

# **ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**

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

### **ESTUDIO TÉCNICO PARA LA REALIZACIÓN DEL DISEÑO ELÉCTRICO DE LAS INSTALACIONES DEL NUEVO OBSERVATORIO ASTRONÓMICO NACIONAL DE LA ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**

#### **TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO ELÉCTRICO**

**SEBASTIÁN FERNANDO SIMBAÑA PINTA**  
sebastiansimbana17@gmail.com

**DIRECTOR: PhD. ERICSON DANIEL LÓPEZ IZURIETA**  
lopezericsson@gmail.com

**CODIRECTOR: PhD. HUGO NEPTALI ARCOS MARTÍNEZ**  
hugo.arcos@epn.edu.ec

**Quito, Junio 2018**

## **AVAL**

Certificamos que el presente trabajo fue desarrollado por Simbaña Pinta Sebastián Fernando, bajo nuestra supervisión.

---

**PhD. ERICSON DANIEL LÓPEZ IZURIETA**  
**DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

---

**PhD. HUGO NEPTALI ARCOS MARTÍNEZ**  
**CODIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

## **DECLARACIÓN DE AUTORÍA**

Yo Simbaña Pinta Sebastián Fernando, 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.

---

SIMBAÑA PINTA SEBASTIAN FERNANDO

## **DEDICATORIA**

Este trabajo está dedicado de manera especial a mi madre; quien ha sido el motor en todas las etapas de mi vida y ahora en la culminación de este ciclo importante en mi vida profesional.

## **AGRADECIMIENTO**

A dios por la salud y bienestar mío y el de mi familia cuyas bendiciones me permiten ahora culminar esta etapa de mi vida.

A mis padres por su confianza, apoyo y amor incondicional en todo momento.

A mis hermanas por brindarme siempre su apoyo, de manera especial a mi hermana la Lic. Mercedes Simbaña quien ha sido un pilar y ejemplo de vida en mi familia, las quiero mucho.

A mis padrinos por los consejos y el apoyo brindado en todo momento.

A mis maestros quienes con su dedicación me han transmitido los conocimientos y valores en el transcurso de mi vida profesional y de manera especial al Msc. Ing. Fausto Valencia y al Ing. Henry Llumiquinga quienes han sido un apoyo incondicional en la realización de éste proyecto.

Al Dr. Ericson López quien me ha brindado la oportunidad de llevar a cabo este proyecto.

# ÍNDICE DE CONTENIDO

AVAL.....	I
DECLARACIÓN DE AUTORÍA.....	II
DEDICATORIA.....	III
AGRADECIMIENTO.....	IV
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	V
RESUMEN.....	IX
ABSTRACT.....	X
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Objetivos.....	2
1.1.2 Objetivo general.....	2
1.1.3 Objetivos específicos.....	2
1.2 Alcance.....	2
2. MARCO TEÓRICO.....	3
2.1 Iluminación.....	3
2.1.1 Condiciones necesarias para el confort visual.....	3
2.1.2 Clasificación de la iluminación.....	3
2.1.3 Flujo luminoso.....	4
2.1.4 Nivel de iluminación o iluminancia.....	4
2.1.5 Intensidad luminosa.....	4
2.1.6 Deslumbramiento.....	4
2.1.7 Plano de trabajo.....	4
2.1.8 Reflectancias de las superficies.....	4
2.1.9 Curva de distribución luminosa.....	5
2.1.10 Coeficiente de utilización.....	5
2.1.11 Factor de mantenimiento.....	5
2.1.12 Iluminación de emergencia.....	5
2.2 Conceptos eléctricos.....	6
2.2.1 Demanda.....	6
2.2.2 Demanda máxima.....	6
2.2.3 Demanda no coincidente.....	6
2.2.4 Factor de Demanda.....	6
2.2.5 Factor de utilización.....	7
2.2.6 Factor de simultaneidad.....	7
2.3 Requisitos para el diseño eléctrico.....	7
2.3.1 Circuito ramal.....	8
2.3.2 Alimentador.....	8
2.3.3 Conductor eléctrico.....	8
2.3.4 Calibre de conductores.....	8
2.3.5 Protección a conductores.....	9
2.3.6 Caída de voltaje en conductores.....	9

2.3.7	Valores límite de caídas de voltaje.....	9
2.3.8	Fusibles e interruptores automáticos de disparo.....	10
2.3.9	Balance de cargas.....	10
2.4	Grupo electrógeno.....	11
2.4.1	Inversor de redes.....	11
2.4.2	Sistema de Alimentación ininterrumpible (SAI).....	12
2.4.3	SAI pasivo (off line).....	13
2.4.4	SAI interactivo.....	13
2.4.5	SAI doble conversión.....	14
2.4.6	Arquitectura del sistema.....	15
3.	METODOLOGÍA.....	16
3.1	Descripción del complejo.....	16
3.2	Determinación del nivel de voltaje.....	17
3.3	Diseño de iluminación .....	18
3.3.1	Iluminación interior.....	18
3.3.1.1	Dimensiones del local.....	18
3.3.1.2	Reflectancias de los materiales del entorno.....	19
3.3.1.3	Definición de áreas.....	20
3.3.1.4	Selección de luminarias.....	21
3.3.2	Iluminación exterior.....	23
3.3.2.1	Delimitación de áreas.....	23
3.3.2.2	Flujo luminoso requerido.....	23
3.3.2.3	Selección de luminarias.....	24
3.4	Diseño eléctrico.....	26
3.4.1	Sistema de tomacorrientes.....	27
3.4.2	Sistema de iluminación general.....	28
3.4.3	Diseño de planos eléctricos.....	28
3.4.4	Diseño de los sub-tableros de distribución generales.....	28
3.4.4.1	Selección de conductores.....	30
3.4.4.2	Determinación de las caídas de voltaje.....	30
3.4.4.3	Balance de cargas.....	31
3.4.4.4	Estructura de los sub-tableros de distribución.....	31
3.4.5	Diseño de los sub-tableros de distribución especiales.....	32
3.4.5.1	Determinación de la demanda.....	32
3.4.5.2	Determinación de del factor de utilización.....	33
3.4.5.3	Determinación de del factor de simultaneidad.....	33
3.4.5.4	Diseño y dimensionamiento.....	34
3.4.5.5	Selección de conductores.....	34
3.4.5.6	Determinación de las caídas de voltaje.....	35
3.4.5.7	Estructura del sub-tablero de distribución especial.....	35
3.4.6	Dimensionamiento del transformador.....	35
3.4.6.1	Reserva.....	36
3.4.7	Selección de alimentadores principales y secundarios.....	36

3.4.8 Selección del conductor del neutro.....	38
3.4.9 Selección de canalizaciones.....	38
3.4.9.1 Alimentadores principales y secundarios.....	38
3.4.9.2 Circuitos ramales.....	38
3.4.10 Sistema de puesta a tierra.....	39
3.4.10.1 Sistema del electrodo de puesta a tierra.....	39
3.4.10.2 Selección del conductor de tierra.....	40
3.4.10.3 Resistencia del sistema de puesta a tierra.....	40
3.5 Sistema eléctrico de emergencia.....	41
3.5.1 Dimensionamiento del generador de emergencia.....	41
3.5.2 Operación del sistema eléctrico de emergencia.....	42
3.5.3 Sistema de alimentación ininterrumpida (SAI).....	42
3.6 Diseño eléctrico del sistema de observaciones nocturnas.....	43
3.6.1 Diseño eléctrico.....	43
3.6.2 Operación del sistema eléctrico del sistema de observaciones nocturnas.....	44
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	46
4.1 Diseño de iluminación.....	46
4.1.1 Iluminación interior.....	46
4.1.2 Iluminación exterior.....	46
4.2 Diseño eléctrico principal.....	47
4.2.1 Planos eléctricos.....	47
4.2.2 Descripción de cuadros eléctricos.....	47
4.2.3 Selección del transformador.....	47
4.2.4 Alimentadores principales y secundarios.....	47
4.2.5 Diseño eléctrico unifilar completo diseñado.....	48
4.2.6 Selección del sistema de puesta a tierra.....	49
4.3 Diseño eléctrico de emergencia.....	50
4.3.1 Descripción de cuadros eléctricos.....	50
4.3.2 Selección del generador de emergencia.....	50
4.3.3 Diagramas unifilares de los esquemas de transferencia.....	50
4.3.4 Selección del sistema de alimentación ininterrumpida.....	52
4.3.5 Esquema unifilar del sistema eléctrico de emergencia implementado.....	53
4.4 Diseño eléctrico del sistema de observaciones nocturnas.....	53
4.4.1 Área de investigadores.....	53
4.4.2 Área de público general.....	54
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	56
6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	58
7. ANEXOS.....	61
ANEXO I.....	61
Calibre y capacidad de corriente de los conductores eléctricos.....	61
ANEXO II.....	62



Especificaciones Técnicas. Motores eléctricos de las bases de las antenas de los radio telescopios.....	62
ANEXO III.....	63
Transformadores de distribución convencionales (Disponibles por la EEQ)....	63
ANEXO IV.....	64
Número máximo de conductores o alambres para artefactos en tubería metálica (EMT).....	64
ANEXO V.....	66
Calibre mínimo en conductores de puesta a tierra de quipos para puesta a tierra de canalizaciones y equipos.....	66
ORDEN DE EMPASTADO.....	67

## RESUMEN

En el presente trabajo de titulación se realiza el diseño eléctrico completo de las instalaciones del nuevo Observatorio Astronómico Nacional de la Escuela Politécnica Nacional a partir de un estudio técnico de los requerimientos eléctricos de cada uno de los sistemas cuyo comportamiento de la carga es desconocido.

El diseño eléctrico general inicia con el diseño de iluminación interior y exterior acorde a las necesidades lumínicas por cada zona del complejo mediante el software DIALux Evo 6.2. En base a normas eléctricas internacionales y a los planos arquitectónicos se diseña el sistema de tomacorrientes para uso general, ubicación de los tableros y sub-tableros de distribución para la elaboración de los planos eléctricos.

Con el apoyo de profesionales del Observatorio Astronómico Nacional de Quito se levantó información requerida de los modos de funcionamiento de los sistemas eléctricos especiales que son parte del complejo (sistema de radio telescopios, telescopios y sistema de observaciones nocturnas) a fin de conocer el comportamiento de la carga y poder determinar los factores de corrección adecuados de tal forma que se pueda realizar un dimensionamiento óptimo de la demanda.

Se realiza un detenido diseño de los sistemas de emergencia puesto que se consideran cargas de alimentación ininterrumpible (cargas sensibles), cargas con abastecimiento continuo (cargas no sensibles) y cargas de operación exclusiva con el sistema emergente.

Adicionalmente, los sistemas eléctricos especiales junto con el sistema emergente fueron acoplados al sistema eléctrico general para que se complete la información necesaria para la realización del diseño eléctrico y culminación de los planos eléctricos pertinentes.

**PALABRAS CLAVE:** DIALux, Diseño de iluminación, Diseño eléctrico, Factor de simultaneidad, Factor de utilización, SAI.

## ABSTRACT

In this project, the electrical design development of the new National Astronomical Observatory of the National Polytechnical School was made by a technical study about electrical requirements of each one systems, which load behavior is unknown..

The general electrical design starts with the design of interior and exterior lighting in accordance with to the lighting needs for each area of the complex, with the help of the DIALux Evo 6.2 software. Through international electrical standards and based on architectural planes, the powers outlet system for general use and the distribution boards location for the realization of the electrical drawings, were designed.

Likewise, with support of professionals from the National Astronomical Observatory of Quito, complete information about the operating modes of the special electrical systems that are part of the complex (radio telescopes system, telescopes and nocturnal observations system) was gathered, in order to know the behavior of the load, and to be able to determine suitable correction factors that allow an optimal sizing of the demand.

A careful design of the emergency systems has been carried out, since they've been considered uninterruptible power supply loads (sensitive loads), loads with continuous supply (non-sensitive loads) and exclusive operation loads with the emerging system.

Additionally, the special electrical systems along with the emergent system were coupled to the general electrical system in order to complete the necessary information for making the complete electrical design and culminate the pertinent electrical planes.

**KEY WORDS:** DIALux, Lighting design, Electrical design, Simultaneity factor, Utilization factor, UPS.

# 1. INTRODUCCIÓN

El nuevo Observatorio Astronómico de Quito de la Escuela Politécnica Nacional será una entidad dedicada al impulso del desarrollo científico, cuyas actividades principales son la realización de observaciones astronómicas, difusión del conocimiento científico a través del museo, planetario y telescopios así como la prestación de alojamiento y servicios generales a investigadores y público en general.

Actualmente, el complejo cuenta con el diseño arquitectónico de sus instalaciones en el que se considera la existencia de diversos equipos especiales (telescopios- radio telescopios, entre otros) con requerimientos particulares en lo que al servicio de energía eléctrica se refiere. En este contexto, el diseño y dimensionamiento de las instalaciones eléctricas necesitan un estudio especializado que difiere de las normas y procedimientos tradicionales.

De realizarse un diseño eléctrico general, se pondría en riesgo la seguridad de los equipos eléctricos instalados, no se priorizarían de manera adecuada los sistemas de emergencia y las características de confort en el diseño de iluminación podrían no ser las adecuadas. Adicional a esto, se suma la posibilidad de obtener un diseño eléctrico con significativas pérdidas técnicas y con un dimensionamiento de sus componentes no óptimo para este tipo de complejo.

