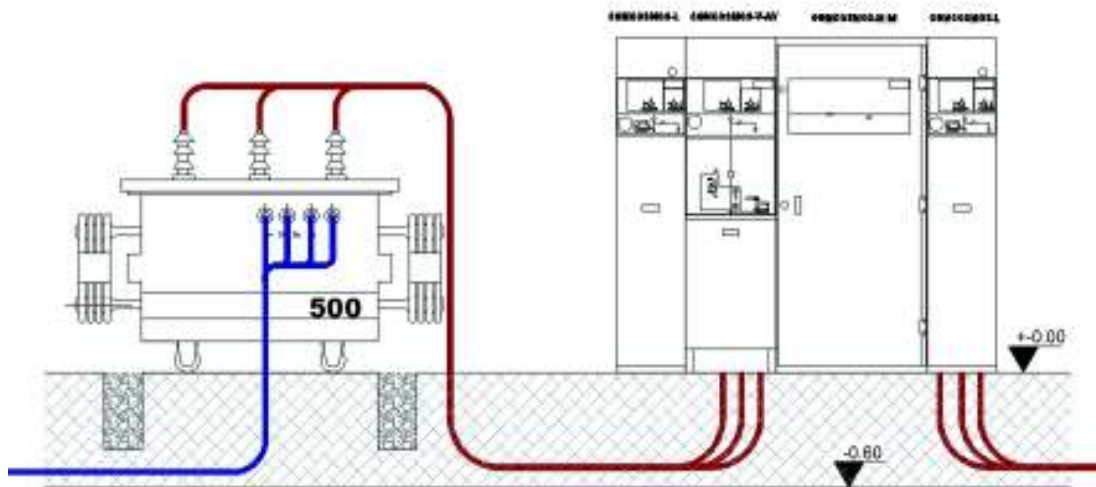
M: Celda modular de medida con aislamiento en aire. Sirve para alojamiento de transformadores de medida de tensión e intensidad, permitiendo comunicar con embarrado del centro de transformación, mediante barras o cables secos.



**Figura 3.20.** Diagrama unifilar de celdas

### Transformador.

El transformador será convencional trifásico de 500kVA, con 22.8kV DY5 en el primario y 220/127V en el secundario.



**Figura 3.21.** Diagrama de conexiones de Cámara de transformación.

El diseño del sistema de Medio Voltaje se puede apreciar en el ANEXO 9

### **3.6 SISTEMA DE PUESTA A TIERRA.**

El sistema de puesta a tierra es un conjunto de elementos que tienen como finalidad ser una medida de seguridad ante una falla en el sistema, esta falla puede presentarse en cualquier lugar de la instalación a su vez las partes metálicas se encuentran aterrizadas a este sistema el cual permite despejar de un manera segura las corrientes que se producen por el fallo. Para el diseño de puesta a tierra se toma como base las normas y estándares siguientes:

- IEEE Std. 80-2000, Esta normativa se usa para el diseño del sistema de puesta a tierra de centro de transformación de la planta.
- INEN IEC 60288, Este documento detalla las características de conductores de cobre, en nuestro caso el conductor de Cu desnudo usado para los anillos y la puesta a tierra de la planta.
- IEEE Std. 81, "Guide for Measuring Earth Resistivity, Ground Impedance, and Earth Surface Potentials of a Grounding System" En esta normativa se detalla el proceso a seguir para calcular la resistencia promedio del suelo.
- IEEE Std. 142, Recomendaciones prácticas para sistemas de tierra en industrias y locales comerciales.
- ITC-BT-18 Instalaciones de puesta a tierra, Es una guía para el diseño de puesta a tierra para edificios residenciales e industriales.

El diseño de una nueva cámara de transformación implica el diseño de una la malla de tierra para este sistema, esta será ubicada alado de la bodega acopio, con un área destinada de 13m x 8m mostrada en el ANEXO 10.

En los procesos de la planta se puede observar que existen dos grandes puntos de cargas concentrados en los sistemas de cámaras de cultivo de champiñones respectivamente, por lo cual se considera la instalación de dos sistemas de puesta a tierra perimetrales en cada galpón.

Los pararrayos se aterrizarán por medio de electrodos químicos, en base a las recomendaciones del fabricante, estos también serán conectados a sistema de puesta a tierra general del sistema.

### 3.6.1 DISEÑO DE PUESTA A TIERRA PARA CÁMARA DE TRASFORMACIÓN

Para el diseño de la puesta a tierra se considera un transformador de 500KVA, 22.8kV-220/110VAC, Zn=2.6%, TN-S. Con lo cual se procede a calcular los siguientes parámetros.

**Corriente en el secundario**, ( $I_{sec}$ ) Corriente suministrada en condiciones de operación nominales por el transformador en el devanado secundario.

$$I_{sec} = \frac{KVA * 1000}{\sqrt{3} * V}$$

Donde:

	Valor	Unidad	Descripción
KVA	500	KVA	potencia
V alta	22800	V	alto voltaje
V baja	220	V	bajo voltaje
Zn	2,68	%	impedancia

$$I_{sec} = \frac{500 * 1000}{\sqrt{3} * 220} = 1312.15 A$$

**Corriente cortocircuito simétrica máxima (ICC max)** Corriente entregada en condición de cortocircuito por el transformador sin componente DC. [15]

$$ICC_{max} = \frac{100\%}{Z_n} * I_{sec} \quad (3.3)$$

$$ICC_{max} = \frac{100\%}{2.68} * 1312.15A = 48961.18 A$$

El diseño de la malla de tierra tendrá que ser capaz de despejar esta corriente de cortocircuito, basados en la IEEE Std, 80. Para sistemas pequeños se asume que toda la corriente será absorbida por la malla.



**Corriente máxima de la malla (IG)**, Es la corriente máxima que podrá soportar la malla, para el cálculo de esta corriente, se hace un estimado de la corriente asimétrica en base al tipo de planta. [15]

$$I_G = D_f * I_g \quad (3.4)$$

Donde:

IG = Corriente máxima de la malla

Df = Factor de asimetría

Ig = Corriente simétrica

Para estimar el factor Df se usarán la siguiente tabla.

**Tabla 3.8.** Valores típicos de X/R para diferentes tipos de plantas. [16]

Tipo de circuito	Rango X/R
Generación remota a través de otros tipos de circuitos, como transformadores de 10 MVA o de una potencia menor, líneas de transmisión, alimentadores en distribución, etc.	15 o menos
Generación remota a través de otros tipos de circuitos, como transformadores de 10 MVA a 100 MVA, donde el transformador proporciona el 90% o más de la impedancia equivalente total para un punto de falla	15-40
Generación remota a través de otros tipos de circuitos, como transformadores 100 MVA o mayores, donde el transformador proporciona el 90% o más de la impedancia equivalente total para un punto de falla	30-50
Máquinas sincrónicas conectadas a transformadores entre 25 a 100 MVA	30-50
Máquinas sincrónicas conectadas a transformadores de 100 MVA o superiores	40-600
Máquinas sincrónicas conectadas directamente a la barra de un reactor	40-120

El factor X/R relaciona la reactancia con la resistencia en un sistema al generarse una falla, esta relación nos muestra que tan grande será la corriente asimétrica del sistema como por ejemplo al ser X muy grande con respecto a R significará que las corriente asimétrica más grande se dará cuando la tensión pase por cero.

Al ser la planta pequeña se usará un X/R menor que 15.

**Tabla 3.9.** Valores típicos de Df [15]

Fault duration, $t_f$		Decrement factor, $D_f$			
Seconds	Cycles at 60 Hz	$X/R = 10$	$X/R = 20$	$X/R = 30$	$X/R = 40$
0.008 33	0.5	1.576	1.648	1.675	1.688
0.05	3	1.232	1.378	1.462	1.515
0.10	6	1.125	1.232	1.316	1.378
0.20	12	1.064	1.125	1.181	1.232
0.30	18	1.043	1.085	1.125	1.163
0.40	24	1.033	1.064	1.095	1.125
0.50	30	1.026	1.052	1.077	1.101
0.75	45	1.018	1.035	1.052	1.068
1.00	60	1.013	1.026	1.039	1.052

El despeje de la falla se lo asume que se lo realizará en 60 ciclos.

Aplicando la fórmula [15]

$$I_G = 1.013 * 48961.18 A = 49597,67 A.$$

**Cálculo de la sección del conductor.**

Para el cálculo del conductor se usará la fórmula propuesta IEEE Std.80 Sección 15. Esta relaciona las propiedades del conductor como es la temperatura admisible, la duración de la falla, propias del material al ser usado: [15]

$$A_{mm2} = I x \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{TCAP x 10^{-4}}{t_c x a_r x \rho_r}\right) \cdot \ln\left(\frac{Ko + Tm}{Ko + Ta}\right)}} \quad (3.5)$$

Donde:

$I$  = corriente en kA

$A_{mm2}$  = sección del conductor en mm<sup>2</sup>

$Tm$  = temperatura máxima del conductor, °C

$Ta$  = temperatura ambiente, °C

$Ko$  = factor térmico °C

$t_c$  = tiempo de falla

$TCAP$  = capacidad térmica por unidad de volumen

**Tabla 3.10.** Constantes de material para Cu suave desnudo. [15]

Descripción	Conductividad del material	Coefficiente térmico de resistividad	Ko	Tm	pr	TCAP
	(%)		(°C)	(°C)	(uohm.cm)	(J/(cm3.°C))
CU suave	100,00	0,00393	234	1083	1,72	3,42

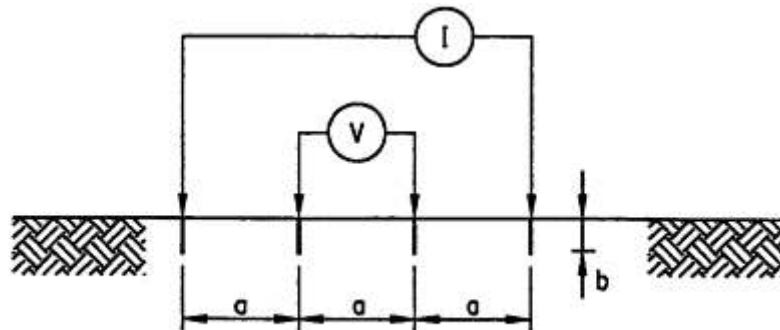
Aplicando la fórmula:

$$A_{mm^2} = 49597,67 \times \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{3.42 \times 10^{-4}}{0.1 \times 0.00393 \times 1.72}\right) \cdot \ln\left(\frac{234 + 1083}{234 + 30}\right)}} = 55.05 \text{ mm}^2$$

Usando la tabla de secciones de conductor INEN IEC 60288, se considera usar cable calibre 2/0 con una sección de 67.4 mm<sup>2</sup> de cobre electrolítico[19].