Por tanto, en base a una investigación completa de las necesidades energéticas se plantea como solución al problema descrito, el desarrollo de los siguientes puntos:

1. Estudio de las áreas de trabajo y definición de los requerimientos lumínicos.
2. Análisis del comportamiento de la demanda de los sistemas especiales.
3. Estimación de la demanda total considerando factores de corrección.
4. Realización del diseño eléctrico alimentado por la red principal.
5. Estudio y Diseño del sistema de emergencia.

El desarrollo específico y detallado de cada uno de estos puntos le da un enfoque de diseño único aplicado a este tipo de complejo, a su vez garantiza la realización de un diseño eléctrico que brinda seguridad operativa a los equipos y optimización de recursos.

Adicionalmente, se considera la estructura del trabajo realizado en el diseño de proyectos afines, cuyas características especiales en complejos no definidos demanden una investigación similar para su adecuado diseño y dimensionamiento.

## **1.1 Objetivos**

### **1.1.1 Objetivo general**

Realizar el diseño eléctrico de las instalaciones del nuevo Observatorio Astronómico de Quito de la Escuela Politécnica Nacional, para suplir la demanda eléctrica esperada actual y futura cumpliendo con los índices de calidad requeridos para un funcionamiento óptimo de dichos sistemas.

### **1.1.2 Objetivos específicos**

Realizar la estimación de la demanda eléctrica considerando las cargas especiales y factores de simultaneidad determinados para su funcionamiento.

Proponer un procedimiento para el diseño eléctrico de las instalaciones del complejo, en el que se especifique el uso de normas, instructivos y guías técnicas y el criterio de profesionales expertos en el tema.

Especificar las características técnicas y dimensionamiento de equipos eléctricos, elementos de protección y maniobra y demás componentes que forman parte de las instalaciones eléctricas del complejo.

Estructurar un portafolio de planos eléctricos de las instalaciones del nuevo Observatorio Astronómico de la Escuela Politécnica Nacional utilizando el software adecuado.

## **1.2 Alcance**

La realización del estudio técnico para el diseño eléctrico de las instalaciones contempla específicamente, la presentación del desarrollo de cada fase del estudio realizado para la obtención de demanda total estimada, los diseños de iluminación y de todas aquellas fases necesarias para la obtención de diseños completos de las instalaciones eléctricas del complejo. El diseño será presentado a través de memorias técnicas en las que se especifique de manera detallada todo el procedimiento. Adicionalmente, se presentarán los planos eléctricos que constituirán un insumo en el proceso de construcción.

## **2. MARCO TEÓRICO**

### **2.1 Iluminación**

#### **2.1.1 Condiciones necesarias para el confort visual**

Un sistema de iluminación óptimo es de vital importancia para el bienestar humano dentro de un entorno de trabajo ya que los trastornos visuales debido a deficientes sistemas de iluminación son muy habituales, esto si se considera que la vista es capaz de adaptarse a situaciones de iluminación deficientes. Adicionalmente, desde el punto de vista de seguridad, la iluminación permite identificar objetos o situaciones de riesgo asociados al entorno de trabajo reduciendo así un gran número de accidentes [2].

Un adecuado diseño de iluminación debe brindar condiciones óptimas de confort visual, para esto deben reunir las siguientes características [2]:

- Iluminación uniforme
- Luminancia óptima
- Ausencia de brillos deslumbrantes
- Colores y condiciones de contraste adecuados
- Ausencia de luces intermitentes o efectos estroboscópicos

Para garantizar el cumplimiento de dichos parámetros es importante estudiar el puesto de trabajo con el fin de determinar las actividades o tareas a realizarse.

Adicionalmente, la programación de un mantenimiento periódico es un factor primordial para evitar el envejecimiento de lámparas y acumulación de residuos que afectan a la calidad lumínica del sistema [2].

#### **2.1.2 Clasificación de la iluminación**

Considerando el tipo de alumbrado, la iluminación se clasifica en [3]:

- Iluminación general si posee una disposición de luminarias tales que produzcan un nivel de iluminación uniforme en cada punto del local.
- Iluminación localizada si las luminarias se ubican en los puntos a iluminar.
- Iluminación suplementaria si las luminarias se ubican junto a los puntos de trabajo y se integran con la iluminación general del local.

### **2.1.3 Flujo Luminoso**

Es la cantidad de luz emitida por unidad de tiempo en todas las direcciones por una fuente luminosa. Su unidad de medida es el Lumen [lm] [9], [10].

### **2.1.4 Nivel de iluminación o iluminancia**

Es el flujo luminoso que se recibe sobre una determinada superficie. Su unidad de medida es el Lux [9], [10].

### **2.1.5 Intensidad Luminosa**

Es la cantidad de flujo luminoso que emite una fuente de luz y que se expresa referida a una dirección determinada y contenida en un ángulo sólido (entendiéndose como ángulo sólido al espacio contenido dentro de un cono). Su unidad de medida es la Candela [cd] [11].

### **2.1.6 Deslumbramiento**

Deslumbramiento es la sensación que produce la luminancia dentro de un campo visual cuya intensidad es mayor a la luminancia a la cual están adaptados los ojos y que causa molestias, incomodidad o pérdida de la capacidad visual y de la visibilidad [2], [11].

La sensación de deslumbramiento según [11] se define por el llamado índice UGR (unified glare rating) que, dependiendo de las actividades que se realizarán en la zona iluminada tendrá un rango de límites permitidos, teniendo en cuenta que cuanto mayor sea el UGR mayor es la sensación de deslumbramiento, lo cual es negativo.

### **2.1.7 Plano de trabajo**

Se considera como del plano de trabajo a la altura estimada a la cual se realizarán las actividades considerando el tipo y características del local [10].

### **2.1.8 Reflectancias de las superficies**

Están definidas como la razón entre el flujo luminoso reflejado por una superficie respecto del flujo que incide sobre ella. Viene determinada por el color, tonalidad, textura y material de dicha superficie [9], [10].

### **2.1.9 Curva de Distribución luminosa**

Esta curva es el resultado de realizar varias medidas de la intensidad luminosa para diferentes valores de ángulo alrededor de una luminaria, las cuales son representadas de forma gráfica y generalmente expresadas en coordenadas polares [9].

A partir de la curva de distribución luminosa se puede determinar la iluminancia que produce una luminaria en un punto específico de una superficie [9].

### **2.1.10 Coeficiente de utilización**

Según [10] es la relación entre el flujo luminoso que cae sobre el plano de trabajo respecto del flujo luminoso que entrega la luminaria, es decir, el flujo total aprovechado sobre la superficie del plano de trabajo.

En [10] se especifica que la determinación de este coeficiente se lo realiza generalmente por interpolación de las tablas entregadas por los fabricantes de las luminarias entre las reflectancias de los materiales y la relación de cavidad del local, por tanto este valor define el comportamiento que tendrá una luminaria en un local determinado.

### **2.1.11 Factor de Mantenimiento**

Se define al factor de mantenimiento como la relación entre la iluminación producida sobre el plano de trabajo luego de un cierto tiempo de uso respecto de la iluminación producida cuando la instalación era nueva. Su valor disminuye con la suciedad y envejecimiento de luminarias y superficies reflectantes del entorno [10].

Su valor depende exclusivamente de las características de mantenimiento de la lámpara y del equipo eléctrico, la luminaria y ambiente del entorno [8].

### **2.1.12 Iluminación de emergencia**

Este tipo de iluminación está prevista para que entre en operación cuando exista alguna falla en la alimentación de alumbrado principal. Existen tres tipos de iluminación de emergencia [21]:

- Iluminación permanente cuando las luminarias que forman parte del sistema de iluminación de emergencia están alimentadas por la red principal y por el sistema de alimentación de emergencia.



- Iluminación no permanente cuando las luminarias que forman parte del sistema de iluminación de emergencia están alimentadas únicamente por el sistema de alimentación de emergencia.
- Combinada cuando una parte de las luminarias que forman parte del sistema de iluminación de emergencia están alimentadas por la red principal y por el sistema de alimentación de emergencia.

## **2.2 Conceptos eléctricos**

### **2.2.1 Demanda**

Para una instalación eléctrica, la demanda es la carga promedio en un intervalo de tiempo específico conectada a los terminales de recepción, el cual se denomina intervalo de demanda [22].

### **2.2.2 Demanda máxima**

La demanda máxima de una instalación, es el valor más grande de demanda registrado sobre un intervalo de tiempo específico, considerando la carga como una variante en el tiempo [22].

### **2.2.3 Demanda no coincidente**

La demanda no coincidente, es conocida de forma general como demanda máxima no coincidente, puesto que considera las demandas máximas individuales de un grupo de cargas no relacionadas. Se la obtiene del promedio aritmético de las demandas máximas individuales de un grupo de cargas [22].

### **2.2.4 Factor de demanda**

El factor de demanda para un intervalo de tiempo, es la relación entre la demanda máxima de un sistema respecto de carga total conectada. Indica el grado en que la carga total está siendo conectada de forma simultánea y puede ser aplicado a todo el sistema así como también hasta el último ramal de la instalación eléctrica [22], [23].

El factor de demanda es adimensional, puesto que la demanda máxima y la carga conectada deben estar expresados en las mismas unidades y su valor generalmente es menor que la unidad salvo si el total de carga es energizada durante todo el intervalo considerado de demanda [22].

### **2.2.5 Factor de utilización**

El factor de utilización es la relación entre la demanda máxima de un sistema respecto de su capacidad nominal instalada [22], [23]. Indica en qué grado un sistema está siendo cargado durante una carga pico respecto de su capacidad nominal [22].

### **2.2.6 Factor de simultaneidad**

El factor de simultaneidad determina el grado de incidencia que tiene la carga sobre la demanda, durante un periodo considerado de demanda máxima [22], [24].

Se expresa en porcentaje y puede ser determinado por el proyectista en función del comportamiento de cada una de las cargas para una aplicación determinada [13].

## **2.3 Requisitos para el diseño eléctrico**

Para realizar un diseño eléctrico es primordial partir de los planos arquitectónicos en los que esté detallada de forma clara la ubicación de cada uno de los locales, cortes, vistas, áreas circundantes y acotaciones en escalas reales. Adicionalmente, es de suma importancia conocer las características constructivas del complejo, es decir, materiales en paredes, techos, colores y texturas en acabados de construcción puesto que, estos datos permiten la realización de los cálculos luminotécnicos [3].

Como información complementaria se realiza un estudio de los requerimientos eléctricos de cada uno de los locales, rutas por donde irá el tendido eléctrico, ubicación del transformador y generador de emergencia.

De acuerdo con [3], el diseño eléctrico se estructura de la siguiente manera:

- Diseño de iluminación interior y exterior
- Diseño de los circuitos de fuerza para tomacorrientes de uso general
- Diseño de los circuitos de fuerza para tomacorrientes con salidas especiales
- Ubicación de los sub-tableros y tableros principales de distribución
- Alimentadores
- Sistemas de emergencia
- Sistemas de seguridad

Adicionalmente, se considera de vital importancia tener claras las definiciones de ciertos términos que serán de uso frecuente en la realización del proyecto y que se resumen en las secciones siguientes:

### **2.3.1 Circuito ramal**

Un circuito ramal es un sistema formado por la protección y los conductores encargados de suministrar energía desde el sub-tablero de distribución a cada una de las cargas , [6], [26].

### **2.3.2 Alimentador**

Un alimentador es un sistema formado por la protección y los conductores encargados de suministrar energía, ya sea de un tablero de distribución principal a cada uno de los sub-tableros o del transformador o generador de emergencia a los tableros de distribución principales [3], [6], [26].

### **2.3.3 Conductor eléctrico**

Un conductor eléctrico es aquel elemento que permite la conducción de la corriente eléctrica. De acuerdo con [26], se encuentra formado de tres componentes importantes:

- El alma conductora que generalmente es fabricada en material de cobre o aluminio por su bajo costo y alta conductividad. Puede estar formado por hilos, barras rectangulares, barras circulares entre otros.
- El aislamiento que es el elemento que envuelve el alma conductora y que está formado de un material tal que no permite el paso de corriente eléctrica.
- La cubierta protectora que es la parte exterior del conductor eléctrico y es la encargada de proteger el aislamiento y la parte conductora de cualquier daño físico.

### **2.3.4 Calibre de conductores**

El calibre de los conductores determina la capacidad de corriente que se puede transportar. En el ANEXO I, se presenta una tabla completa del calibre de conductores TW/ 600 V, 60°C comerciales que ofrece la empresa ELECTROCABLE. Estos valores servirán de referencia para la realización del presente proyecto.

### 2.3.5 Protección a conductores

La protección que se realiza en los conductores (principalmente en circuitos ramales) de las instalaciones eléctricas es contra sobrecorriente y queda definida por la ampacidad del conductor [3].

### 2.3.6 Caída de voltaje en conductores

Es la disminución de voltaje que se produce por la resistencia del material conductor cuando por él circula una corriente superior para la cual fue diseñado. Por tanto, no basta con dimensionar un conductor únicamente por la corriente que transporta sino también por la distancia que recorre. Esto hace necesario el cálculo de las caídas de voltaje en alimentadores y en circuitos derivados [15].

En [15], para un sistema monofásico (considerando que la resistividad del cobre es 1/50 [ $\Omega$ -mm<sup>2</sup>/m]), la caída de voltaje se define a partir de la siguiente expresión:

$$\Delta V\% = 4 \frac{L * I}{V_{FN} * s}$$

**Ecuación 2.1.** Caída de voltaje sistema monofásico

Mientras que para un sistema trifásico se la define de la siguiente manera.

$$\Delta V\% = \frac{2\sqrt{3} L * I}{V_{LL} * s}$$

**Ecuación 2.2.** Caída de voltaje sistema trifásico tres hilos

Dónde:

L: Longitud del conductor

I: Corriente en amperios

$V_{FN}$ : Voltaje fase neutro

$V_{LL}$ : Voltaje entre líneas

s: sección del conductor en mm<sup>2</sup>

### 2.3.7 Valores Límite de caídas de voltaje

El Código Eléctrico Nacional (CEN) en su artículo 215.2 establece que los conductores de los alimentadores cuyo calibre evite una caída de tensión superior al 3% a la salida más lejana para salidas fuerza, calefacción, iluminación o cualquier combinación entre estas ofrecerán una razonable eficiencia en su funcionamiento.