### Cálculo de la resistividad del suelo.

Para medir la resistividad del suelo se empleará un telurómetro de 4 picas con el método Wenner, este método consiste en insertar cuatro electrodos en línea recta con una misma profundidad y penetración, el valor de la resistividad del suelo dependerá de la distancia entre electrodos enterrados y las propiedades del suelo. [17]



**Figura 3.22.** Método Wenner con 4 picas [15] [17]

Como se observa en la figura por los electrodos de los extremos se inyecta una corriente y los electrodos de la mitad miden el voltaje, con lo cual se puede tener la relación V/I esta

relación es una resistencia aparente de terreno, posterior a esto se efectúa el cálculo con la ecuación de Wenner expresada a continuación: [15]

$$\rho = 2\pi aR \quad (3.6)$$

Donde:

a = distancia entre electrodos,

R= resistividad medida,

$\rho$  = resistividad del terreno,

Esta fórmula se usa cuando las dimensiones de la medición y en efecto la malla no son muy grandes. En el caso práctico se realizan varias mediciones del terreno para asegurar un valor confiable en el cálculo de la resistividad del terreno, en el estudio se realizó 4 mediciones, a tres diferentes distancias de electrodos. Para calcular la resistividad del terreno en el caso de que existan varias mediciones se usa el método estadístico Box-Cox.

### **Método estadístico Box-Cox**

Este método es usado en un distribución homogénea del terreno y nos muestra la probabilidad de que las mediciones coincidan en un 70% a lo real, en otras palabras busca un promedio entre todas las mediciones para que sean coherentes a la probabilidad asignada. [17]

El método consiste en:

- Calcular la resistividad aparente con la fórmula Wenner. (Columna 5)
- Calcular el logaritmo natural  $X_i$  de la resistividad del terreno (Columna 6)

$$X_i = \ln(\rho_i) \quad (3.7)$$

- Hallar la resistividad promedio (Columna 7)
- 

$$x = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} X_i}{n} \quad (3.8)$$

- Se calcula la desviación estándar S (columna 11)
- 

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{i=n} (X_i - x)^2}{n}} \quad (3.9)$$

**Tabla 3.12.** Cálculo desviación estándar.

Número de medición (1)	Ubicación Relativa (2)	Distancia entre electrodos (m)	Resistencia Medida ( $\Omega$ )	Resistividad del terreno ( $\Omega.m$ )	$X_i$	$x$	$(X_i-x)$	$(X_i-x)^2$	Sum( $X_i-x$ ) <sup>2</sup>	S
1	1	2	1,61	20,17	3,00	3,42	-0,42	0,17248124	0,60531548	0,77802023
2	1	4	2,31	58,13	4,06	4,12	-0,06	0,00325791	0,00886239	0,09414027
3	1	6	1,56	58,70	4,07	4,07	0,00	3,4537E-09	0,00015711	0,01253446
4	2	2	4,46	55,98	4,03	3,42	0,61	0,36674494		
5	2	4	2,21	55,64	4,02	4,12	-0,10	0,01016521		
6	2	6	1,58	59,38	4,08	4,07	0,01	0,00013348		
7	3	2	4,89	61,41	4,12	3,42	0,70	0,4874082		
8	3	4	2,70	67,86	4,22	4,12	0,10	0,00953128		
9	3	6	1,57	59,04	4,08	4,07	0,01	3,3901E-05		
10	4	2	1,00	12,57	2,53	3,42	-0,89	0,78931206		
11	4	4	2,60	65,37	4,18	4,12	0,06	0,00363277		
12	4	6	1,53	57,68	4,05	4,07	-0,02	0,00030396		

1) Se calcula la resistividad con una probabilidad del 70% con

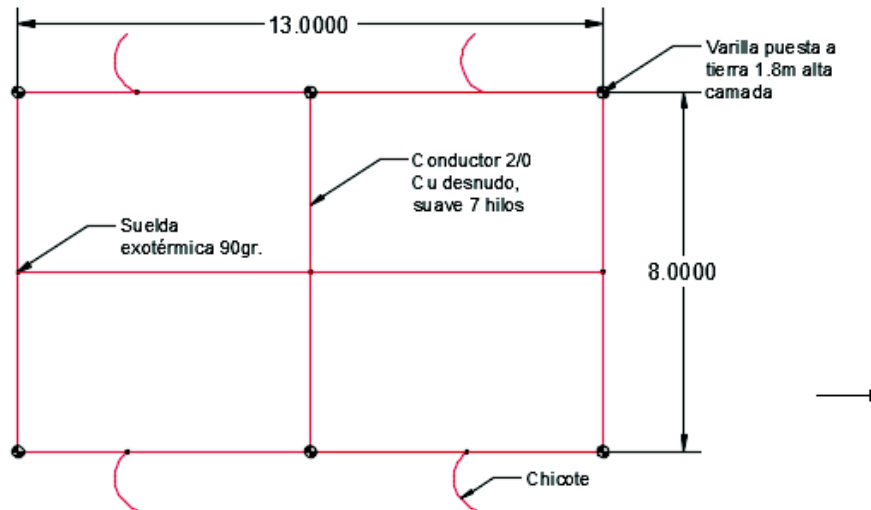
$$\rho = \text{Anti Ln}(S * Z + x) \quad (3.10)$$

	2 METROS	4 METROS	6 METROS		RESULTADOS
VALOR PROMEDIO	3,42	4,12	4,07	VALOR PRO.	56,56
DESVIACIÓN STND.(3)	0,7780	0,0941	0,0125	FACT. SEGU.	1,07
ln P = S.Z + X	45,9488222	64,6618573	59,0812126	RESIS.DISE	60,52

Dando como resultado una resistencia del terreno de 60.52 Ohm.

**Resistencia de la malla de tierra.**

Para sistemas de distribución pequeños, usualmente es aceptable un valor menor de 5 ohm [13] para la malla de tierra, esto también dependerá de las condiciones locales donde se emplace la malla, para el caso propuesto se realizará el diseño en una superficie de 8m de ancho por 13 metros de largo, dando un área de 104 metros cuadrados. Mostrados en la siguiente figura. [15]



**Figura 3.23.** Diseño de malla de tierra.

Para el cálculo de resistencia de la malla se usará la siguiente fórmula:

$$R_g = \rho \left[ \frac{1}{LT} + \frac{1}{\sqrt{20A}} \left( 1 + \frac{1}{1 + h\sqrt{20/A}} \right) \right] \quad (3.11)$$

Donde:

$R_g$  = resistencia de la malla a tierra

$\rho$  = resistencia del suelo promedio

$LT$  = longitud de la malla a tierra

$A$  = Área total de la malla a tierra

$h$  = profundidad de la malla a tierra

Tomando el ancho y largo de la malla se calcula la longitud total de la malla:

$$LT = 13 \times 3 + 8 \times 3 = 63 \text{ m}$$

Reemplazando.

$$R_g = 60.52 \left[ \frac{1}{63} + \frac{1}{\sqrt{20 * 104}} \left( 1 + \frac{1}{1 + 0.6\sqrt{20/104}} \right) \right] = 3.34 \text{ Ohm}$$

### Diseño del sistema de tierra perimetral

El sistema perimetral de tierra se usa al tener concentración de cargas en edificios y es un respaldo para el sistema de tierra general, para el diseño se considerará un calibre de cable

2/0 Cu desnudo de 7 hilos suave, además la resistencia de este sistema deberá ser similar al sistema de tierra general para evitar diferencia de potenciales. Si el sistema de tierra perimetral cuenta con un sistema de pararrayos este deberá tener una resistencia menor de 15 ohm para aterrizar de una manera eficiente en caso de una descarga atmosférica. Estos parámetros y la metodología a seguir para su diseño se realiza en base a la norma ITC-BT-18, Instalaciones a puesta a tierra para edificios y locales comerciales. [20]

Para el diseño se deberá considerar la resistencia del suelo y el tipo de instalación de tierra a instalarse. En la siguiente tabla se muestra la resistencia típica con respecto a la naturaleza del terreno:

**Tabla 3.12** Resistividad del terreno con respecto a su naturaleza [20]

<b>Naturaleza terreno</b>	<b>Resistividad en Ohm.m</b>
Terrenos pantanosos	de algunas unidades a 30
Limo	20 a 100
Humus	10 a 150
Turba húmeda	5 a 100
Arcilla plástica	50
Margas y Arcillas compactas	100 a 200
Margas del Jurásico	30 a 40
Arena arcillosas	50 a 600
Arena silícea	200 a 3.000
Suelo pedregoso cubierto de césped	300 a 5.00
Suelo pedregoso desnudo	1500 a 3.000
Calizas blandas	100 a 300
Calizas compactas	1.000 a 5.000
Calizas agrietadas	500 a 1.000
Pizarras	50 a 300
Roca de mica y cuarzo	800
Granitos y gres procedente de alteración	1.500 a 10.000
Granito y gres muy alterado	100 a 600

Fórmulas para estimar la resistencia de tierra en función de la resistividad del terreno y las características del electrodo:

**Tabla 3.13.** Resistencia según el electrodo a usar. [20]

Electrodo	Resistencia de Tierra en Ohm
Pica vertical	$R_p = \rho / L$
Conductor enterrado horizontalmente	$R_c = 2 \rho / L$
$\rho$ , resistividad del terreno (Ohm.m)	
L, longitud de la pica o del conductor (m)	

El diseño consta de dos sistemas de puesta a tierra para los dos bloques de cámaras de cultivo del champiñón. La metodología a seguir para el diseño de cada una de las mallas de tierra, tiene como un primer factor la longitud de la malla de tierra, calculando la resistencia de la malla formada por el cable, si fuera el caso de que la resistencia de la malla de tierra tuviese un valor superior al esperado se calculará el número de varillas necesarias para que la resistencia del malla de tierra sea el óptimo. En base a la siguiente fórmula que muestra que las picas y el conductor están en paralelo con respecto a la tierra: [23]

$$\frac{1}{R_t} = \frac{1}{R_c} + \frac{1}{R_p} \quad (3.11)$$

Donde:

$R_t$  = Resistencia de la malla de tierra

$R_c$  = Resistencia el conductor

$R_p$  = Resistencia de las picas o varillas.

Datos.

Cámaras 9-14			Cámaras 1-5		
h	100	m	h	68	m
a	23	m	a	23	m
L	246	m	L	199,7	m

Resistencia del suelo

Arena arcillosa      600 ohm.m

Donde:

h: ancho metros,

a: altura metros,

L: longitud de la malla

**Cámaras 9-14:**

$$\frac{1}{R_t} = \frac{1}{2 r / L}$$



$$\frac{1}{Rt} = \frac{1}{2 * 600 / 246}$$

$$Rt = 4.87 \text{ Ohm}$$

Con el conductor enterrado es suficiente para conseguir una resistencia de malla menor a 5 ohm. Para el caso de las cámaras 9-14.

**Cámaras 1-5:**

$$\frac{1}{Rt} = \frac{1}{2 r/L} + \frac{1}{Rp}$$

Donde:

Rt= 5 Ohm, resistencia estimada de sistema de tierra.

$$\frac{1}{5} = \frac{1}{2 * 600/199.7} + \frac{1}{Rp}$$

$$Rp = 29.77 \text{ ohm}$$

$$Rp = \frac{r}{n.L}$$

Donde:

N: número de picas

$$29.77 \text{ ohm} = \frac{600 \text{ ohm.m}}{n * 1.8m}$$

$$n = 12 \text{ picas}$$

Para la malla de la cámara 1-5 se usará 12 picas adicional al cable perimetral, con esto se logrará una resistencia inferior a 5 ohm. El diseño esta anexado en el ANEXO 10

### **3.7 SISTEMA DE PROTECCIÓN CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS**

El sistema de protección sirve principalmente para aterrizar de una forma eficiente y directa las descargas atmosféricas dirigiéndolas a tierra. Las descargas atmosféricas causan interferencia en los equipos sensibles y en algunos casos voltajes peligrosos en las estructuras que son impactadas, de ahí nace la necesidad de este sistema de protección. La norma que se adoptará para el diseño del sistema es Norma Española Une 21186 [21]. Esta norma es aplicable a estructuras con una altura inferior a 60m y áreas abiertas.



La superficie de captura ( $A_e$ ), se define como el área sobre el suelo que tiene la misma probabilidad anual de recibir el impacto de un rayo, en el diseño se utilizarán tres pararrayos ubicados la bodega vagazo y en los dos bloques de cámaras de cosecha respectivamente.

$$A_e = L \cdot I + 6H(L + 1) + 9\pi H^2 \quad (3.14)$$

Donde:

L, Longitud(m)

I, ancho(m)

H, altura(m)

El coeficiente relacionado con el terreno (C1), este dado por la siguiente tabla:

**Tabla 3.14** Coeficiente C1

Situación relativa a la estructura	C1
Estructura situada en un espacio donde hay otras estructuras o árboles de la misma altura o más altos	0,5
Estructura rodeada de estructuras más bajas	0,75
Estructuras Aisladas	1
Estructura aislada situada sobre una colina o promontorio	2

Dando como resultados la siguiente tabla:

**Tabla 3.15.** Frecuencia de impactos de rayos

Bloque de cámaras 1			Bloque de cámaras 2			Bodega de Vagaso		
L	100	m	L	65	m	L	82	m
I	20	m	I	20	m	I	28	m
H	4	m	H	4	m	H	8	m
Ae1	4876,3904	m2	Ae2	3336,3904	m2	Ae2	8089,5616	m2
C1	0,5		C1	0,5		C1	0,75	
Nd	0,0048		Nd	0,0033		Nd	0,0120	

### 3.7.2 FRECUENCIA ACEPTABLE DE RAYOS (NC) SOBRE UNA ESTRUCTURA.

Este valor se lo calcula a través del análisis de riesgo de daños a con los factores apropiados usados en la fórmula:

$$Nc = \frac{3 \cdot 10^{-3}}{C} \quad (3.15)$$

$$C = C2 \cdot C3 \cdot C4 \cdot C5 \quad (3.16)$$

Donde:

**Tabla 3.16.** coeficiente de estructura C2

	METAL	Común	Inflamable
Metal	0,5	1	2
Común	1	1	2,5
Inflamable	2	2,5	3

**Tabla 3.17.** Contenido de estructura C3

Sin valor o no inflamable	0,5
Valor Común o normalmente inflamable	2
Gran valor o particularmente inflamable	5

**Tabla 3.18.** Ocupación de estructura C4

no ocupada	0,5
ocupada normalmente	3
de difícil evacuación o riesgo de pánico	7

**Tabla 3.19.** consecuencia sobre el entorno C5

sin necesidad de continuidad en el servicio y alguna consecuencia sobre el entorno	1
necesidad de continuidad en el servicio y alguna consecuencia en el entorno	5
consecuencia para el entorno	10

Resultados:

**Tabla 3.20.** Resultados de frecuencia aceptable de rayos.

Bloque de cámaras 1		Bloque de cámaras 2		Bodega de Vagaso	
C2	1	C2	1	C2	2,5
C3	2	C3	2	C3	2
C4	3	C4	3	C4	3
C5	1	C5	1	C5	1

C	6	C	6	C	15
Nc	0,00005	Nc	0,00005	Nc	0,00002

### 3.7.3 MÉTODO DE SELECCIÓN DEL NIVEL DE PROTECCIÓN.

En base a la norma si la frecuencia aceptable de rayos ( $N_c$ ) es mayor a la frecuencia de impactos ( $N_d$ ), es recomendable poner un sistema de pararrayos, el cual debe ser elegido según su nivel de protección, para lo cual se usará la siguiente fórmula:

Eficiencia calculada.

$$E = 1 - \frac{N_c}{N_d} \quad (3.17)$$

Resultados.

E1	0,9896429	E2	0,9848624	E2	0,9983351
----	-----------	----	-----------	----	-----------

Usando la siguiente tabla se determinará el nivel de protección del pararrayos.

**Tabla 3.21.** Nivel de protección de pararrayos.

Eficiencia Calculada	Nivel de protección	I(kA)	D(m)
$E > 0,98$	Nivel I + medidas complementarias	-	-
$0,95 < E < 0,98$	Nivel II	2,8	20
$0,80 < E < 0,95$	Nivel III	9,5	45
$0 < E < 0,95$	Nivel IV	14,7	60

Se usarán pararrayos Nivel I, con un radio de cobertura de 68m, instalados en una torre de 12 m de alto con respecto al plano en el ANEXO 10

### 3.7.4 MEDIDAS COMPLEMENTARIAS.

El pararrayos será ionizante, por ofrecer resistencia al paso de la descarga y mantener sus características después del despeje del rayo.

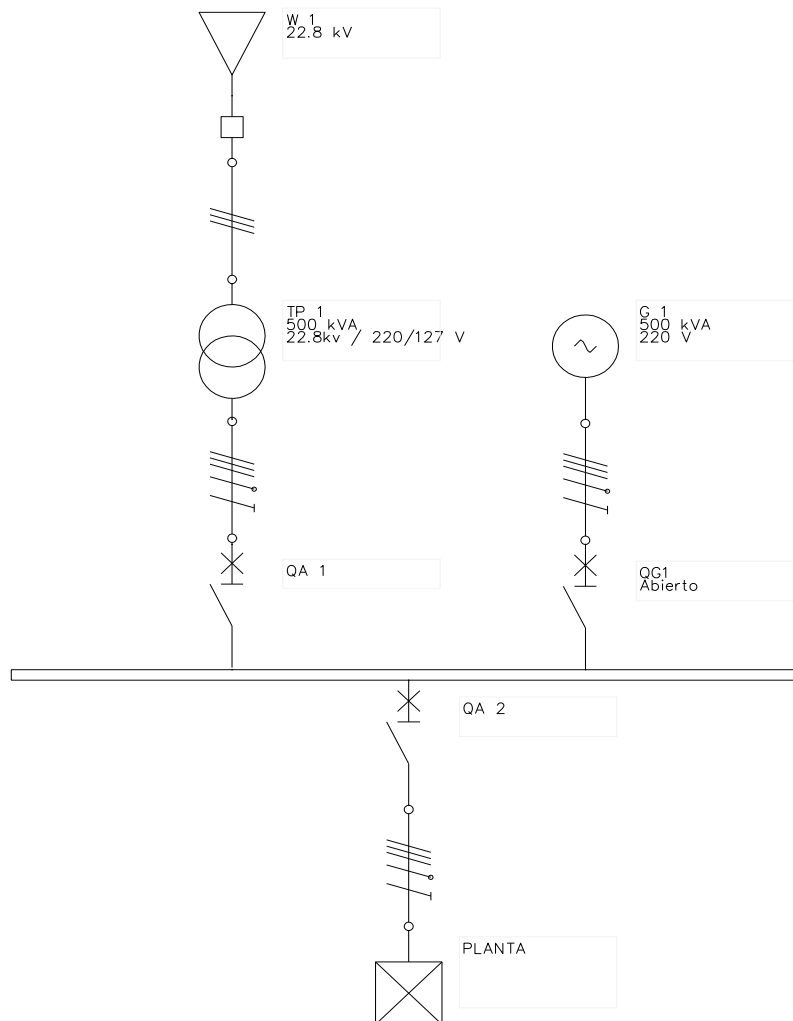
El pararrayos será aterrizado a tierra por medio de un electrodo químico ayudando a mejorar el contacto directo con la tierra.

Se usará mejoramiento en el suelo para reducir la resistencia de tierra.

## 3.8 GENERADOR ELÉCTRICO

La continuidad del suministro eléctrico en la planta es un factor de mucha importancia ya que existen procesos delicados que en el caso de no contar con energía eléctrica pueden dañar el producto, es el caso de la cámaras de cosecha que requieren una temperatura controlada para una buena producción de los champiñones, esto también se hace presente en el proceso de la enlatadora y las cámaras de refrigeración, por cual la fuente de energía

requiere de un doble suministro siendo la red pública y un generador. Adicional a esto debe contar con un tablero de transferencia que sea capaz de controlarlos en caso de una perturbación en forma automática.