### 2.3.8 Fusibles e interruptores automáticos de disparo

Se encuentran ubicados en los tableros y sub-tableros de distribución y su función es la de proteger al conductor cuando se produzca algún fallo en la red.

De acuerdo con [6], se permite el uso de dispositivos de protección contra sobrecorriente estándar (termomagnéticos) de un valor nominal inmediato superior a la ampacidad del conductor, para la protección de dispositivos de corriente nominal menor a los 800 A.

Los valores normalizados en amperios nominales para los interruptores automáticos de disparo de acuerdo con [6] se presentan en la **Tabla 2.1**.

**Tabla 2.1.** Valores normalizados de los interruptores automáticos de disparo

<b>Valores normalizados de los interruptores automáticos de disparo en amperios nominales [A]</b>		
15	110	700
20	125	800
25	150	1000
30	175	1200
35	200	1600
40	225	2000
45	250	2500
50	300	3000
60	350	4000
70	400	5000
80	450	6000
90	500	---
100	600	---

### 2.3.9 Balance de cargas

El balance de cargas consiste en la asignación de fases que serán encargadas de alimentar un determinado grupo de cargas ya sean éstas monofásicas, bifásicas o trifásicas de tal manera que se tenga una distribución equitativa, vista desde los terminales del transformador principal. Se realiza con el fin de emplear la capacidad total disponible del transformador y no forzarlo a un uso no adecuado [18], [22].

En [18], se establece que el desbalance de las cargas se lo puede determinar a partir de la siguiente expresión:

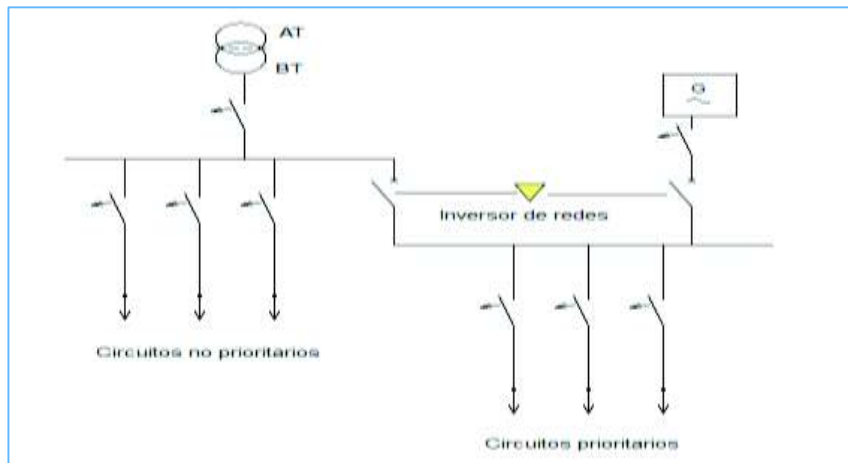
$$\%Desbalance = \frac{Carga Mayor - Carga Menor}{Carga Mayor} * 100$$

**Ecuación 2.3.** Desbalance de cargas

## 2.4 Grupo electrógeno

El grupo electrógeno es aquel que está formado principalmente por un generador de emergencia encargado de abastecer de energía eléctrica a los circuitos considerados prioritarios y que se integra a la red principal [29].

Los esquemas eléctricos presentes en el desarrollo del proyecto se realizan en el software profiCAD.



**Figura 2.1.** Grupo electrógeno

La **Figura 2.1** representa un esquema de conexión del grupo electrógeno en el que las cargas consideradas importantes se abastecen tanto de la red principal como de la del generador de emergencia a través de un inversor de redes.

### 2.4.1 Inversor de redes

El inversor de redes, es un dispositivo cuya función principal es seleccionar la vía de alimentación ya sea por la fuente de energía principal normalmente suministrada por la red o por el sistema de emergencia dado por el grupo electrógeno correspondiente [29], [30].

Existen tres tipos de inversores de redes: [30]

- Inversor de redes manual, el cual requiere de la intervención del personal encargado, por ende el tiempo de transferencia dependerá exclusivamente de dicho personal.

- Inversor de redes telemandado, su accionamiento está controlado eléctricamente según diferentes esquemas. Empleado en aparatos a partir de los 400 A.
- Inversor de redes automático, permite el pilotaje de las redes según diferentes modos programados lo que asegura una gestión óptima en la transferencia de energía.

#### **2.4.2 Sistema de Alimentación Ininterrumpible (SAI)**

Los SAI son la solución para alimentar cargas sensibles, cuya energía eléctrica suministrada es indispensable que se encuentre libre de cualquier perturbación y disponible en cualquier instante de tiempo en caso de presentarse fallos en la red principal [16], [29].

Las características más importantes de disponibilidad y calidad de energía son [29]:

- Suministro de voltaje dentro de las tolerancias permitidas a través del uso de un inversor.
- Suministro de una fuente de poder autónoma mediante el uso de una batería.
- Reemplazo del suministro de energía sin ningún tipo de interrupción mediante el uso de un contactor estático.

Un SAI está formado por los siguientes componentes [29]:

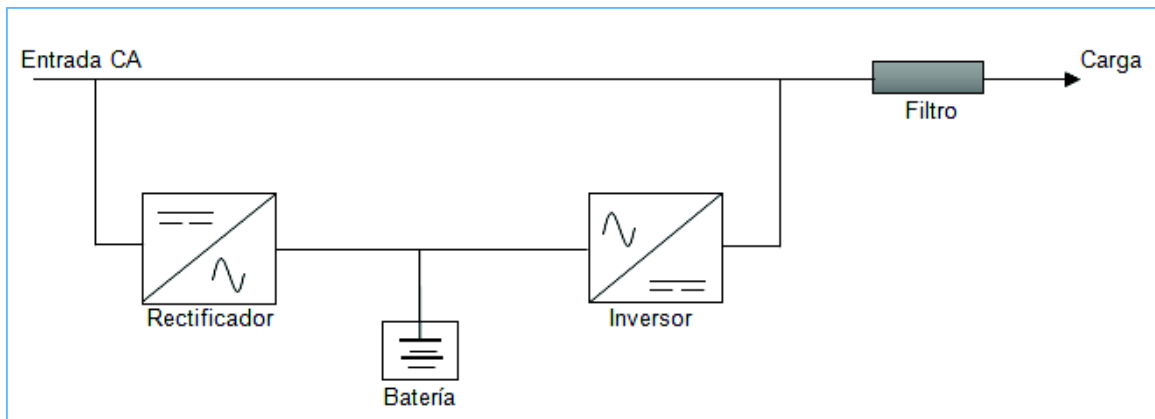
- Un rectificador encargado de alimentar el inversor y cargar a la batería.
- Un inversor empleado en la producción de energía eléctrica de calidad
- Una batería encargada de suministrar energía durante un tiempo entre 8 min a 1 hora o más (dependiendo de las necesidades de la carga).
- Un Interruptor estático encargado de transferir la carga desde el inversor a la instalación y viceversa, evitando la interrupción en el suministro de energía eléctrica.

Acorde a la norma IEC 62040 los SAI estáticos se definen de acuerdo a tres modos de funcionamiento [29].

### 2.4.3 SAI pasivo (Off line)

En modo de funcionamiento normal (presencia de la red eléctrica principal) la carga recibe energía a través de un filtro encargado de eliminar ciertas perturbaciones. El voltaje y la frecuencia son dependientes de la señal de entrada [16], [29].

En caso de fallos en la red principal entra en funcionamiento el modo de reserva, es decir, opera el inversor y la batería garantizando la continuidad de servicio hasta que se reestablezca la alimentación principal.



**Figura 2.2.** SAI en modo pasivo

La **Figura 2.2** muestra un esquema de la forma de conexión del SAI pasivo acoplado a la red eléctrica principal.

Se recomienda su uso en aplicaciones de potencia nominal menor a los 2 kVA. Al no funcionar con un interruptor estático real, demanda un determinado tiempo en la transferencia de carga dentro de rangos aceptables para determinadas aplicaciones [29].

### 2.4.4 SAI interactivo

En el modo de funcionamiento interactivo el inversor se encuentra conectado a la red de alimentación principal (entrada CA) y al mismo tiempo carga la batería [16], [29].

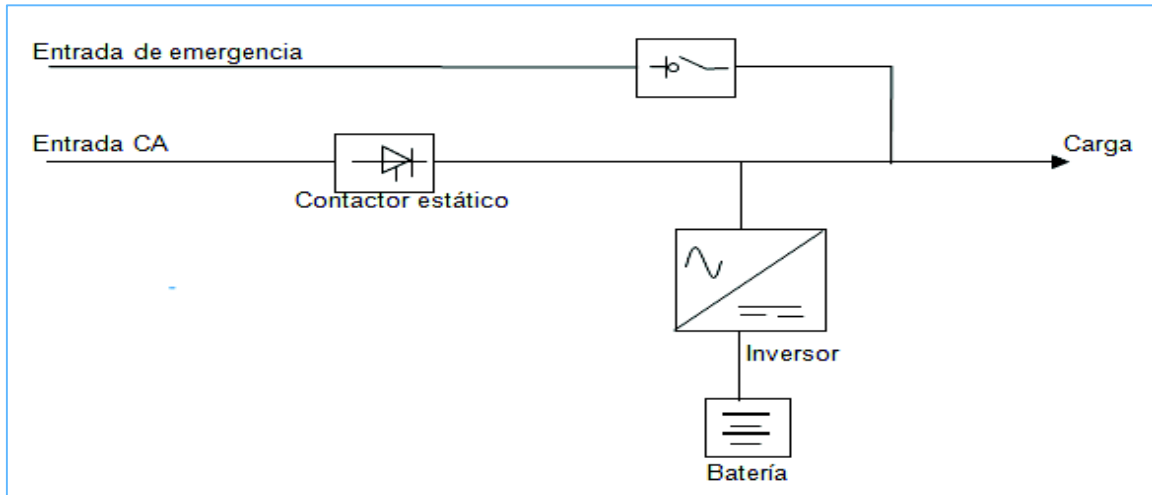
En el funcionamiento de modo de operación normal la carga recibe energía estabilizada por medio del inversor, es decir, el inversor se utiliza para estabilizar la señal de voltaje a la salida y para cargar la batería. Por tanto, la frecuencia dependerá de la red exclusivamente.

En el caso de fallos en la red de alimentación principal, entra en funcionamiento el inversor y la batería con el fin de garantizar un servicio continuo de energía sin



interrupción mediante el interruptor estático que desconecta la entrada principal para evitar que la potencia fluya aguas arriba.

Este tipo de SAI se puede adaptar a un sistema auxiliar de energía en caso de que exista un fallo en el sistema SAI que transfiere la carga a una entrada de emergencia.



**Figura 2.3.** SAI en modo interactivo

La **Figura 2.3** muestra un esquema de conexión de un SAI en modo interactivo acoplado a la red principal.

Se recomienda su aplicación en potencias nominales bajas puesto que al no ser posible la regulación de frecuencia no es recomendable su uso en aplicaciones con cargas sensibles [29].

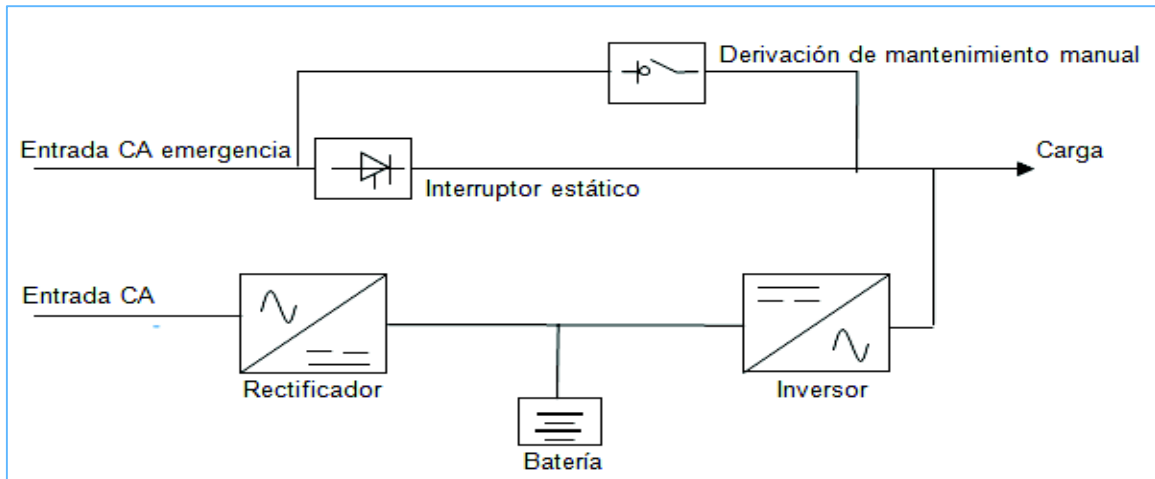
#### **2.4.5 SAI doble conversión**

El inversor se encuentra conectado en serie a la red principal [16], [29].

En modo normal de operación la carga recibe la alimentación de energía proveniente de un rectificador, batería y el inversor por lo que recibe alimentación de doble conversión.