**Figura 3.25.** Diagrama de conexión del generador.

El generador también entrará en funcionamiento cuando la tensión de la red de distribución descienda del 70 % para salvaguardar daños causados en la maquinaria.

### 3.8.1 GENERALIDADES DE EQUIPOS ELECTRÓGENOS.

Un equipo electrógeno se denomina a la maquinaria que contenga energía cinética, para el caso de la planta es el generador, ya que este dispone de un motor a combustión diésel, este se diseña en base a la potencia necesaria para solventar toda la carga de la planta. En el caso de la empresa es de 487.11 kVA, la eficiencia de los generados depende de la altura y la presión atmosférica a una altura de 2800 metros en la ciudad de Quito, la eficiencia disminuye alrededor de 10%, con lo que se necesitará un generador de 535.82

kVA, en el mercado se encuentra de 500 kVA como estandar. Para su instalación se deberán seguir algunos parámetros básicos para su buen funcionamiento.

- Debe contar con un sistema en un tablero de transferencia que garantice el uso apropiado del generador en condiciones que no deterioren su vida útil.
- Se debe instalar en un lugar apropiado, que solo permita el acceso a personas calificadas para su revisión o mantenimiento.
- Este emplazamiento debe contar con ventilación capaz de prevenir la propagación de gases de combustión generados en los procesos internos del motor a combustión.

### **3.8.2 ESPECIFICACIONES PRINCIPALES.**

#### **Cortes.**

El proceso si bien es sensible al deterioro de sus productos, si la energía falla, el tiempo en el que el generador debe entrar a funcionar es de 10 min después del corte de energía, tiempo suficiente para salvaguardar los procesos principales.

#### **Autonomía.**

El generador deberá entrar en funcionamiento de una manera automática, en el caso de mantenimiento también deberá contar con un historial de su actividad. El generador podrá trabajar hasta un máximo de 12 horas, a partir del fallo. Con una vida útil que varía de entre 5-10 años.

## **3.9 TABLERO DE TRANSFERENCIA AUTOMÁTICO**

Los tableros de transferencia se encargan de gestionar el control entre el generador y la red en caso de una falla de alimentación y el restablecimiento de este. Sus principales características son:

- Gestión de alimentadores.
- Regulación.
- Permutación de Seguridad.

Para seleccionar un tablero de transferencia se deben seguir los siguientes pasos:

1) Interruptor.

Características eléctricas tanto del generador como el transformador, y sus protecciones previamente seleccionadas, en este caso para una potencia de 500 kVA y 220 VAC.

2) Interclavamiento mecánico.

Es el juego de contactores capaces de soportar la carga instalada y compatible con el sistema de control, adicional a esto deben estar conectados con un bloqueo de contactos entre sí.

### 3) Interclavamiento electrónico.

Terminal que permite las conexiones, tanto para la operación manual del tablero y automática de este.

### 4) Automatismo.

Procesador capaz de registrar la ausencia y presencia de tensión en los terminales de los contactores, definir estados de operación y mantenimiento automático del generador.



## CAPÍTULO 4

### 4. PRESUPUESTO ECONÓMICO

#### 4.1 ANÁLISIS TÉCNICO-ECONÓMICO PRESUPUESTO DE DISEÑO

El presupuesto que se mostrará a continuación es el necesario para llevar a cabo la construcción eléctrica global del rediseño de la planta INVEDELCA S.A. Los costos que implica esta implementación, se detallan a continuación, en cada uno de los bloques.

**Tabla 4.1** Administración

ZONA		ADMINISTRACIÓN, TD-1		
ELEMENTO	ESPECIFICACIÓN	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
TOMA CORRIENTE	MONOFÁSICO 10 A	14,00	5,30	74,20
LUMINARIA	51 W	67,00	65,00	4355,00
CONDUCTOR	12 AWG THHN	222,00	0,35	77,70
CONDUCTOR	6 AWG THHN	510,00	1,60	816,00
TABLERO DISTRIB.	40 x 50 X 30	1,00	35,00	35,00
BREAKERS	1P -120V	3,00	8,00	24,00
BREAKERS	2P-220V	3,00	18,00	54,00
			TOTAL	5435,9

**Tabla 4.2** Oficina de bodega

ZONA		OFICINA BODEGA, TD-2		
ELEMENTO	ESPECIFICACIÓN	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
TOMA CORRIENTE	MONOFÁSICO 10 A	11,00	5,30	58,30
LUMINARIA	86 W	25,00	80,00	2000,00
CONDUCTOR	12 AWG THHN	280,00	0,35	98,00
TABLERO DISTRIB.	40 x 50 x 30	1,00	35,00	35,00
BREAKERS	1P -120V	2,00	8,00	16,00
BREAKERS	2P-220V	2,00	18,00	36,00
			TOTAL	2243,3

**Tabla 4.3 Bodega principal**

ZONA BODEGA PRINCIPAL, TD-3				
ELEMENTO	ESPECIFICACIÓN	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
TOMA CORRIENTE	MONOFÁSICO 10 A	20,00	5,30	106,00
TOMA CORRIENTE	TRIFÁSICO 50 A	5,00	52,00	260,00
LUMINARIA	266 W	35,00	105,00	3675,00
CONDUCTOR	12 AWG THHN	526,00	0,35	184,10
CONDUCTOR	6 AWG THHN	526,00	1,50	789,00
CONDUCTOR	2 AWG THHN	1200,00	2,30	2760,00
TABLERO DISTRIB.	100 x 80 x 40	1,00	180,00	180,00
BREAKERS	1P -120V	4,00	8,00	32,00
BREAKERS	2P-220V	3,00	18,00	54,00
BREAKERS	3P-360V	2,00	75,00	150,00
TOTAL				8190,10

**Tabla 4.4 Bodega**

ZONA BODEGA, TD-4				
ELEMENTO	ESPECIFICACIÓN	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
TOMA CORRIENTE	MONOFÁSICO 10 A	11,00	5,30	58,30
TOMA CORRIENTE	TRIFÁSICO 50 A			0,00
LUMINARIA	86 W	25,00	80,00	2000,00
CONDUCTOR	12 AWG THHN	314,00	0,35	109,90
TABLERO DISTRIB.	40 x 50 x 30	1,00	75,00	75,00
BREAKERS	1P -120V	2,00	8,00	16,00
BREAKERS	2P-220V	2,00	18,00	36,00
TOTAL				2295,20

**Tabla 4.5 Enlatadora**

ZONA ENLATADORA, TD-5				
ELEMENTO	ESPECIFICACIÓN	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
TOMA CORRIENTE	MONOFÁSICO 10 A	2,00	5,30	10,60
TOMA CORRIENTE	TRIFÁSICO 50 A	10,00	52,00	520,00
LUMINARIA	266 W	30,00	105,00	3150,00
CONDUCTOR	12 AWG THHN	44,00	0,35	15,40
CONDUCTOR	4 AWG THHN	792,00	1,80	1425,60
CONDUCTOR	2 AWG THHN	480,00	2,30	1104,00
TABLERO DISTRIB.	100 x 80 x40	1,00	75,00	75,00
BREAKERS	1P -120V	1,00	8,00	8,00

BREAKERS	2P-220V	2,00	18,00	36,00
BREAKERS	3P-360V	7,00	52,00	364,00
			TOTAL	6708,60

**Tabla 4.6 Oficina enlatadora**

ZONA	OFICINA ENLATADORA, TD-6
------	--------------------------

ELEMENTO	ESPECIFICACIÓN	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
TOMA CORRIENTE	MONOFÁSICO 10 A	17,00	5,30	90,10
LUMINARIA	51 W	38,00	65,00	2470,00
CONDUCTOR	12 AWG THHN	210,00	0,35	73,50
CONDUCTOR	8 AWG THHN	300,00	0,95	285,00
TABLERO DISTRIB.	40 x 50 x 30	1,00	35,00	35,00
BREAKERS	1P -120V	3,00	8,00	24,00
BREAKERS	2P-220V	3,00	18,00	54,00
			TOTAL	3031,60

**Tabla 4.7 Poscosecha y producción**

ZONA	POSCOSECHA Y PRODUCCIÓN, TD-7
------	-------------------------------

ELEMENTO	ESPECIFICACIÓN	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
TOMA CORRIENTE	MONOFÁSICO 10 A	14,00	5,30	74,20
TOMA CORRIENTE	TRIFÁSICO 50 A	2,00	52,00	104,00
LUMINARIA	86 W	24,00	80,00	1920,00
CONDUCTOR	12 AWG THHN	280,00	0,35	98,00
CONDUCTOR	6 AWG THHN	600,00	1,60	960,00
TABLERO DISTRIB.	40 x 50 x 30	1,00	85,00	85,00
BREAKERS	1P -120V	3,00	8,00	24,00
BREAKERS	2P-220V	4,00	18,00	72,00
			TOTAL	3337,20

**Tabla 4.8 Cámaras ala norte**

ZONA	CÁMARAS ALA NORTE, TD-8
------	-------------------------

ELEMENTO	ESPECIFICACIÓN	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
TOMA CORRIENTE	MONOFÁSICO 10 A	10,00	5,30	53,00
TOMA CORRIENTE	TRIFÁSICO 50 A	10,00	52,00	520,00
CONDUCTOR	12 AWG THHN	444,00	0,35	155,40
CONDUCTOR	8 AWG THHN	192,00	0,95	182,40

TABLERO DISTRIB.	100 x 80 x 40	6,00	85,00	510,00
BREAKERS	1P -120V	5,00	8,00	40,00
BREAKERS	3P-360V	16,00	35,00	560,00
			TOTAL	2020,80

**Tabla 4.9 Cámaras ala norte**

ZONA	CÁMARAS ALA NORTE, TD-9
------	-------------------------

ELEMENTO	ESPECIFICACIÓN	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
TOMA CORRIENTE	MONOFÁSICO 10 A	5,00	5,30	26,50
TOMA CORRIENTE	TRIFÁSICO 50 A	10,00	52,00	520,00
LUMINARIA	86 W	5,00	80,00	400,00
CONDUCTOR	12 AWG THHN	300,00	0,35	105,00
CONDUCTOR	8 AWG THHN	411,00	0,95	390,45
TABLERO DISTRIB.	100 x 80 x 40	6,00	50,00	300,00
BREAKERS	1P -120V	5,00	8,00	40,00
BREAKERS	2P-220V	0,00	18,00	0,00
BREAKERS	3P-360V	16,00	35,00	560,00
			TOTAL	2341,95