En el caso de fallo en la red principal se pone en funcionamiento la batería para garantizar el suministro continuo de energía.

El SAI doble conversión tiene un sistema de apoyo denominado interruptor estático, la carga se transfiere sin interrupción a la entrada de CA de emergencia.



**Figura 2.4.** SAI en modo doble conversión

La **Figura 2.4** muestra un esquema de conexión de un SAI doble conversión acoplado a la red principal.

Esta configuración posee un tiempo de transferencia de carga inapreciable y puesto que ni el voltaje ni la frecuencia dependen de los valores de entrada, puede ser usado como un convertidor de frecuencia.

Según [29], se lo recomienda en aplicaciones cuya potencia nominal sea igual o superior a los 10 kVA.

#### 2.4.6 Arquitectura del sistema

La arquitectura del sistema hace referencia al modo en el que la carga recibe energía desde el punto de vista de la ubicación, potencia y modo de operación del SAI [16].

Dentro de las arquitecturas más importantes se menciona las siguientes [16]:

- Arquitectura distribuida basada en la aplicación de un SAI dedicado a una carga de manera específica.
- Arquitectura centralizada que es la aplicación de un SAI a toda una estructura (pequeño grupo de cargas).
- Arquitectura modular que posee las características de una estructura centralizada pero que emplea varios módulos SAI dedicados a la alimentación de la carga (mayor espacio físico).
- Arquitectura modular granular que consiste en no emplear solo una estructura modular sino en tener varios módulos de menor potencia para que el sistema sea insensible frente a una falla de módulo individual.

### **3. METODOLOGÍA**

Un estudio técnico para la realización del diseño eléctrico de las instalaciones del nuevo Observatorio Astronómico Nacional de la Escuela Politécnica Nacional se enmarca en un tipo de investigación aplicado, considerando que a partir de los requerimientos solicitados por los encargados del proyecto (personas que conocen las necesidades y el funcionamiento de dicho complejo), se hará uso de los criterios de ingeniería para la realización de un diseño óptimo que satisfaga las necesidades los usuarios.

El proyecto se estructura en su fase inicial con el diseño de iluminación previo a la realización del diseño eléctrico principal, diseño eléctrico de emergencia y diseño eléctrico de observaciones nocturnas.

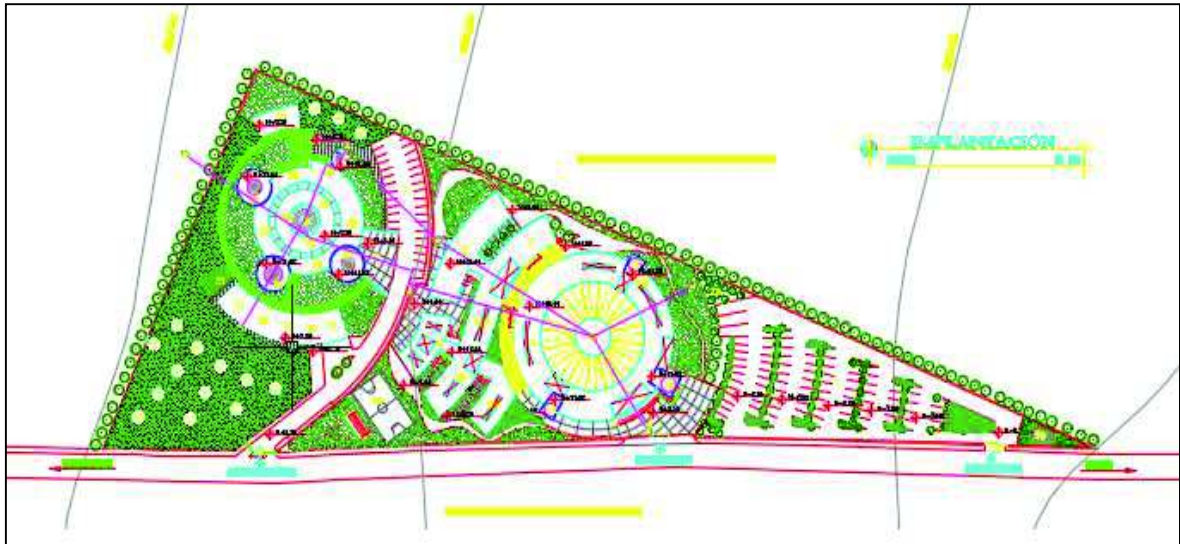
De manera complementaria a esto se planifica reuniones periódicas con los representantes del proyecto en las que se establece la realización de las siguientes actividades:

- Reconocimiento en sitio del lugar donde se ejecutará el proyecto, esto permite no solo la identificación física de cada una de las áreas sino el reconociendo de la disponibilidad de servicio por parte de empresa eléctrica distribuidora.
- Conocer de forma específica el funcionamiento del sistema de radio telescopios, observaciones nocturnas, áreas de investigadores y de forma general el funcionamiento del resto de áreas que conforman el complejo.
- Con base al manejo del actual Observatorio Astronómico de Quito se identifica las necesidades energéticas que el nuevo Observatorio Astronómico deberá satisfacer así como una adecuada priorización del sistema de alimentación de emergencia.

#### **3.1 Descripción del complejo**

El Observatorio Astronómico de Quito de la Escuela Politécnica Nacional, es un complejo orientado a la investigación y desarrollo de varias ciencias en el Ecuador, será construido en la provincia de pichincha, parque ecológico Jerusalén, vía a Malchingui.

El complejo cuenta con espacios destinados a investigación, áreas de recreación, difusión del desarrollo de sus investigaciones al público y alojamiento tanto a investigadores como a visitantes.



**Figura 3.1** Observatorio Astronómico de Quito de la Escuela Politécnica Nacional

La **Figura 3.1** muestra una vista superior del levantamiento de la construcción del complejo el cual está estructurado en dos secciones específicas.

La primera denominada área de investigadores con un aproximado de 3070 m<sup>2</sup> de construcción en una sola planta, salvo en el caso de lugares cuyo espacio está destinado a telescopios. Posee todas las áreas destinadas a investigación y espacios complementarios a esto como lo son los talleres de electrónica, mecánica, cuartos de máquinas y área de cafetería.

La segunda definida como área de público general que en su mayoría cuenta con una construcción de dos plantas e incluso de tres para el caso de los telescopios, tiene un área de construcción de aproximadamente 4472 m<sup>2</sup>. Posee áreas destinadas a recreación, alojamiento, administración, museo, restaurante entre otras. Las cuales se encuentran detalladas claramente en los planos arquitectónicos.

### **3.2 Determinación del nivel de voltaje**

La determinación del nivel de voltaje que ofrece la Empresa Eléctrica Quito, empresa distribuidora está definida de la siguiente manera.

Nivel a medio voltaje de 22,8 kV, tres conductores de fase y bajo voltaje trifásico: Transformador trifásico tipo convencional, tipo frente muerto, relación 22860 – 220/127 V, Conexión Delta Estrella, neutro secundario continuo [13].

## **3.3 Diseño de iluminación**

### **3.3.1 Iluminación interior**

Para obtener un nivel de iluminación que brinde el confort visual adecuado, es indispensable conocer de forma minuciosa el puesto de trabajo, por tanto, el diseño de iluminación interior debe realizarse de forma independiente para cada local del complejo, como lo especifica la enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo [2].

El diseño de iluminación se realiza en el software DIALux Evo 6.2 sobre los planos arquitectónicos del complejo.

Dentro del diseño de iluminación en interiores, es primordial identificar las variables mínimas de entrada que el DIALux Evo o cualquier metodología de diseño de iluminación requiere como requisito indispensable para la realización de los cálculos luminotécnicos, dichas variables se las describe de la siguiente manera:

- Dimensiones del local
- Reflectancias de materiales del entorno
- Definición de Áreas
- Selección de luminarias

#### **3.3.1.1 Dimensiones del local**

Las dimensiones del local están claramente identificadas en los planos arquitectónicos, sin embargo la ventaja de trabajar con este software de diseño, es que las dimensiones laterales del mismo se obtendrán cuando se realice el trazo del nuevo edificio como parte inicial del proyecto y su altura quedará definida de forma automática por el programa en un valor estándar que debe ser editado acorde a las necesidades del diseño.

Puesto que del estudio de los planos arquitectónicos del complejo, las vistas laterales del mismo evidencian alturas de locales sin consideraciones de techo terminado (uso de cielo raso), se toma como base en el Código Ecuatoriano de la Construcción que establece que la altura de todos los locales habitables no debe ser menor de 2,4 m de la superficie del piso al cielo raso (o cara inferior de losa) [4].

Como etapa complementaria al levantamiento del local se definen las aperturas que son la ubicación de puertas y ventanas. En esta sección, se recomienda tener claro que en

el cálculo de iluminación no se tomarán en cuenta dichas aperturas, es decir, no se considera la incidencia de luz natural sobre los cálculos de iluminación, ya que de ésta forma se asegura que el nivel de iluminación sea el adecuado en todo momento. Esta consideración se la especifica previo a la realización del cálculo de iluminación.

### 3.3.1.2 Reflectancias de materiales del entorno

Las reflectancias de los materiales del entorno están definidas por los coeficientes de reflexión, que son factores estandarizados considerando el tipo de material o color de una textura y se detallan en la **Tabla 3.1**.

**Tabla 3.1.** Reflectancias típicas de materiales y colores

COLOR	FACTOR	MATERIAL	FACTOR
Blanco	0,7-0,85	Mortero claro	0,35-0,55
Techo acústico blanco	0,5-0,65	Mortero oscuro	0,2-0,3
Gris claro	0,4-0,5	Hormigón claro	0,3-0,5
Gris Oscuro	0,1-0,2	Hormigón oscuro	0,15-0,25
Negro	0,03-0,07	Arenisca clara	0,3-0,4
Crema, amarillo claro	0,5-0,75	Arenisca oscura	0,15-0,25
Marrón claro	0,3-0,4	Ladrillo claro	0,3-0,4
Marrón oscuro	0,1-0,2	Ladrillo oscuro	0,15-0,25
Rosa	0,45-0,55	Mármol blanco	0,6-0,7
Rojo claro	0,3-0,5	Granito	0,15-0,25
Rojo oscuro	0,1-0,2	Madera clara	0,3-0,5
Verde claro	0,45-0,65	Madera oscura	0,1-0,25
Verde oscuro	0,1-0,2	Espejo plateado de vidrio	0,8-0,9
Azul claro	0,4-0,55	Aluminio mate	0,55-0,6
Azul oscuro	0,05-0,15	Aluminio anodizador y abrillantado	0,8-0,85
		Acero pulido	0,55-0,65

Referencias: [5], [7], [9].

Un estudio del puesto de trabajo se basa en conocer el tipo de tareas o actividades que se llevarán a cabo para definir la disposición de los elementos de ambiente, tipo de áreas que contiene y texturas de los materiales.

Basado en el estudio por zona realizado dentro del complejo, se establecen las texturas aproximadas del entorno y se las define de la siguiente manera:

Techos: Color blanco, Puesto que se utilizará cielo raso, salvo ciertos locales específicos.

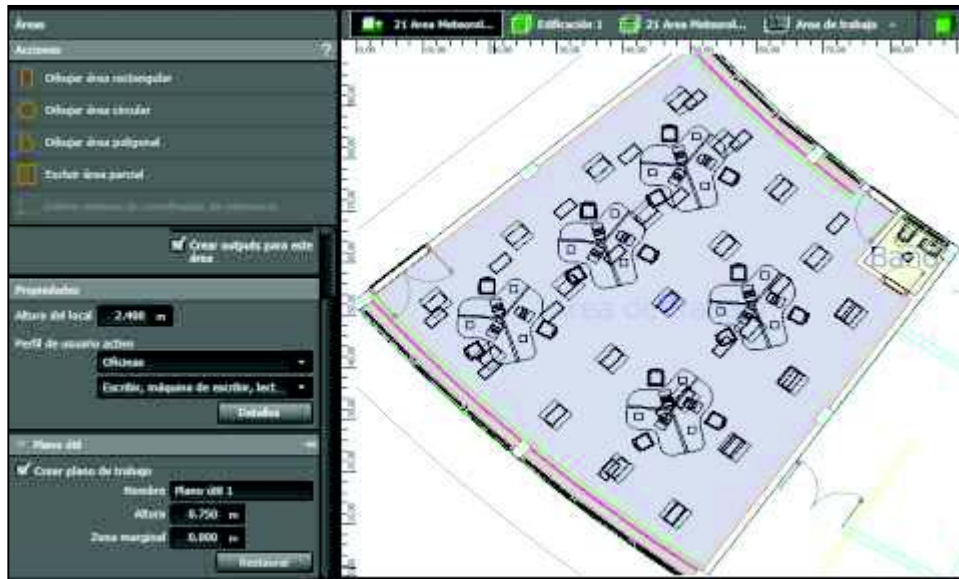
Paredes: Tonalidades de color crema o blanco por ser en su gran mayoría locales tipo oficina.

Piso: Tonalidades en café por el posible uso de parque, piso falso o semejantes.

DIALux ofrece una gran variedad de texturas y materiales posibles cuyos coeficientes de reflexión se encuentran definidos y se puede evidenciar su similitud con los valores de la **Tabla 3.1**. Sin embargo, de ser necesario DIALux permite realizar la edición de dichos parámetros.

### 3.3.1.3 Definición de áreas

La definición de áreas dentro del proyecto, delimita la zona sobre la cual se desea realizar los cálculos de iluminación, tal como se muestra en la **Figura 3.2**.