**Tabla 4.10 Oficina taller**

ZONA	OFICINA TALLER, TD-10
------	-----------------------

ELEMENTO	ESPECIFICACIÓN	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
TOMA CORRIENTE	MONOFÁSICO 10 A	5,00	5,30	26,50
TOMA CORRIENTE	TRIFÁSICO 50 A	10,00	52,00	520,00
LUMINARIA	266 W	16,00	105,00	1680,00
CONDUCTOR	12 AWG THHN	100,00	0,35	35,00
CONDUCTOR	2 AWG THHN	640,00	2,30	1472,00
TABLERO DISTRIB.	40 x 50 x 30	1,00	85,00	85,00
BREAKERS	1P -120V	2,00	8,00	16,00
BREAKERS	2P-220V	1,00	18,00	18,00
			TOTAL	3852,50

**Tabla 4.11 Taller mecánico**

ZONA	TALLER MECÁNICO, TD-11
------	------------------------

ELEMENTO	ESPECIFICACIÓN	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
TOMA CORRIENTE	MONOFÁSICO 10 A	17,00	5,30	90,10
TOMA CORRIENTE	TRIFÁSICO 50 A	3,00	52,00	156,00
LUMINARIA	266 W	45,00	105,00	4725,00

CONDUCTOR	12 AWG THHN	50,00	0,35	17,50
CONDUCTOR	8 AWG THHN	365,00	0,95	346,75
CONDUCTOR	6 AWG THHN	195,00	1,60	312,00
CONDUCTOR	2 AWG THHN	900,00	2,30	2070,00
TABLERO DISTRIB.	100 x 80 x 40	1,00	95,00	95,00
BREAKERS	1P -120V	3,00	8,00	24,00
BREAKERS	3P-360V	5,00	35,00	175,00
<b>TOTAL</b>				<b>8011,35</b>

**Tabla 4.12 Cámaras ala sur**

<b>ZONA CÁMARAS ALA SUR, TD-12</b>				
ELEMENTO	ESPECIFICACIÓN	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
TOMA CORRIENTE	MONOFÁSICO 10 A	18,00	5,30	95,40
TOMA CORRIENTE	TRIFÁSICO 50 A	18,00	52,00	936,00
CONDUCTOR	12 AWG THHN	180,00	0,35	63,00
CONDUCTOR	8 AWG THHN	180,00	0,95	171,00
CONDUCTOR	6 AWG THHN	180,00	1,60	288,00
CONDUCTOR	1/0 AWG THHN	732,00	2,95	2159,40
TABLERO DISTRIB.	100 x 80 x 40	10,00	95,00	950,00
BREAKERS	1P -120V	9,00	8,00	72,00
BREAKERS	3P-360V	27,00	35,00	945,00
<b>TOTAL</b>				<b>5679,80</b>

**Tabla 4.13 Cámaras ala sur**

<b>ZONA CÁMARAS ALA SUR, TD-13</b>				
ELEMENTO	ESPECIFICACIÓN	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
TOMA CORRIENTE	MONOFÁSICO 10 A	18,00	5,30	95,40
TOMA CORRIENTE	TRIFÁSICO 50 A	9,00	52,00	468,00
LUMINARIA	86 W	9,00	80,00	720,00
CONDUCTOR	12 AWG THHN	90,00	0,35	31,50
CONDUCTOR	8 AWG THHN	1002,00	0,95	951,90
TABLERO DISTRIB.	100 x 80 x 40	10,00	95,00	950,00
BREAKERS	1P -120V	9,00	8,00	72,00
BREAKERS	2P-220V	1,00	18,00	18,00
BREAKERS	3P-360V	18,00	35,00	630,00
<b>TOTAL</b>				<b>3936,80</b>

**Tabla 4.14 Bodega de acópio**

ZONA BODEGA DE ACOPIO, TD-14				
ELEMENTO	ESPECIFICACIÓN	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
TOMA CORRIENTE	MONOFÁSICO 10 A	23,00	5,30	121,90
TOMA CORRIENTE	TRIFÁSICO 50 A	6,00	52,00	312,00
LUMINARIA	266 W	45,00	105,00	4725,00
LUMINARIA	86 W	11,00	80,00	880,00
CONDUCTOR	12 AWG THHN	220,00	0,35	77,00
CONDUCTOR	8 AWG THHN	1146,00	0,95	1088,70
CONDUCTOR	2 AWG THHN	960,00	2,30	2208,00
TABLERO DISTRIB.	100 x 80 x 40	1,00	95,00	95,00
BREAKERS	1P -120V	4,00	8,00	32,00
BREAKERS	2P-220V	3,00	18,00	54,00
BREAKERS	3P-360V	2,00	35,00	70,00
			TOTAL	9663,60

**Tabla 4.15 Comedor**

ZONA COMEDOR, TD-19				
ELEMENTO	ESPECIFICACIÓN	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
TOMA CORRIENTE	MONOFÁSICO 10 A	18,00	5,30	95,40
LUMINARIA	266 W	42,00	105,00	4410,00
CONDUCTOR	12 AWG THHN	82,00	0,35	28,70
CONDUCTOR	6 AWG THHN	42,00	1,60	67,20
TABLERO DISTRIB.	40 x 50 x 30	1,00	85,00	85,00
BREAKERS	1P -120V	3,00	8,00	24,00
BREAKERS	2P-220V	1,00	18,00	18,00
			TOTAL	4728,30

**Tabla 4.16 Reservorio**

ZONA RESERVORIO, TD-21				
ELEMENTO	ESPECIFICACIÓN	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
TOMA CORRIENTE	TRIFÁSICO 50 A	4,00	52,00	208,00
CONDUCTOR	12 AWG THHN	180,00	0,35	63,00
TABLERO DISTRIB.	100 x 80 x 40	1,00	75,00	75,00
BREAKERS	3P-360V	4,00	35,00	140,00
			TOTAL	486

**Tabla 4.17 Laboratorio**

ZONA LABORATORIO, TD-22				
ELEMENTO	ESPECIFICACIÓN	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
TOMA CORRIENTE	MONOFÁSICO 10 A	15,00	5,30	79,50
LUMINARIA	86 W	20,00	80,00	1600,00
CONDUCTOR	12 AWG THHN	272,00	0,35	95,20
TABLERO DISTRIB.	40 x 50 x 30	1,00	55,00	55,00
BREAKERS	1P -120V	2,00	8,00	16,00
BREAKERS	2P-220V	2,00	18,00	36,00
TOTAL				1881,70

**Tabla 4.18 Laboratorio**

ZONA LABORATORIO, TD-23				
ELEMENTO	ESPECIFICACIÓN	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
TOMA CORRIENTE	TRIFÁSICO 50 A	4,00	52,00	208,00
CONDUCTOR	8 AWG THHN	30,00	0,95	28,50
CONDUCTOR	6 AWG THHN	30,00	1,60	48,00
TABLERO DISTRIB.	100 x 80 x 40	1,00	75,00	75,00
BREAKERS	1P -120V	0,00		0,00
BREAKERS	3P-360V	4,00	35,00	140,00
TOTAL				499,50

**Tabla 4.19 Viviendas**

ZONA VIVIENDAS, TD-24				
ELEMENTO	ESPECIFICACIÓN	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
TOMA CORRIENTE	MONOFÁSICO 10 A	50,00	5,30	265,00
LUMINARIA	266 W	60,00	105,00	6300,00
CONDUCTOR	12 AWG THHN	480,00	0,35	168,00
CONDUCTOR	6 AWG THHN	42,00	1,60	67,20
TABLERO DISTRIB.	100 x 80 x 40	6,00	75,00	450,00
BREAKERS	1P -120V	8,00	8,00	64,00
BREAKERS	2P-220V	8,00	18,00	144,00
BREAKERS	3P-360V	4,00	35,00	140,00
TOTAL				7598,20

**Tabla 4.20** Cámara de transformación

ZONA CÁMARA DE TRANSFORMACION				
ELEMENTO	ESPECIFICACIÓN	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
CONDUCTOR	8 WAG THHN	711,00	0,95	675,45
CONDUCTOR	4 AWG THHN	2010,00	1,80	3618,00
CONDUCTOR	2 AWG THHN	1446,00	2,30	3325,80
CONDUCTOR	1/0 AWG THHN	450,00	2,95	1327,50
CONDUCTOR	2/0 AWG THHN	435,00	3,15	1370,25
CONDUCTOR	500 MCM THHN	315,00	8,10	2551,50
TABLERO DISTRIB.	200 x 130 x 150	1,00	135,00	135,00
DISYUNTOR 10 A	TRIPOLAR	1,00	38,00	38,00
DISYUNTOR 20 A	TRIPOLAR	5,00	58,00	290,00
DISYUNTOR 25 A	TRIPOLAR	2,00	58,00	116,00
DISYUNTOR 50 A	TRIPOLAR	6,00	61,00	366,00
DISYUNTOR 125 A	TRIPOLAR	2,00	138,00	276,00
DISYUNTOR 175 A	TRIPOLAR	3,00	163,00	489,00
DISYUNTOR 1600A	TRIPOLAR	2,00	3400,00	6800,00
CELDA SECCIONADOR	SF6-25kV-80A	2,00	6450,00	12900,00
CELDA INTERRUPTOR	SF6-25kV-40A	1,00	8100,00	8100,00
CELDA MEDICIÓN	SF6-25kV-80A	1,00	9730,00	9730,00
TABLERO TRANSFER	220V -1600A-CONTROL	1,00	4580,00	4580,00
GENERADOR	220V-500kVA-FP0,9	1,00	53760,00	53760,00
TOTAL				110448,50

**Tabla 4.21** Iluminación exterior

ZONA ILUMINACIÓN EXTERIOR, TIE-1				
ELEMENTO	ESPECIFICACIÓN	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
LUMINARIA	400 W	106,00	150,00	15900,00
LUMINARIA	176 W	12,00	100,00	1200,00
CONDUCTOR	8 AWG THHN	1296,00	0,95	1231,20
CONDUCTOR	6 AWG THHN	2278,00	1,60	3644,80
CONDUCTOR	4 AWG THHN	984,00	1,80	1771,20
CONDUCTOR	2 AWG THHN	668,00	2,30	1536,40
CONDUCTOR	1/0 AWG THHN	254,00	2,95	749,30
TOTAL				26032,90