**Figura 3.2.** Áreas de local

En esta sección, es importante definir los siguientes parámetros:

- Tipo de local
- Flujo luminoso requerido
- Altura del plano de trabajo
- Factor de mantenimiento

El tipo de local permite definir la intensidad lumínica necesaria, puesto que locales definidos como oficinas, pasillos, auditorios entre otros requieren de diferentes niveles de iluminación que dependerán de las actividades a realizarse. Estos valores los define el software basado en normas europeas sin embargo pueden ser editadas acorde a las necesidades y criterio del diseñador.

El flujo luminoso requerido se establece de acuerdo al tipo de trabajo y en base al estudio de las actividades o tareas a realizarse. Considerar como referencia los valores recomendados por las normas NTE INEN 1-154 y UNE EN 12464-1.

Para la altura del plano de trabajo se asigna un valor de 0,75 m cuando se considera sitios de trabajo en los cuales se realizarán actividades sobre escritorios (altura general de estos muebles). Adicionalmente, para pasillos y áreas de circulación general se considera un plano de trabajo situado a nivel de piso.

Para el sistema de iluminación el Observatorio Astronómico se considera como un ambiente con baja presencia de polvo (bueno) puesto que en su gran mayoría se desarrolla trabajos y actividades tipo oficina, salvo en áreas de talleres y máquinas que se consideran ambientes con suciedad.

Finalmente, se considera que es necesaria una programación de mantenimiento anual de las instalaciones.

#### 3.3.1.4 Selección de Luminarias

DIALux posee una página web denominada LUMsearch, que permite importar al software una gran variedad de luminarias que ofrecen las distintas casas comerciales.



**Figura 3.3.** Búsqueda de luminarias

En la **Figura 3.3** se muestra el LUMsearch que es un buscador de luminarias a partir de las siguientes características:

- Tipo de luminaria (interior o exterior)
- Tipo de montaje
- Distribución lumínica

Una vez definidos dichos parámetros, se elige la luminaria necesaria considerando adicionalmente que la selección de la misma estará definida principalmente por la curva



fotométrica, dimensiones, tecnología de construcción, intensidad lumínica, potencia de consumo y voltaje de operación.

La importación de la luminaria se la realiza cuando se envía el archivo de la luminaria al DIALux.

Se recomienda no modificar los valores, principalmente lumínicos puesto que se pueden obtener los valores deseados en simulación pero en la ejecución del proyecto como tal, los valores lumínicos no son parámetros variables.

Para la ubicación de las luminarias considerar la normativa del Código Eléctrico Nacional, artículo 410 Luminarias, portalámparas y lámparas, sección II ubicación de luminarias inciso 410.10, en el que se especifica las distancias de espaciamiento en áreas como duchas, tinas de baño y consideraciones adicionales en sitios como cocina que son considerados ambientes especiales. Con ayuda de las herramientas de DIALux se puede seleccionar una ubicación automática de luminarias por área y trabajar en las modificaciones considerando las necesidades lumínicas.

Una vez realizado el diseño se ejecutan los cálculos luminotécnicos para verificar los niveles de iluminación obtenidos sobre el plano de trabajo, se realizan las modificaciones y correcciones necesarias y finalmente se puede evidenciar una vista 3D del diseño de iluminación terminado tal y como se muestra en la **Figura 3.4** para un local tipo oficina.



**Figura 3.4.** Diseño iluminación interior para un local tipo oficina

Finalmente, se extrae la memoria técnica del proyecto terminado como documento tipo Pdf, tal que la información del diseño sea fácilmente extraíble para la realización del diseño eléctrico.

### **3.3.2 Iluminación exterior**

El diseño de iluminación exterior del complejo inicia con la identificación de los datos de entrada mínimos necesarios para que DIALux realice los cálculos luminotécnicos de las diferentes áreas que lo componen.

Se recomienda trabajar sobre el archivo de AutoCAD (planos arquitectónicos) y representar las edificaciones únicamente como elementos sólidos sin distribuciones interiores. Esto permite, optimizar el tiempo de realización de los cálculos luminotécnicos y hace más ligero el proyecto a fin de enfocarse de forma exclusiva a la iluminación exterior del complejo.

Una vez elaborado el esquema exterior del complejo es necesario trabajar sobre las siguientes actividades.

- Delimitación de áreas
- Flujo luminoso requerido
- Luminarias

#### **3.3.2.1 Delimitación de Áreas**

La base principal del diseño de iluminación exterior, es la identificación de zonas de tránsito y uso de espacios generales del complejo, para poder delimitarlos mediante la herramienta “elementos de suelos rectangular” de DIALux, por tanto se recomienda trazar cada zona del complejo de forma independiente (ver **Figura 3.5**) con el fin de realizar cálculos por tramos y a distintos niveles de iluminación según sea la necesidad del diseño.

#### **3.3.2.2 Flujo luminoso requerido**

Una vez identificado y trazado de forma independiente cada área exterior del complejo, se estudian los correspondientes puestos de trabajo lo cual permite determinar las necesidades lumínicas.



**Figura 3.5.** Delimitación de áreas y flujo luminoso

La **Figura 3.5** hace referencia a la creación de un área de suelo específico y sobre la cual se pueden establecer las necesidades lumínicas.

El diseño de iluminación exterior se lo realiza definiendo todos los espacios exteriores como áreas de tránsito generales o puesto de trabajo al aire libre. Posterior a esto, se especifican las tareas o actividades a realizarse dentro dichas áreas, es decir, pueden ser áreas exclusivas de peatones, tránsito vehicular, juegos etc. lo que definirá la intensidad lumínica por zona o de ser necesario la exclusión de dichas áreas de los cálculos luminotécnicos.

DIALux basado en normas europeas y en referencia al Protocolo de auditoría energética de las instalaciones de alumbrado público exterior de la IDAE (Instituto para la diversificación y ahorro de energía), establece valores de intensidades lumínicas mínimas, para zonas exteriores que garanticen el confort visual del usuario en la realización de las correspondientes actividades.

Es necesario tener en cuenta que la altura del plano de trabajo de todas las áreas es a nivel de suelo y se considera que, debido a las características del complejo se trata de zonas con baja presencia de polvo. Se asume un programa de mantenimiento anual de sus instalaciones.

### **3.3.2.3 Selección de luminarias**

Para el criterio de selección de luminarias exteriores se puede considerar la normativa del Código Eléctrico Nacional, artículo 410 Luminarias, portalámparas y lámparas. Sección II Ubicación de luminarias inciso 410.10, en el que se especifica las

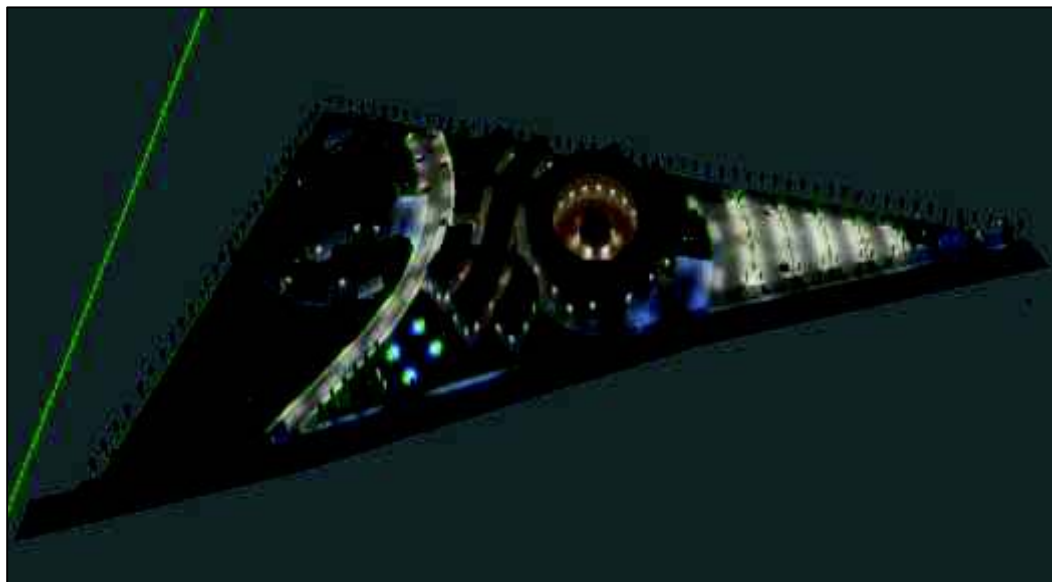
características físicas mínimas que deben cumplir las luminarias a ser ubicadas en espacios exteriores y zonas húmedas. Adicionalmente, la Sección IV Soportes de luminarias de dicha normativa, puede ser considerada como información complementaria en el criterio de selección.

Una vez que DIALux importe las luminarias para uso exterior, el emplazamiento de las mismas queda a decisión del diseñador de iluminación. Asegurarse de obtener el nivel de iluminación establecido con una distribución lumínica uniforme.

Se recomienda tener en cuenta las siguientes sugerencias:

- Asegúrese de realizar una distribución de luminarias tales que eliminen los espacios oscuros o sombras.
- Colocar las luminarias de forma que no dificulten la realización de actividades que se llevarán a cabo en el sitio de trabajo.
- Busque una distribución del flujo luminoso uniforme
- Busque siempre el ahorro energético sin que esto perjudique las características de confort visual.
- Estudiar los mapas luminotécnicos y verificar los niveles de iluminación obtenidos en cada área a fin de realizar cambios de ser necesario.

La **Figura 3.6** muestra una vista lateral 3D del diseño de iluminación exterior del nuevo Observatorio Astronómico finalizado.

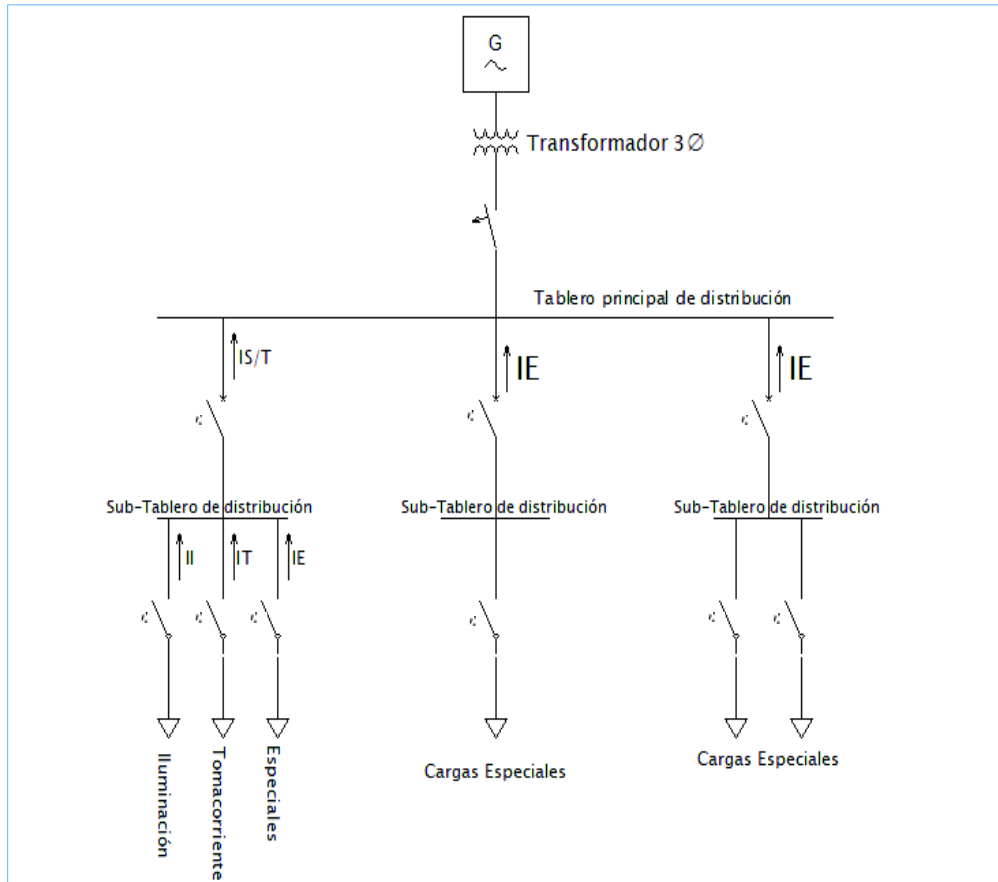


**Figura 3.6.** Diseño de iluminación exterior

Finalmente, se extrae la memoria técnica del proyecto terminado como documento tipo Pdf. tal que la información del diseño sea fácilmente extraíble para la realización del diseño eléctrico.

### 3.4 Diseño eléctrico principal

El diseño eléctrico de las instalaciones considera el esquema de estructura radial mostrado en la **Figura 3.7**.



**Figura 3.7.** Esquema eléctrico de diseño

La **Figura 3.7** es la estructura central de un diseño eléctrico, tiene como eje principal el transformador de distribución encargado de abastecer la demanda total del sistema.

De forma descendente se tiene una barra que representa el tablero principal de distribución encargado de distribuir la energía eléctrica a todos los sub-tableros de distribución y estos a su vez abastecen de energía a cada una de las cargas.

La realización del diseño eléctrico para el proyecto se lo realiza de forma ascendente si se toma como base la **Figura 3.7**. Por lo tanto, se parte del análisis de cada una de las cargas, dadas por el sistema de iluminación, tomacorrientes y circuitos especiales.

### **3.4.1 Sistema de tomacorrientes**

El sistema de tomacorrientes se diseña de forma individual para cada área del complejo. La ubicación correspondiente a esquematizar en los planos eléctricos así como la cuantificación de la demanda total por el sistema de tomacorrientes. Se facilita teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

El CEN en su artículo 210.3 dedicado a circuitos ramales, se establece un valor de corriente nominal por circuito de 15, 20, 30, 40 y 50 amperios.