**Tabla 4.22 Sistema de puesta a tierra**

ZONA SISTEMA DE PUESTA A TIERRA				
ELEMENTO	ESPECIFICACIÓN	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
Varilla de puesta a tierra 1,5m Alta camada	sistema puesta a tierra	38,00	9,81	372,78
Cable 2/0 Desnudo Cu	sistema puesta a tierra	1288,00	6,51	8384,88
Suelda Exotérmica de 90 gr. Con dos selladores	sistema puesta a tierra	45,00	7,21	324,45
Electrodo Activo (2)	sistema puesta a tierra	3,00	342,00	1026,00
Tratamiento del suelo Gem	sistema puesta a tierra	30,00	35,11	1053,30
Pararrayos	sistema puesta a tierra	3,00	125,63	376,89
Sopotería para pararrayos	sistema puesta a tierra	3,00	30,00	90,00
PUNTOS DE SUELDA	sistema puesta a tierra	45,00	6,25	281,25
INSTAL. PARARRAYO	sistema puesta a tierra	3,00	102,69	308,07
INSTAL. CABLE 2/0	sistema puesta a tierra	1,00	3200,00	3200,00
PRUEBAS	sistema puesta a tierra	1,00	350,00	350,00
			<b>TOTAL</b>	<b>15767,62</b>

**Tabla 4.23 Medio voltaje**

ZONA SISTEMA DE PUESTA A TIERRA			
ELEMENTO	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
Transformador tipoconvencional trifásico de 500 KVA, 22.8KV / 220-127 V.	1	18760,00	18760,00
Seccionador fusible unipolar, tipo abierto, clase 27kV, 12kA, BIL = 150kV, 100A, con dispositivo rompearco	3	230,00	690,00
Pararrayos clase distribución, óxido de metal, cuerpo polimérico, clase 18 kV, con desconectador	3	95,00	285,00
TIRAFUSIBLE A.T. CABEZA REMOVIBLE 25A, TIPO K	3	12,00	36,00
Conductor desnudo cobre recocido suave no. 2 awg, 7 hilos.	90	2,90	261,00
CABLE DE CU, CABLEADO, 25 KV, XLPE, 2/0 AWG, 19 HILOS, 100% NA.	75	14,50	1087,50
TERMINAL EXT. UNIP. ENCOG. FRIO. O CONTRAIBLI 25 KV, CABLE DE COBRE 2/0 AWG	3	125,00	375,00
ACOPLE PARA BARRA AISLADA EN SF6 PARA 600A	3	180,00	540,00
CONECTOR PARA ELBOW - CONECTOR PARA CABLE AISLADO A 25 KV 2/0 AWG	12	135,00	1620,00
Grapa de derivación para línea en caliente Cu estañado, No. 6 - 250 MCM y 8 - 2/0 AWG	3	23,00	69,00
Estribo para derivación, AleaciónCU-SN #2	3	8,00	24,00
CINTA ELÉCTRICA AUTOFUNDENTE DE 19 MM X 9 M N0 23 DE 3M	12	8,50	102,00
CINTA ELÉCTRICA VINILO PVC 19 MM, ANCHO, 20.1 M REF. NO. 33 DE 3M	12	5,10	61,20
CINTA ELÉCTRICA SEMICONDUCTIVA DE MEDIA TENSION, 19 MM ANCHO 4.6 METROS DE LONGITUD. REF. NO. 13 DE 3M	12	9,30	111,60
VARILLA COPPERWELD PUESTA A TIERRA DE 16 MM DIAM Y 1.80 M LONG	2	9,81	19,62

SUELDA EXOTERMICA, 90 gramos.	2	7,21	14,42
Cruceta centrada y en volado de perfil "L" 70 x 70 x 6 mm, 2 m de longitud	2	23,70	47,40
Pie amigo de acero. galv. pletina de 38 x 6 mm y 760 mm long	1	7,60	7,60
Abrazadera de platina de 38x4 mm, 3 pernos, fijación de pie amigo simple	1	14,25	14,25
Perno máquina de 1/2" x 2", con tuerca, arandela plana y de presión	5	2,20	11,00
Perno "U" de 5/8" de diámetro, longitud de la parte recta de 140 mm, ancho dentro de la U de 160 mm.	2	5,80	11,60
JUEGO DE ESCALONES	1	48,00	48,00
Tubo de acero galvanizado 4" de diametro y 6m de longitud.	1	83,00	83,00
Fleje de acero inoxidable 0.76 mm de espesor x 19mm de ancho, sujeción	6	9,80	58,80
HEBILLA DE ACERO INOXIDABLE PARA SUJECCION DE FLEJE DE 19 MM	6	4,50	27,00
		<b>TOTAL</b>	<b>24364,99</b>

**Tabla 4.24** Obra civil

ZONA, OBRA CIVIL C. TRANSFORMACIÓN			
ELEMENTO	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
CONSTRUCCIÓN DE CÁMARA DE TRANSFORMACIÓN	1	9570,00	9570,00
METRO DE CANALIZACIÓN SUBTERRÁNEA	807	38,00	30666,00
POZO ELÉCTRICO	30	150,00	4500,00
CANAleta ELÉCTRICA	28	52,00	1456,00
MANGUERA NEGRA 2"	2350	21,00	4935,00
MISELANEOS	1	850,00	850,00
		<b>TOTAL</b>	<b>51977,00</b>

El presupuesto referencial en materiales de las instalaciones eléctricas es de 310,533.41 USD. Dicho presupuesto se refiere única y exclusivamente a los costos directos de materiales, hay que tener en cuenta que para construir dicho proyecto se tiene que incurrir en gastos adicionales, como son, mano de obra, transporte, gastos administrativos y costos indirectos, los cuales dependerán de la empresa a quien se adjudique la construcción.

## 4.2 JUSTIFICACIÓN PARA LA INVERSIÓN.

Con la finalidad de justificar la inversión se ha efectuado el siguiente análisis económico.

### 4.2.1 ANÁLISIS TÉCNICO DE LAS PÉRDIDAS.

El sistema actual presenta pérdidas técnicas de 67.62 kW calculadas en el Anexo 3, a diferencia del sistema propuesto el cual presenta 45.21 kW calculado en el Anexo 5, esto significa que las pérdidas se reducirán en un 33.14%, dando como resultado un ahorro en el pago de energía. Esta reducción se debe a que los conductores diseñados son de mayor

calibre, por lo que la resistencia de estos disminuirá, con lo que las pérdidas también lo harán, previniendo el sobrecalentamiento de los mismos.

Este ahorro es de 22.41 kW, que a través de un mes se convierte en 6274.8 kWh. A la tarifa establecida por la empresa distribuidora de energía tenemos que el ahorro es 627.48 USD.

#### 4.2.2 PENALIZACIÓN POR EL FACTOR DE POTENCIA.

Un bajo factor de potencia es un problema que tiene la fábrica, esto se debe a que no tienen un banco de capacitores, por lo cual la ley cobra una multa mensual de 695 USD aproximadamente para los tres transformadores, estos datos son tomados de las planillas siguientes:

Las Casas 27-24 y Av. 10 de Agosto R.U.C. 170052681007 / CONTRIBUYENTE ESPECIAL / RESOLUCIÓN N° 5388



**EMPRESA ELÉCTRICA QUITO S.A. E.E.Q.**

Factura No. 0610201517074317000508810D190042453902  
 Número de autorización: 0610201517074317000508810D190042453902  
 Ambiente: PRODUCCION  
 Emisión: EMISION NORMAL  
 Fecha de Autorización: 06/10/15



No. de Control: 9000131123-84  
 Valor a pagar: 10388.42

Fecha de Emisión: 05/10/2015

Fecha de Vencimiento: INMEDIATO

---

**INFORMACIÓN DEL CONSUMIDOR**

SUMINISTRADO: **90001311-8** INVEDELCA S.A.

Código Único Eléctrico Nacional: **1400001311** Cédula / R.U.C.: 1700429016001 Cod. Postal: 171107

Dirección servicio: PANAMERICANA SUR KM 20 SECTOR DE ALDAG SAN CARLOS  
 Plan/Geocódigo: 91 08-05- 98-05-005-0680 Tarifa: 922-Ind Demanda con reg horario(Baja Tension-Trato)

Provincia - Cantón - Parroquia: PICHINCHA - MEJIA - ALDAG  
 Dirección notificación: 97-01-037-0240 Geocódigo postal:

Ejecutivo de cuenta: WLADIMIR ALEJANDRO VALENCIA CORDOVA

**1. FACTURACIÓN SERVICIO ELÉCTRICO Y ALUMBRADO PÚBLICO**

Medidor: 90002354-LAN	Factor de multiplicación: 1,00	Constante: 1,00
Desde: 01/09/2015	Hasta: 01/10/2015	Días Facturados: 30
Factor Potencia: 0,84	Penalización FP: 0,069767	Tipo Consumo: Leído
		Factor Corrección: 0,98

Descripción	Actual	Anterior	Consumo	Unid.	Valores
07-08-22500	731875,32	708249,92	24128	kWh	2129,38
20-09-07400	401587,34	400271,34	11522	kWh	710,14
Reactiva	371580,11	340080,11	22874	kVArh	1
Demanda 18400	126,38		111	kVA	1
Demanda 22400	133,52		135	kVA	1
Demanda			138	kVA	1
Demanda			111	kVA	1
Demanda			138	kVA	1

VALOR CONSUMO	2801,40
DEMANDA	406,38
<b>PENAL BAJD FACT/POTE</b>	<b>305,11</b>
COMERCIALIZACION	1,41
I.V.A. (0%)	0,00
INTERES MORA	06,20
<b>SUBTOTAL SERVICIO ELÉCTRICO (SE):</b>	<b>3746,56</b>
SERV. ALUM. P.ÚB.	161,08
<b>SUBTOTAL ALUMBRADO PÚBLICO (AP):</b>	<b>161,08</b>
<b>TOTAL SE Y AP (1):</b>	<b>3907,64</b>



Factura No.  
Número de autorización  
Ambiente  
Emisión  
Fecha de Autorización