Se estima un circuito por cada diez salidas y se asume un valor de corriente nominal por salida de 1,5 A o 200 W, valor recomendado de diseño puesto que no se conoce a ciencia cierta los artefactos eléctricos que alimentará un circuito ramal específico (tomacorrientes de uso general).

El CEN el su artículo 210.52, unidades de vivienda (1) salidas exigidas, recomienda que se deben instalar tomacorrientes de tal forma que no exista más de 1.8 m de espacio de pared, medido horizontalmente.

El CEN el su artículo 210.11, unidades de vivienda (1), establece que se debe dejar dos o más ramales de corriente nominal de 20 A destinado a electrodomésticos pequeños.

El CEN el su artículo 210.11, unidades de vivienda (3), establece suministrar al menos un ramal de 20 A destinados a cuartos de baños el cual no debe alimentar otras salidas, salvo si se alimenta a un solo cuarto entonces se permite que el ramal alimente a otros equipos.

EL CEN en su artículo 210.52, salidas de tomacorrientes en unidades de vivienda establece que los pasillos de más de 3 m de pared medidos a lo largo de la línea central del pasillo y sin pasar por ninguna puerta deben contener al menos una salida por tomacorriente.

Se recomienda en sitios en lo que no se tenga una definición clara de los equipos dejar una salida cada 3 m de pared [3].

Tener en cuenta la distribución de los elementos de ambiente obtenida en los planos arquitectónicos del complejo como base para destinar las salidas necesarias en los circuitos de tomacorrientes.

La altura de montaje recomendada es de 0,3 m a nivel de piso terminado, y para casos especiales como baños, cocinas o talleres considerar una altura de 1,2 a 1,5 m [3].

### **3.4.2 Sistema de iluminación general**

El sistema de iluminación está definido en las memorias técnicas obtenidas de DIALux.

Puesto que el diseño de iluminación se lo realizó en su mayoría con luminaria led la corriente de consumo es sumamente baja, sin embargo se recomienda considerar entre 10 a 12 salidas por circuito como regla general puesto que el área iluminada por circuito no es aconsejable que sea muy extensa si se considera un diseño flexible y cuya realización de mantenimiento no genere mayores incomodidades una vez ejecutado el proyecto.

De manera general considerar la altura de montaje de interruptores con una altura de entre 1,2 a 1,4 m y ubicados en áreas cercanas a puertas [3].

Adicionalmente, se prevé el accionamiento de la iluminación en pasillos interiores y exteriores dado por sensores de movimiento tal que el consumo de energía se lo realice de forma eficiente.

### **3.4.3 Diseño de planos eléctricos**

La fase inicial diseño de los planos eléctricos en AutoCAD está principalmente orientado a la ubicación de los cuadros principales de distribución, sub-tableros de distribución y puntos eléctricos siendo estos los correspondientes a iluminación, sistema de tomacorrientes y sistemas de fuerza.

La ubicación correspondiente de cada elemento que forma parte del circuito eléctrico permite definir las trayectorias de los alimentadores principales y secundarios a fin de complementar la realización de los planos eléctricos.

### **3.4.4 Diseño de los sub-tableros de distribución generales**

Los sub-tableros generales de distribución suministran energía a los circuitos de tomacorrientes de uso general, circuitos de iluminación y designaciones especiales. Su diseño y dimensionamiento se realiza de la siguiente manera:

Se considera por ejemplo, el sub-tablero de distribución CE1 ubicado en los pasillos de la zona de alojamiento de público general planta baja. Se extrae de los planos eléctricos el número de salidas designadas a un sub-tablero de distribución a fin de determinar el número de circuitos que posee, tal y como se muestra en la **Tabla 3.2**.

**Tabla 3.2** Características del Sub-tablero CE1

Tablero	Zona de ubicación	Salidas	N° Salidas	N° Circuitos
CE1	Pasillos Público General	Tomacorrientes	22	2
		Iluminación	12	1
		Ducha	4	4

A partir del número salidas por circuito se determina la corriente nominal del mismo, considerando un factor de potencia de diseño de 0,85 como lo recomienda la EEQ en su guía para diseño de redes de distribución, sección A-11, página 9 [13]. Entonces:

Se tiene dos circuitos por tomacorrientes de once salidas cada uno, cuya corriente nominal es:

$$I = \frac{P}{V * \cos\phi}$$
$$I = \frac{2200}{127 * 0,85}$$
$$I = 20,37 A$$

Un circuito por iluminación de doce salidas compuesto por ocho luminarias de potencia nominal 48 W y cuatro luminarias de potencia nominal de 13 W. Por tanto, la corriente nominal del circuito es de:

$$I = 8 * \frac{48}{127 * 0,85} = 3,56 A$$
$$I = 4 * \frac{13}{127 * 0,85} = 0,48 A$$
$$I = 4,04 A$$

Cuatro circuitos destinados a duchas eléctricas, cuya potencia nominal para una ducha Lorenzetti es de 3,85 kW. Por tanto, su corriente nominal es de:

$$I = \frac{3850}{220 * 0,85}$$
$$I = 20,588 A$$

Para los sub-tableros de distribución generales se considera las salidas a 220 V como circuitos especiales.



### 3.4.4.1 Selección de conductores

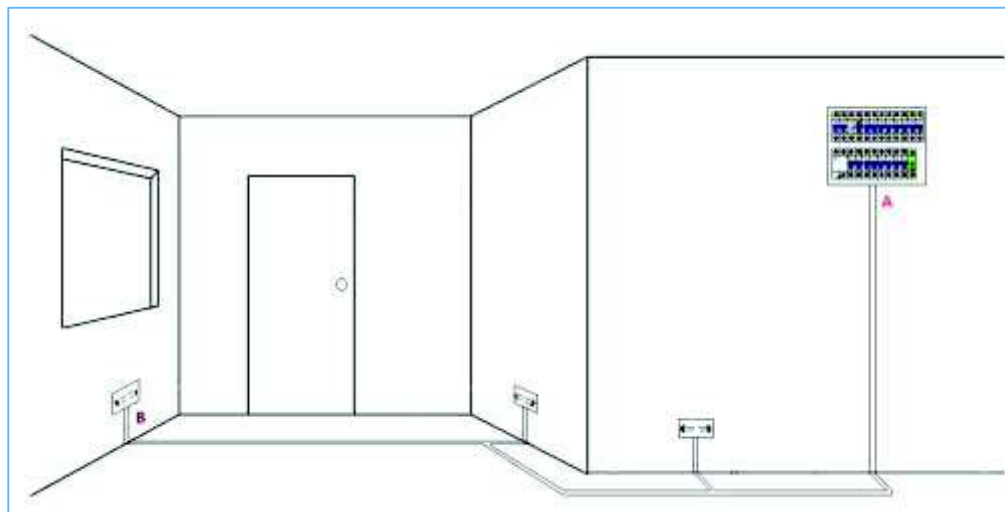
La selección del calibre de conductores por circuito, queda definido por la capacidad de corriente nominal del mismo y se sustenta o se cambia dicho valor de calibre, al obtener las caídas de voltaje correspondientes.

Adicionalmente, en el caso de circuitos ramales, considere la normativa del Código Eléctrico Nacional que en su artículo 310.15.2 recomienda no emplear factores de ajuste en la determinación de los conductores de calibre menor a 12 AWG, es decir, se dimensiona los conductores de los circuitos ramales con el 100% de la corriente nominal determinada para el circuito.

### 3.4.4.2 Determinación de las caídas de voltaje

Para la determinación de las caídas de voltaje en los circuitos ramales de los sub-tableros de distribución se considera el tipo de sistema empleado (monofásico o trifásico), la longitud del circuito, la corriente nominal, el voltaje de operación y la sección del conductor seleccionado.

La longitud del circuito se extrae de los planos eléctricos, en los que se encuentra detallada la trayectoria del circuito. Se recomienda incluir valores correspondientes a las alturas de montaje de los elementos (tomacorrientes, interruptores, sub-tableros de distribución, etc.) tal y como se presenta en la **Figura 3.8** para un circuito de tomacorrientes cuya longitud total está comprendida entre el tramo A-B.



**Figura 3.8.** Longitud de un circuito de tomacorrientes

Adicionalmente, se recomienda puntuar la carga completa en las dos terceras partes de la longitud total del conductor en el caso de los circuitos ramales, puesto que la carga

total no está concentrada en el extremo final del conductor si se considera circuitos por tomacorrientes de uso general e iluminación por ejemplo [3].

Para el sub-tablero de distribución CE1 por ejemplo, se determina el cálculo de las caídas de voltaje crítico para cada uno de sus correspondientes circuitos, entendiéndose como crítico al valor de la caída de voltaje del circuito que porte el mayor valor de corriente nominal a la mayor distancia, entonces:

- a) Caída de voltaje correspondiente a un circuito de tomacorrientes de uso general.

$$\Delta V1\% = 4 * \frac{\left(\frac{2}{3}\right) * L * I}{V * s} = 4 * \frac{19 * 20,37}{127 * 5,26} = 1,54\%$$

- b) Caída de voltaje crítica correspondiente a un circuito por iluminación.

$$\Delta V2\% = 4 * \frac{\left(\frac{2}{3}\right) * L * I}{V * s} = 4 * \frac{17 * 4,04}{127 * 2,082} = 0,69\%$$

- c) Caída de voltaje crítica correspondiente a un circuito por ducha eléctrica.

$$\Delta V3\% = 4 * \frac{L * I}{V * s} = 4 * \frac{13 * 20,59}{127 * 5,26} = 1,6\%$$

#### 3.4.4.3 Balance de cargas

Puesto que los tableros de distribución en su mayoría son monofásicos, bifásicos y en pocos casos trifásicos, el uso de las fases correspondientes del lado secundario del transformador de distribución se irán asignando de manera conjunta con la determinación de la demanda total estimada por cada tablero de distribución con el fin de tener un sistema eléctrico lo más balanceado posible.

#### 3.4.4.4 Estructura del Sub-Tablero de distribución

En la descripción del cuadro eléctrico se define de forma clara y por circuito el número de puntos del que está formado, el voltaje de operación, la carga total instalada, la corriente nominal del circuito, el calibre del conductor empleado en el circuito ramal (ver ANEXO I), la protección seleccionada para el conductor (con base en los valores nominales de las protecciones establecidas en el CEN Art. 240.6) y la fase o fases seleccionadas para cada carga (balance de cargas) como se puede ver en la **Tabla 3.3**.

**Tabla 3.3.** Descripción del Sub-tablero CE1

CUADRO DEL SUB-TABLERO DE DISTRIBUCIÓN CE1							
DEMONINACIÓN	N° PUNTOS	VOLTAJE [V]	CARGA INST.[W]	I Nominal [A]	COND. AWG	PROTECCIÓN	FASE
Tomacorrientes	11	127	2200	20,37	10	30 [A]	R
Tomacorrientes	11	127	2200	20,37	10	30 [A]	S
Iluminación	12	127	436	4,04	14	15 [A]	S
Ducha	1	220	3850	20,59	10	30 [A]	R,S
Ducha	1	220	3850	20,59	10	30 [A]	R,S
Ducha	1	220	3850	20,59	10	30 [A]	R,S
Ducha	1	220	3850	20,59	10	30 [A]	R,S

Finalmente, en la **Tabla 3.4** se determina la potencia total instalada del tablero de distribución diseñado, considerando factores de simultaneidad por circuitos (dados por el diseñador del proyecto), tal que se garantice un adecuado suministro de energía a cada una de las cargas y con los niveles de calidad que se requieren para un adecuado funcionamiento.

**Tabla 3.4.** Potencia instalada del Sub-tablero CE1

CUADRO DE DISTRIBUCIÓN CE1			
DEMONINACIÓN	POTENCIA [W]	FACTOR SIMULTANEIDAD	POTENCIA TOTAL [W]
Tomacorrientes	4400	0,3	1320
Iluminación	436	1	436
Ducha	15400	0,25	3850
POTENCIA TOTAL			5606

### 3.4.5 Diseño de los sub-tableros de distribución especiales

Los sub-tableros de distribución especiales suministran energía a los circuitos de fuerza (motores, bombas etc.) y sistemas especiales (radio telescopios).

Previo al diseño de estos sub-tableros se contempla el análisis de cada una de las cargas, a fin de determinar la corriente nominal y la demanda total estimada por cada sistema luego de considerar los factores de corrección pertinentes. Esto contribuye para definir los componentes y características del sub-tablero.

Se plantea como ejemplo el análisis de la demanda dada por las antenas del sistema de radio telescopios.

#### 3.4.5.1 Determinación de la demanda

Los motores eléctricos ubicados en las bases de los radio-telescopios, son dos motores trifásicos a 60 Hz de 3 HP de potencia nominal y voltaje nominal de 220 V, valores que

son extraídos de las características técnicas de equipos cuyo detalle es mostrado en el Anexo II y de la placa de datos del motor empleado actualmente en el observatorio en un equipo de características similares.

Por tanto la corriente de consumo por motor es de:

$$P = \sqrt{3} * V * I \cos\theta$$

$$746 * 3 = \sqrt{3} * 220 * I * 0,85$$

$$I = 6,91 A$$

Se asume un valor del 125% de la corriente nominal, por tanto la corriente de diseño es de 8,64 A, para un motor.

Considerando que cada antena está formada por dos motores, su demanda será:

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

$$S = \sqrt{3} * 220 * (8,64 + 6,91)$$

$$S = 5925,35 VA$$

#### **3.4.5.2 Determinación del factor de utilización**

El Observatorio Astronómico adquirirá cinco antenas parabólicas que serán ubicadas de forma aleatoria en las ocho salidas definidas en los exteriores del complejo, por lo tanto el factor de utilización se lo puede determinar de la siguiente manera.

$$FU = \frac{\text{Demanda Máxima}}{\text{Capacidad Instalada}}$$

#### **Ecuación 3.1. Definición del Factor de Utilización**

La demanda máxima se da cuando las cinco antenas estén en movimiento, cada una de ellas empleando los dos motores eléctricos con los que cuenta, por tanto la demanda máxima es de 29,65 kVA.

La capacidad instalada considera la existencia de ocho antenas que podrían estar en movimiento cada una empleando los dos motores eléctricos que posee. Por lo tanto, la capacidad instalada es de 34,91 kVA.

El factor de utilización para las antenas del sistema de radio telescopios es de 0,85.

#### **3.4.5.3 Determinación del factor de simultaneidad**

Se puede incluir el denominado factor de simultaneidad sabiendo que si bien las antenas realizarán un movimiento en conjunto (todas al mismo tiempo) por un tiempo

estimado de 30 min, en ningún instante de tiempo una antena hará uso de sus dos motores a la vez.

Puesto que, tanto el movimiento grados verticales (elevación), como el movimiento en grados horizontales (azimut) a realizarse nunca se dan de manera simultánea sino siempre de forma secuencial, de los diez motores que poseen las cinco antenas en conjunto siempre estarán activos cinco de ellos, es decir, el factor de simultaneidad es de 0,5.

Finalmente, se determina la potencia total aparente por el sistema de radio telescopios es de 14,83 kVA.

#### **3.4.5.4 Diseño y dimensionamiento**

Para describir el procedimiento para el diseño y dimensionamiento se toma como ejemplo el sub-tablero de distribución especial CE67, ubicado en el área exterior del área de investigadores. Se extrae de los planos eléctricos las características correspondientes al número de salidas designadas al sub-tablero a fin de determinar el número de circuitos que posee, tal y como se muestra en la **Tabla 3.5**.

**Tabla 3.5.** Características del Sub-tablero CE67

<b>Tablero</b>	<b>Zona de ubicación</b>	<b>Salidas</b>	<b>N° Salidas</b>	<b>N° Circuitos</b>
CE67	Exteriores Área de Investigadores	Antenas	4	4
		Bombas	1	1

#### **3.4.5.5 Selección de conductores**

Puesto que se ha definido la corriente nominal de consumo, la selección de conductores dependerá del número de salidas de las que esté formado el circuito y teniendo en cuenta los siguientes aspectos.

El CEN en su artículo 430.22 Motores, circuitos de motores y controladores, estipula que los conductores que alimenten un solo motor deben tener una capacidad no menor al 125% del valor de la corriente nominal del motor a plena carga y que los conductores que alimenten a varios motores deben tener como mínimo una ampacidad del 125% de la corriente nominal del motor cuyo valor sea el mayor del grupo más la suma de la corriente nominal de los otros motores que serán alimentados.

### 3.4.5.6 Determinación de las caídas de voltaje

Para el sub-tablero de distribución CE67 tomado como ejemplo, se determina el cálculo de las caídas de voltaje para cada uno de sus correspondientes circuitos considerando que pertenecen a sistemas trifásicos.

- a) Caída de voltaje correspondiente a un circuito de Antenas

$$\Delta V1\% = \frac{2\sqrt{3} * L * I}{V_{ll} * s} = \frac{2\sqrt{3} * 50 * 8,64}{220 * 3,307} = 2,05\%$$

- b) Caída de voltaje crítica correspondiente a un circuito de bombas

$$\Delta V2\% = \frac{2\sqrt{3} * L * I}{V_{ll} * s} = \frac{2\sqrt{3} * 10 * 5,18}{220 * 3,307} = 0,25\%$$

### 3.4.5.7 Estructura del sub-tablero de distribución especial

En la descripción del cuadro eléctrico se define por circuito, el número de puntos del que está formado, el voltaje de operación, la carga total instalada, la corriente nominal del circuito, el calibre del conductor por circuito (ver ANEXO I), la protección seleccionada luego de considerar el CEN Art. 430. Protección contra sobrecarga de los motores y de los circuitos ramales (con base en los valores nominales de las protecciones establecidas en el CEN Art. 240.6) y la fase o fases seleccionadas para cada carga (balance de cargas) como se puede ver en la **Tabla 3.6**.

**Tabla 3.6.** Descripción del Sub-tablero CE67

CUADRO DEL SUB-TABLERO DE DISTRIBUCIÓN CE67							
DEMONINACIÓN	N° PUNTOS	VOLTAJE [V]	CARGA INST.[W]	I Nominal [A]	COND. AWG	PROTECCIÓN	FASE
Motores	1	220	4476	8,64	12	20 [A]	R,S,T
Motores	1	220	4476	8,64	12	20 [A]	R,S,T
Motores	1	220	4476	8,64	12	20 [A]	R,S,T
Motores	1	220	4476	8,64	12	20 [A]	R,S,T
Bombas	1	220	1492	5,18	12	20 [A]	R,S,T

Se considera esta metodología de desarrollo para cada sub-tablero especial que forma parte del complejo.

### 3.4.6 Dimensionamiento del Transformador

El dimensionamiento del transformador se determina por el consumo de potencia que demandan todos los componentes de un sistema eléctrico.

Se toma como ejemplo el dimensionamiento del transformador para este proyecto. La **Tabla 3.7** presenta un resumen de las potencias totales que demandan los sub-tableros de distribución ubicados en el área de público general, área de investigadores y los sub-tableros de distribución dedicados a iluminación exterior.

**Tabla 3.7.** Potencias por Sub-tableros de Distribución

Zona	Potencia Total [kW]
Área de público general	190,67
Área de investigadores	42,31
Iluminación exterior	9
Total [kW]	241,98

Puesto que la potencia total de los sub-tableros de distribución está dada en vatios se obtiene los kVA totales:

$$P = V * I * \cos\phi$$

$$S = V * I$$

$$P = S * \cos\phi$$

$$S = \frac{P}{\cos\phi} = \frac{241,98 \text{ kW}}{0,85}$$

$$S = 284,68 \text{ kVA}$$

Adicionalmente, se incluye la potencia demandada por los sistemas de cargas especiales.

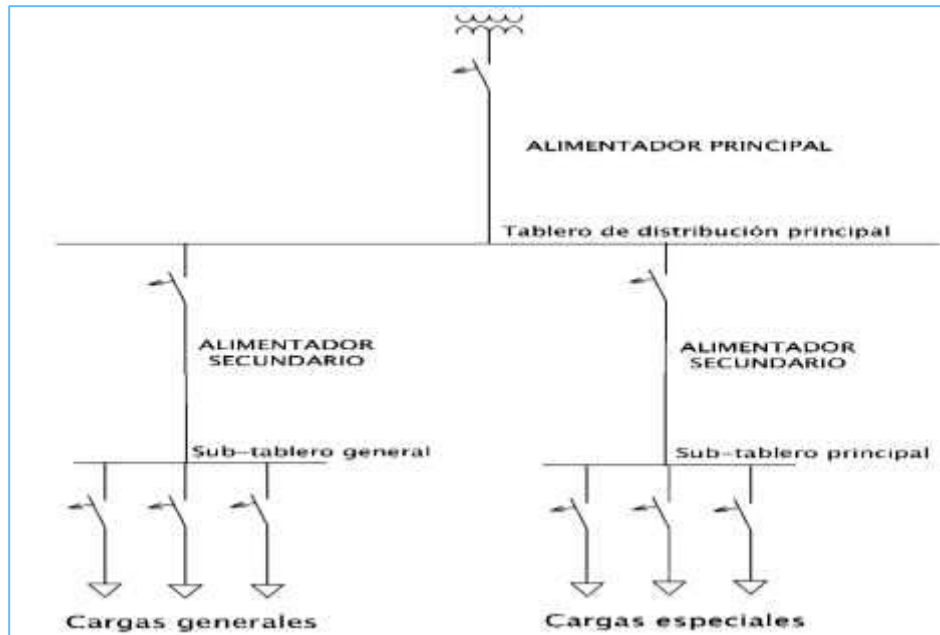
Puesto que en el dimensionamiento de cada uno de los circuitos que forman parte del sistema eléctrico se han considerado los factores de corrección pertinentes, el valor de potencia requerida por el transformador es de 304,78 kVA.

#### **3.4.6.1 Reserva**

Se considera un 15 % de reserva en el transformador. Por tanto, la potencia total aparente requerida por el equipo es de 350,497 kVA.

#### **3.4.7 Selección de alimentadores principales y secundarios**

Se define como alimentadores principales aquellos conductores destinados a alimentar los tableros principales de distribución y como alimentadores secundarios los destinados a alimentar los sub-tableros de distribución generales y especiales tal y como se presenta en la **Figura 3.9**.



**Figura 3.9.** Representación de alimentadores principales y secundarios

Los criterios de selección generales para dichos alimentadores se describen de la siguiente manera:

Acorde al CEN en su artículo 220.40 se establece que la carga dimensionada para un alimentador no debe ser inferior a la suma de cargas en los circuitos ramales, que en este caso ya han sido determinadas considerando los correspondientes factores de simultaneidad. La determinación del calibre del conductor para estos alimentadores contempla el uso de factores de corrección puesto que se considera la diversidad de la carga.

Los alimentadores que sirvan a una combinación entre cargas intermitentes y permanentes se dimensionan multiplicando las cargas intermitentes por el factor de simultaneidad más la carga permanente por el factor de utilización correspondiente.

De manera general se utiliza conductores tipo TW/600 V.

En la selección de un alimentador se toma como ejemplo el alimentador secundario 1, destinado a alimentar los sub-tableros de distribución número 20, 21 y 63 (ver planos eléctricos). La corriente nominal demanda por dichos tableros es de 144,35 A, al que se aplica un factor de demanda de 0,65 [13].

En base a la longitud obtenida de los planos eléctricos y la capacidad de corriente que transporta el alimentador, se define el calibre del conductor tal que su caída de voltaje



este dentro de los rangos permitidos así como la protección correspondiente, lo cual se detalla en la **Tabla 3.8**.

**Tabla 3.8.** Descripción del alimentador secundario 1

Tablero	Secundario 1
Voltaje [V]	127
Sistema	1Ø
Longitud [m]	72
Factor corrección	0,65
Corriente [A]	93,82
N° Cond/Fase	2
Fases	R
Calibre	2
Sección [mm <sup>2</sup> ]	53,48
Protección [A]	150
$\Delta V$ %	2,65

### 3.4.8 Selección del conductor del Neutro

Por recomendación de personas expertas se selecciona el calibre del conductor del neutro el mismo calibre determinado para cada una de las correspondientes fases.

### 3.4.9 Selección de canalizaciones

#### 3.4.9.1 Alimentadores principales y secundarios

La trayectoria del cableado para los alimentadores principales y secundarios se la realizará por piso mediante bandejas portacables (uso permitido por el CEN en su artículo 392.3 dedicado a bandejas portacables). Debido al calibre de dichos conductores esta alternativa facilita el transporte y maniobras durante la instalación y mantenimiento.

#### 3.4.9.2 Circuitos ramales

Los circuitos ramales estarán distribuidos mediante tubería metálica tipo EMT. Esta tubería es fácilmente moldeable y ofrece un nivel de resistencia adecuado por lo que su uso es ideal en aplicaciones de cielo raso y en caso de ser empotradas ya sea en piso o pared.

El diámetro de la tubería depende exclusivamente del número de conductores que transporte y esto es característica de cada circuito ramal. Para esto, se recomienda utilizar las tablas C1 del CEN capítulo 9 sección tablas y presentadas en el ANEXO IV

de este trabajo, en las que se especifica el número máximo de conductores para una tubería metálica tipo EMT considerando el porcentaje de relleno permitido en la tubería.

En el ANEXO IV se presentan las especificaciones mencionadas para los tipos de conductores seleccionados en la realización de este proyecto.

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

En la selección de un sistema de puesta a tierra es importante considerar que el CEN en su artículo 250.32, dedicado a puestas a tierra, determina que el edificio o estructura alimentada por un alimentador o circuito ramal debe tener un electrodo de puesta a tierra o un sistema de electrodo de puesta a tierra.

Los conductores de puesta a tierra de equipos se deben tender con los conductores de la alimentación y estar conectados a la estructura del edificio y al electrodo de puesta a tierra.

#### **3.4.10.1 Sistema del electrodo de puesta a tierra**

El CEN en su artículo 250.50 establece que todos los electrodos de puesta a tierra de una sola estructura alimentada deben unirse entre sí para formar el sistema del electrodo de puesta a tierra.

Para la realización del sistema de puesta a tierra se puede considerar como electrodos permitidos a los siguientes elementos:

- Las tuberías metálicas subterráneas para agua cuyo contacto directo con la tierra esté a una longitud de 3 m o más y que sea continua eléctricamente hasta los puntos de conexión del electrodo de puesta a tierra.
- Armazón metálico (construcción) de una estructura cuando ésta demuestre establecer una clara conexión a tierra.
- Electrodo enterrado en concreto en por lo menos 50 mm, ubicado horizontalmente cerca del fondo o de forma vertical en una porción de cemento en contacto directo con la tierra.
- Electrodos de varilla y tubo los cuales no deben ser menores que 2.44 m y de materiales de acero con la superficie exterior galvanizada (tamaño comercial  $\frac{3}{4}$  de pulgada), acero inoxidable o acero recubierto de cobre o zinc (tamaño mínimo  $\frac{5}{8}$  de pulgada).