Las Casas E1-24 y Av. 10 de Agosto R.U.C.: 179053881001 / CONTRIBUYENTE ESPECIAL / RESOLUCIÓN N° 5368  
001-999-00008872  
030720151854481790053881001016841133570  
PRODUCCION  
EMISION NORMAL  
03/07/15

No. de Control: 9000131120-38  
Valor a pagar: 6703,5

Fecha de Emisión: 03/07/2015

Fecha de Vencimiento: 20/07/2015

INFORMACIÓN DEL CONSUMIDOR

SUMINISTRO: 90001311-8 INVEDELCA S.A.  
Código Único Eléctrico Nacional: 1490001311 Cédula / R.U.C.: 1790429016001 Cod. Postal: 171107  
Dirección servicio: PANAMERICANA SUR KM. 28 SECTOR DE ALOAG SAN CARLOS  
Plan/Geocódigo: 91 98-05- 98-05-005-0660 Tarifa: 922-Ind.Demanda con reg.horario(Baja Tension-Trato  
Provincia - Cantón - Parroquia: PICHINCHA - MEJIA - ALDAG  
Dirección notificación: 97-01-037-0240 Geocódigo postal:  
Ejecutivo de cuenta: WLADIMIR ALEJANDRO VALENCIA CORDOVA

1. FACTURACIÓN SERVICIO ELÉCTRICO Y ALUMBRADO PÚBLICO

Medidor: 90020354-LAN Factor de multiplicación: 1,00 Constante: 1,00  
Desde: 01/06/2015 Hasta: 01/07/2015 Días Facturados: 30 Tipo Consumo: Leído  
Factor Potencia: 0,89 Penalización FP: 0,069767 Factor Corrección: 0,98

Descripción	Actual	Anterior	Consumo	Unid.	Valores
07:00-22:00	938284,28	936210,94	4153,34	kWh	3012,66
22:00-07:00	918440,74	706282,34	20858,40	kWh	1436,08
Reactiva	201915,80	200771,37	1044,43	kVArh	0
Demanda 18:00	121,52		124	kVA	0
Demanda 22:00	144,26		142	kVA	0
Demanda			142	kVA	0
Demanda			124	kVA	0
Demanda			142	kVA	0

VALOR CONSUMO	9051,72
DEMANDA	616,36
<b>PENALBAJOFACT.POTE</b>	<b>180,74</b>
COMERCIALIZACION	1,41
I.V.A. (0%)	0,00
INTERES MORA	14,46
<b>SUBTOTAL SERVICIO ELÉCTRICO (SE)</b>	<b>9773,71</b>
SERV ALUM.PUB	318,66
<b>SUBTOTAL ALUMBRADO PÚBLICO (AP)</b>	<b>318,66</b>
<b>TOTAL SE Y AP (1)</b>	<b>10092,37</b>



Factura No.  
Número de autorización  
Ambiente  
Emisión  
Fecha de Autorización

Las Casas E1-24 y Av. 10 de Agosto R.U.C.: 179053881001 / CONTRIBUYENTE ESPECIAL / RESOLUCIÓN N° 5368  
001-999-000013313  
05/08/201510283317900538810017903880051  
PRODUCCION  
EMISION NORMAL  
05/08/15

No. de Control: 9000131121-13  
Valor a pagar: 13366,16

Fecha de Emisión: 05/08/2015

Fecha de Vencimiento: INMEDIATO

INFORMACIÓN DEL CONSUMIDOR

SUMINISTRO: 90001311-8 INVEDELCA S.A.  
Código Único Eléctrico Nacional: 1490001311 Cédula / R.U.C.: 1790429016001 Cod. Postal: 171107  
Dirección servicio: PANAMERICANA SUR KM. 28 SECTOR DE ALOAG SAN CARLOS  
Plan/Geocódigo: 91 98-05- 98-05-005-0660 Tarifa: 922-Ind.Demanda con reg.horario(Baja Tension-Trato  
Provincia - Cantón - Parroquia: PICHINCHA - MEJIA - ALDAG  
Dirección notificación: 97-01-037-0240 Geocódigo postal:  
Ejecutivo de cuenta: WLADIMIR ALEJANDRO VALENCIA CORDOVA

1. FACTURACIÓN SERVICIO ELÉCTRICO Y ALUMBRADO PÚBLICO

Medidor: 90002354-LAN Factor de multiplicación: 1,00 Constante: 1,00  
Desde: 01/07/2015 Hasta: 01/08/2015 Días Facturados: 31 Tipo Consumo: Leído  
Factor Potencia: 0,89 Penalización FP: 0,069767 Factor Corrección: 0,98

Descripción	Actual	Anterior	Consumo	Unid.	Valores
07:00-22:00	671261,10	635204,06	4046,04	kWh	3582,33
22:00-07:00	638248,26	639448,14	30104,88	kWh	1410,98
Reactiva	320024,66	297215,90	20303,76	kVArh	0
Demanda 18:00	128,84		126	kVA	0
Demanda 22:00	143,35		140	kVA	0
Demanda			140	kVA	0
Demanda			126	kVA	0
Demanda			140	kVA	0

VALOR CONSUMO	4670,91
DEMANDA	537,30
<b>PENALBAJOFACT.POTE</b>	<b>185,80</b>
COMERCIALIZACION	1,41
I.V.A. (0%)	0,00
INTERES MORA	38,53
<b>SUBTOTAL SERVICIO ELÉCTRICO (SE)</b>	<b>5396,94</b>
SERV ALUM.PUB	313,53
<b>SUBTOTAL ALUMBRADO PÚBLICO (AP)</b>	<b>313,53</b>
<b>TOTAL SE Y AP (1)</b>	<b>5710,47</b>

Figura 4.1. Planillas de consumo eléctrico.

### **4.2.3 CONFIABILIDAD DE LOS TRANSFORMADORES.**

Como se trató en capítulos anteriores los transformadores están sometidos a sobre cargas, razón por cual se han deteriorado prematuramente, dando paso a la posibilidad de fallas en estos. Poniendo como ejemplo el CT1 que es el transformador más antiguo, en el caso de que este fallara, el tiempo de instalación de un nuevo transformador llevaría aproximadamente 4 días, dando como resultado que 4 cámaras de producción que toman la energía de dicho transformador, su producción se pierda, dando como resultado solo en este caso una pérdida en producción de 65000 USD aproximadamente, ya que cada cámara tiene una producción de 10000 libras, a un costo de 1.53 USD por libra, las cuales se verían totalmente afectadas en el caso de que no exista energía en el sistema de climatización.

### **4.5 RESULTADOS.**

El costo inicial de la inversión será de 310533,41 USD y en el peor de los casos se tendrá una pérdida de 65000 USD al fallar un transformador, este monto es el 21% de la inversión total del proyecto, con lo cual se hace viable para la empresa invertir en este proyecto ya que la confiabilidad del sistema será óptima y las instalaciones nuevas tendrán una vida útil de 30 años aproximadamente. Además de esto actualmente en la fábrica existe un índice de riesgos de accidentes altos, causados por el sistema eléctrico, pudiendo causar daños en los equipos y poner en peligro la vida de los operarios y personas que trabajan en la fábrica.

## CAPÍTULO 5

### 5. METODOLOGÍA DE IMPLEMENTACIÓN

Del diseño propuesto para la implementación de la nueva red de distribución de medio y bajo voltaje se puede concluir que no tendrá un mayor impacto en el desarrollo de las actividades generales de la empresa, debido a que el diseño del nuevo sistema no contempla la utilización de ninguno de los elementos del sistema actual. Por lo tanto la construcción del nuevo sistema se la puede realizar de manera paralela sin provocar suspensión en la producción.

La metodología para realizar la construcción se la divide por etapas.

#### **5.1 Primera etapa.**

Se realizará las obras civiles comenzando con la colocación de la ductería en zanjas previamente diseñadas. Además de esto se usará la zanja abierta para enterrar el conductor desnudo del sistema de puesta a tierra.

Posterior a esto se realizará la construcción de la cámara de transformación y cuarto de tableros. Ya que el sitio escogido para el emplazamiento es un área sin utilizar, actualmente existe un jardín en dicho lugar.

#### **5.2 Segunda etapa.**

Se realizará la instalación de bandejas porta cables, y ducterías tanto en la parte externa como en el interior de las áreas de producción. Para la instalación en el interior de las áreas se trabajara los fines de semana, para no interferir en los procesos de producción.

#### **5.3 Tercera Etapa.**

Se realizará el sistema de puesta a tierra, con sus respectivas mediciones y pruebas de funcionamiento, paralelo a esto se instalarán los pararrayos y sus bajantes, con toda la soportería necesaria para su eficiente operatividad.

#### **5.4 Cuarta Etapa.**

Armado y montaje de tableros de distribución, los tableros que se instalarán en la fábrica pueden ser montados sin que estos influyan en la parte de operativa ya que los sitios escogidos no interfieren con las instalaciones y equipos existentes.

#### **5.5 Quinta Etapa.**

Tendido de los alimentadores y circuitos proyectados en las canalizaciones y ducterías previamente construidas. Además se realizará el montaje del sistema de iluminación exterior.

#### **5.6 Sexta Etapa.**

Montaje de equipo dentro de la cámara de transformación e instalación de generador. Con sus respectivas protecciones y sistemas auxiliares.

#### **5.7 Séptima Etapa.**

Energización del transformador, en esta etapa se ira energizando progresivamente cada área de producción, supervisando el correcto funcionamiento del sistema en cada punto de carga. Posterior a esto se realizarán las pruebas.

#### **5.8 Octava Etapa.**

Desmontaje de la red eléctrica antigua, Se retirará todos los compontes que no pertenezcan al nuevo sistema de distribución, también se retiraran los trasformadores existentes.

En base a las etapas descritas se ha elaborado el siguiente cronograma de ejecución de las obra.

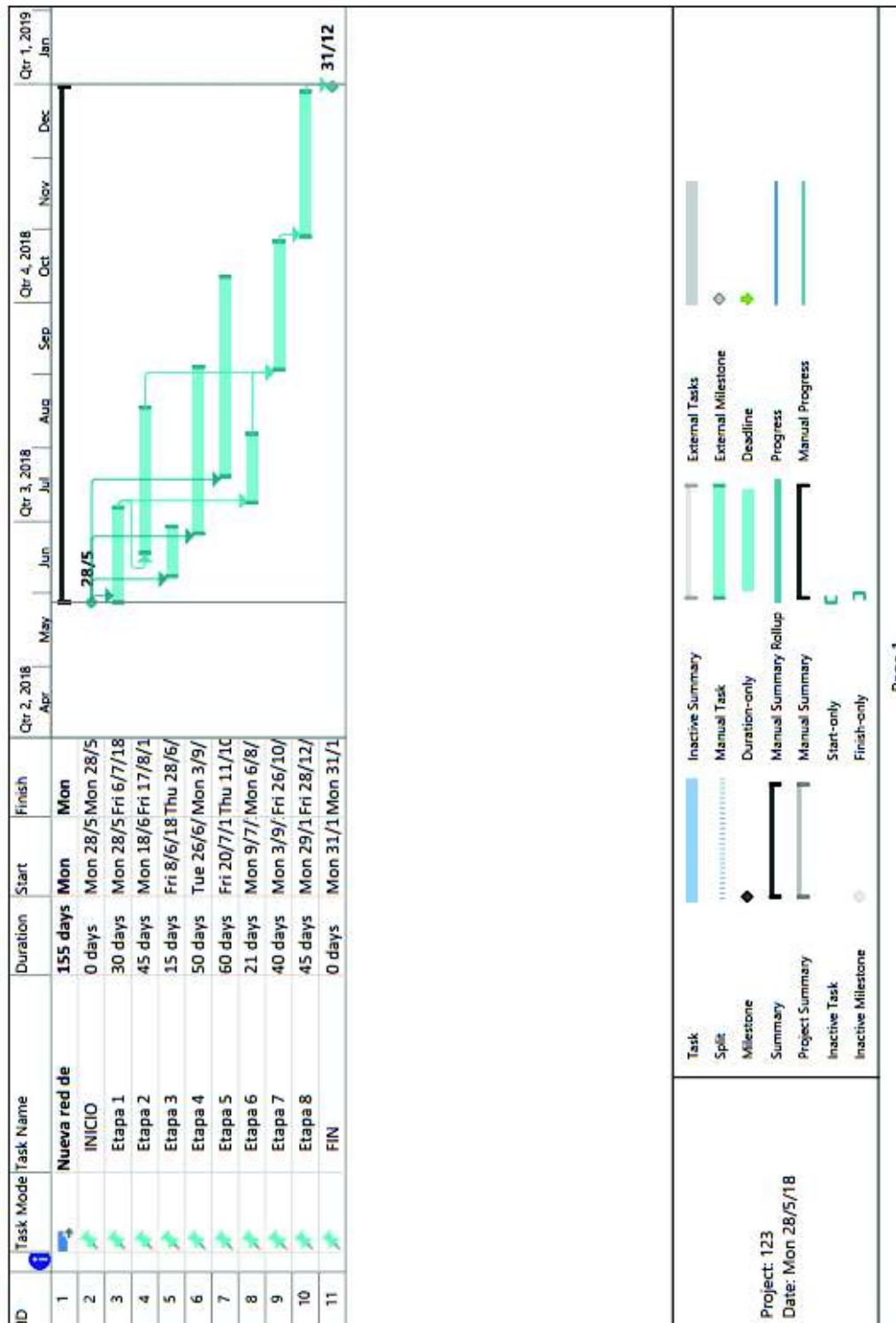


Figura 5.1. Cronograma de actividades



## CAPÍTULO 6

### 6. CONCLUSIONES Y RECOMEDACIONES

#### 6.1 CONCLUSIONES

- Para el diseño de las instalaciones eléctricas es muy importante tener en consideración el uso de normas ya que esto nos permite tener la seguridad de que el sistema diseñado podrá funcionar correctamente.
- Al realizar el levantamiento de carga del sistema actual, se pudo evidenciar por una simple inspección visual los críticos problemas que presentan dichas instalaciones y la urgente necesidad de realizar un nuevo sistema eléctrico.
- En base a los análisis realizados en el sistema eléctrico actual se detectaron una serie de problemas los cuales motivaron a realizar un diseño completamente nuevo sin utilizar ningún elemento del sistema actual, ya que la mayoría de estos ya cumplieron su vida útil.
- El diseño realizado servirá como una ingeniería básica la cual da una idea muy clara sobre los costos y viabilidad del proyecto, aunque previo a la construcción se debería realizar un análisis más completo con el fin de tener características más a detalle de los elementos y equipos a ser implementados.
- El análisis de la situación actual del sistema eléctrico de la empresa determinó que actualmente presenta pérdidas por excesivas caídas de voltaje, calibres de conductores inadecuados y deficiencia en los niveles de voltaje que llegan a la carga.
- En el diseño de los nuevos tableros se incluyó circuitos de reserva, los mismos que toman en cuenta la inserción de cargas futuras en la fábrica.
- El levantamiento de carga y el conocer el funcionamiento de las mismas han sido de gran ayuda al momento de realizar el diseño, ya que con esto se puede aplicar de mejor manera los factores de uso y simultaneidad que son necesarios en el dimensionamiento de los conductores y no caer en un dimensionamiento excesivo de los mismos.

## 6.2 RECOMENDACIONES

- Es necesario hacer la implementación del nuevo sistema eléctrico ya que se puede observar que los elementos del sistema actual ya han cumplido con su vida útil y presentan un riesgo eminente para la seguridad de la planta y de su personal.
- La implementación del nuevo sistema se la debería ejecutar progresivamente ya que no presenta ningún inconveniente en las actividades de producción de la planta, debido a que es un sistema que se puede construir paralelamente al actual.
- Se debe construir el sistema de puesta a tierra ya que la planta no cuenta con ninguna puesta a tierra lo cual es un peligro porque puede ocasionar daños al personal que labora y a los equipos existentes.
- El no tener un sistema de generación de emergencia provoca que la fábrica se vea en la necesidad de paralizar sus actividades productivas, en caso de cortes de energía por parte de la empresa eléctrica, lo cual conlleva a que la fábrica tenga cuantiosas pérdidas económicas.
- Es necesario que la empresa tenga un sistema de iluminación externo, ya que en los horarios nocturnos su deficiente iluminación puede provocar accidentes tanto de los vehículos como de las personas que transitan por sus instalaciones.
- Se recomienda que el personal de mantenimiento se capacite en lo referente a instalaciones eléctricas, en el uso y manejo de la electricidad, con lo finalidad de que la operación del sistema eléctrico de la planta tenga un manejo más óptimo y seguro.

## 7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1]. Google, «Maps,» [En línea]. Available: <https://www.google.com/maps/place/INVEDELCA+Champi%C3%B1ones+G%C3%BCipi/@-0.4410435,-78.5542838,18.5z/data=!4m5!3m4!1s0x91d5a5f7fb7abc19:0xe36af53e48ec9714!8m2!3d-0.4412083!4d-78.5546708> [Último acceso: Marzo 2018]
- [2]. Empresa INVEDELCA S.A. Available: <http://www.agroscopio.com/ec/directorio/guipi-champinones/> [Último acceso: Marzo 2018]
- [3]. Carlson, A. Bruce, «Teoría de circuitos»: ingeniería, conceptos y análisis de circuitos eléctricos lineales. Thomson-Paraninfo, 2002.
- [4]. Schneider, «Guía de diseño de instalaciones eléctricas, Parte A». Segunda Edición, España, 2008
- [5]. Schneider, «Guía de diseño de instalaciones eléctricas, Parte B». Segunda Edición, España, 2008
- [6]. Departamento de distribución, «Guía de diseño Parte B». Empresa Eléctrica Quito, Quito, 2016
- [7]. Enertolima, «Criterios de diseño y normas para la construcción de instalaciones de distribución» [En línea]. Available: [http://www.enertolima.com/images/contenido/clientes/pdfs/anexo\\_medida\\_centralizada.pdf](http://www.enertolima.com/images/contenido/clientes/pdfs/anexo_medida_centralizada.pdf) [Último acceso: Marzo 2018]
- [8]. Condensa, «Constantes de regulación de cables MT y BT» [En línea]. Available: <https://www.codensa.com.co/document/constantas-de-regulacion-bt-mt.pdf> [Último acceso: Marzo 2018]
- [9]. CONELEC, «Regulación 004/01», 2013
- [10]. DIAL, «DIALux User Manual» [En línea]. Available: <https://www.dial.de/en/software/dialux/download/> [Último acceso: Marzo 2018]
- [11]. NEC, «Instalaciones Electromecánicas», 2013
- [12]. INEN, «Alumbrado técnico», 2015
- [13]. MEER, «Unidades de propiedad», [En línea]. Available: <http://www.unidadesdepropiedad.com/> [Último acceso: Abril 2018]
- [14]. Ormazabal, «Sistema modular y compacto con aislamiento integral en gas». España.
- [15]. IEEE, «80-2000. Guide for safety in AC substation grounding», New York, 1986.

- [16]. Anónimo, «Relación X/R: Valores Estimados», [En línea]. Available: <http://fidelsmc.blogspot.com/2014/02/relacion-xr-valores-estimados.html> [Último acceso: Abril 2018]
- [17]. IEEE, «81-2012. Guide for Measuring Earth Resistivity », New York, 2012.
- [18]. IEEE, «142-2007. Grounding of Industrial and Commercial Power Systems », New York, 1991.
- [19]. NTE INEN-IEC 60228, «Norma internacional de la Comisión Electrotécnica Internacional para conductores de cables aislados. », 2004.
- [20]. REBT «ITC-BT-18 Instalaciones a puesta a tierra para edificios y locales comerciales», Madrid
- [21]. UNE, «Protección de estructuras, edificaciones y zonas abiertas mediante pararrayos con dispositivo de cebado», Madrid, 1996.
- [22]. Anónimo, «Mapa Isocerámico del Ecuador», [En línea]. Available: <http://elestudianteelectromecanico.blogspot.com/2015/09/mapa-isoceraunico-del-ecuador.html> [Último acceso: Abril 2018]
- [23]. Rodolfo Dufo, «Cálculo de los sistemas de puesta a tierra en edificios», [En línea]. Available: <http://www.tecnicaindustrial.es/tiadmin/numeros/15/16/a16.pdf> [Último acceso: Abril 2018]

## 8. ANEXOS

## ORDEN DE EMPASTADO