El CEN en su artículo 250.53 establece que los electrodos de varilla deben ser incrustados preferiblemente por debajo del nivel de humedad y separados a una distancia no menor a 1,83 m una de otra. Considerar que dos o más electrodos de puesta a tierra serán considerados como un solo sistema de electrodo de puesta a tierra.

El material del electrodo de puesta a tierra debe ser de cobre, o aluminio revestido de cobre. El calibre del conductor del electrodo de puesta a tierra se lo define a partir de la tabla mostrada en la **Tabla 3.9** (obtenida del CEN artículo 250.66) [6].

**Tabla 3.9.** Calibre del conductor del electrodo de puesta a tierra [6].

Calibre del mayor conductor no puesto a tierra de entrada de la acometida, o área equivalente para conductores en paralelo(AWG/Kcmil)		Calibre del conductor del electrodo de puesta a tierra (AWG/Kcmil)	
Cobre	Aluminio o aluminio recubierto de cobre	Cobre	Aluminio o aluminio recubierto de cobre
2 o menor	1/0 o menor	8	6
1 ó 1/0	2/0 ó 3/0	6	4
2 ó 3/0	4/0 o 250	4	2
Más de 3/0 hasta 350	Más de 250 hasta 500	2	1/0
Más de 350 hasta 600	Más de 500 hasta 900	1/0	3/0
Más de 600 hasta 1,100	Más de 900 hasta 1,750	2/0	4/0
Más de 1,100	Más de 1,750	3/0	250

#### 3.4.10.2 Selección del conductor de tierra

La selección del calibre mínimo del conductor de puesta a tierra queda definido a partir del artículo 250.122 del CEN, calibre de conductores de puesta a tierra de equipos.

La selección de dicho conductor será diferente para cada parte de la instalación y dependerá exclusivamente del valor nominal de la corriente de diseño del circuito.

Para la selección de dicho conductor por circuito se emplea la tabla V.I que se encuentra en el ANEXO V y que fue tomada del CEN.

#### 3.4.10.3 Resistencia del sistema de puesta a tierra

Acorde a la normativa ANSI/IEEE 80, se recomienda un valor de máximo de resistencia de puesta a tierra que depende del tipo de aplicación a la que esté dirigida.

El valor de resistencia de puesta a tierra dependerá en gran medida del valor de la resistividad del suelo, para lo cual la normativa ANSI/IEEE 81:1983, establece valores referenciales para muestras de suelo uniforme.

### 3.5 Sistema eléctrico de emergencia

El sistema eléctrico de emergencia a implementar es un sistema eléctrico combinado, es decir, una parte de los circuitos destinados al sistema eléctrico de emergencia serán alimentados por la red eléctrica principal y por la red eléctrica emergente mientras que la otra parte de ellos serán de alimentación exclusiva del sistema de emergencia.

Puesto que se consideran circuitos con alimentación exclusiva del sistema eléctrico de emergencia, es necesario diseñar y dimensionar cada sub-tablero de distribución que forma parte de este sistema siguiendo la metodología aplicada al sistema eléctrico principal.

#### 3.5.1 Dimensionamiento del generador de emergencia

El dimensionamiento del generador se define por el consumo de potencia que demanda cada uno de los sub-tableros de distribución exclusivos del sistema de emergencia, circuitos de fuerza y circuitos especiales que se considera tienen una prioridad en la continuidad del servicio eléctrico.

Para describir el proceso de dimensionamiento del generador de emergencia se toma como ejemplo el equipo que se utiliza en este proyecto. Para esto, la **Tabla 3.10** resume las potencias totales de demandan los circuitos seleccionados a ser parte de este sistema en todo el complejo.

**Tabla 3.10.** Potencia del generador de emergencia

Zona	Potencia Total [kW]
Área de investigadores	32,80
Área de público general	1,73
Sistema radio telescopio (antenas)	11,67
Iluminación exteriores	9
Total [kW]	55,2

$$P = V * I * \cos\phi$$

$$S = V * I$$

$$P = S * \cos\phi$$

$$S = \frac{P}{\cos\phi} = \frac{55,2 \text{ kW}}{0,85}$$

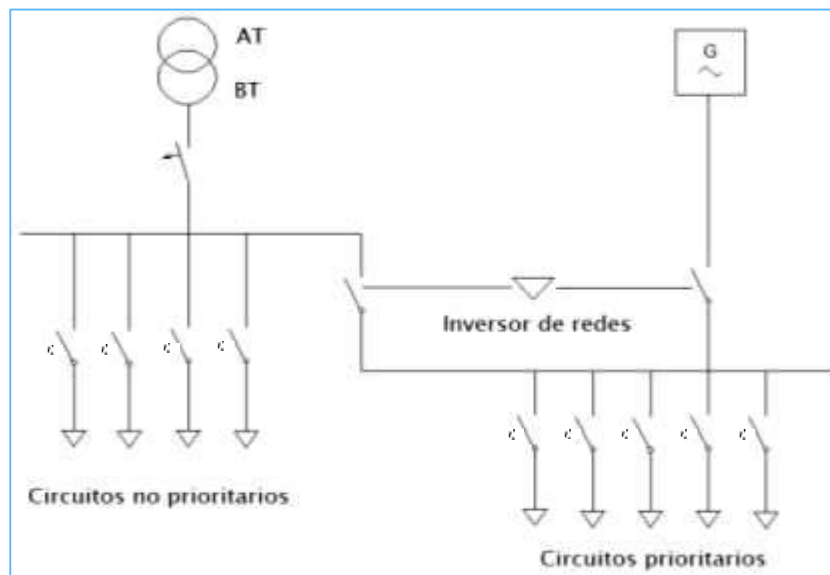
$$S = 69,94 \text{ kVA}$$

Se considera una reserva del 40 %. Por tanto, se requiere un generador de emergencia de una potencia de 90,91 kVA.

### 3.5.2 Operación del sistema eléctrico de emergencia

Puesto que existen circuitos cuya alimentación se realiza por medio de la red eléctrica principal y por el sistema de emergencia se hace necesaria la transferencia de carga en cada tablero principal de distribución, tal que se garantice que los circuitos sean alimentados solo por una de estas dos fuentes.

En el esquema de la **Figura 3.10** se representan los circuitos considerados prioritarios (abastecidos con alimentación principal y emergente) y no prioritarios (alimentados exclusivamente por la red principal).



**Figura 3.10.** Esquema de transferencia para el sistema de emergencia

Este esquema de transferencia tiene como componente principal un inversor de redes encargado de seleccionar el tipo de alimentación que se brinda a los correspondientes circuitos (principal o emergente) y que considera un accionamiento automático.

### 3.5.3 Sistema de alimentación ininterrumpida (SAI)

La desenergización parcial debido a la transferencia entre el sistema eléctrico principal y el sistema eléctrico emergente más la existencia de motores eléctricos (dentro del

sistema eléctrico) cuyo arranque produce distorsiones armónicas, hacen necesaria la implementación de un módulo SAI.

Se utilizará un sistema de alimentación ininterrumpida de modo doble conversión, dedicado de forma exclusiva a la alimentación de los secundarios cuya carga contenida se considere sensible.

Es importante mencionar que el grupo electrógeno podría presentar anomalías en su funcionamiento al ser asociado al SAI, puesto que una distorsión armónica de corriente puede ocasionar notables interferencias en el alternador llegando incluso a un posible apagado del mismo. Para esto la empresa Legrand en su guía para la selección de los SAI recomienda sobredimensionar el generador entre 1,5 a 2 veces la potencia del SAI.

### **3.6 Diseño eléctrico del sistema de observaciones nocturnas**

El diseño eléctrico del sistema de observaciones nocturnas es un diseño particular que será integrado al sistema eléctrico principal y de emergencia.

Para el Observatorio Astronómico este sistema se implementa en el área de investigadores y está destinado a la alimentación de los telescopios dedicados a realizar observaciones nocturnas (ubicados en la planta alta del área de investigadores) y al diseño de iluminación especial (color rojo) en sus pasillos interiores.

La potencia que demanda este sistema no es considerada en el dimensionamiento del generador de emergencia ni en el dimensionamiento del transformador principal, puesto que en condiciones normales de operación de este sistema, se hace necesaria la desenergización de toda el área de investigadores y una parte del área de público general, es decir, se reduce la demanda total del sistema. Por lo tanto la potencia del transformador así como la del generador de emergencia, suplirán esta demanda sin tener en cuenta alguna consideración adicional.

#### **3.6.1 Diseño eléctrico**

Considerando los parámetros definidos en la metodología para el diseño de sub-tableros de distribución del sistema eléctrico principal, se diseña el sub-tablero correspondiente que contendrá los circuitos de tomacorrientes e iluminación especial, dedicados al sistema de observaciones nocturnas.

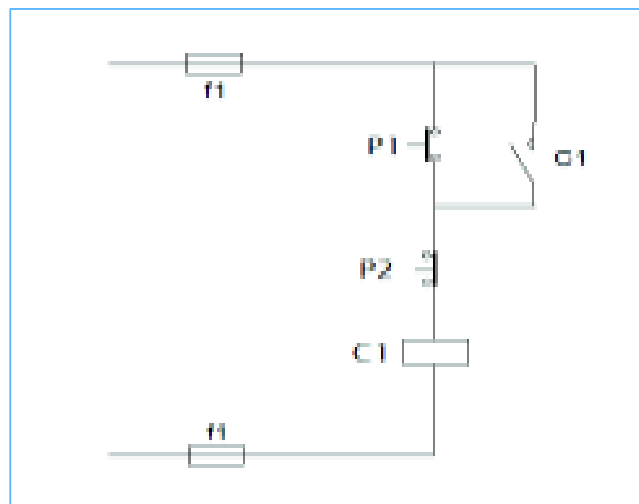
Se contempla de forma obligatoria la energización de este sub-tablero de distribución únicamente cuando entre el funcionamiento el sistema de observaciones nocturnas.

### 3.6.2 Operación del sistema eléctrico del sistema de observaciones nocturnas

A fin de operar el sistema de observaciones nocturnas se hace necesaria la desenergización total del área de investigadores y de una parte del área de público general.

Para esto se realiza un diagrama de control y fuerza que permitan automatizar la energización y desenergización de los alimentadores correspondientes y que además cuente con los bloqueos respectivos, tal que se garantice que no habrá maniobras accidentales (encendido de luces) durante el tiempo de realización de las observaciones nocturnas.

La **Figura 3.11** es un esquema de control denominado marcha-paro, encargado de activar o desactivar el sistema.

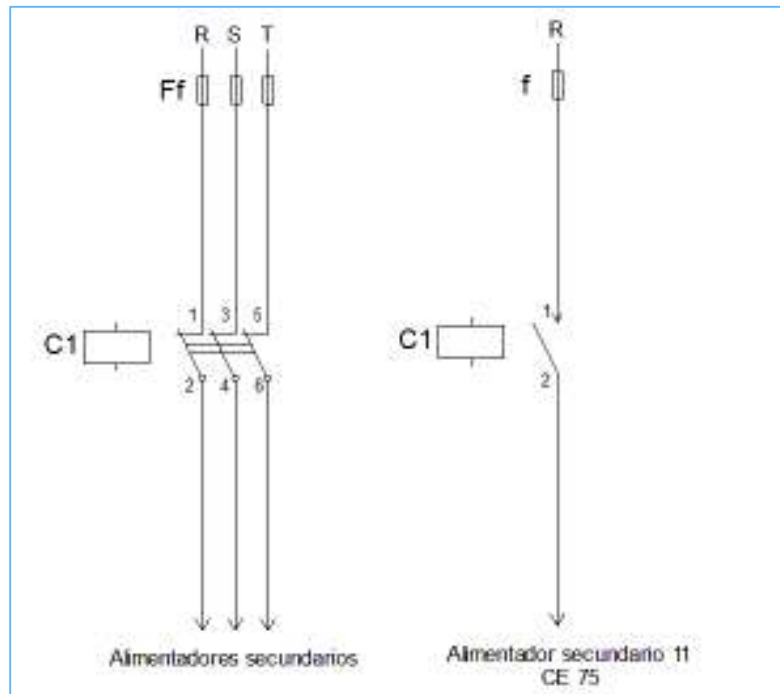


**Figura 3.11.** Circuito de mando marcha paro

El circuito de control mostrado en la **Figura 3.11** posee un pulsador normalmente abierto (P1) quien activa el sistema de observaciones nocturnas (da la orden de activación para que se ejecuten las acciones correspondientes de energizar o desenergizar) y pulsador normalmente cerrado (P2) quien desactiva el sistema ordenando ejecutar acciones inversas a las realizadas por P1.

Mediante los contactores normalmente abiertos y normalmente cerrados pertenecientes al contactor C1 de la **Figura 3.11** se realizan las acciones correspondientes de energización o desenergización en el circuito de fuerza (alimentadores secundarios) y así mismo con su propio contacto auxiliar se realiza un enclavamiento tal que al ser pulsado P1 el sistema se active y se mantenga así hasta que P2 lo desactive.

El esquema del circuito de fuerza se lo representa en la **Figura 3.12** de forma general para un alimentador trifásico y monofásico.



**Figura 3.12.** Circuito de fuerza

La **Figura 3.12** es un esquema general del circuito de fuerza a implementar en los alimentadores secundarios que forman parte del sistema de observaciones nocturnas.

En la **Figura 3.12** el alimentador representado con tres fases posee contactos normalmente cerrados de C1, es decir es el esquema a implementar en todos aquellos circuitos que se encuentran energizados cuando el sistema de observaciones nocturnas no está activado.

En la **Figura 3.12** el alimentador representado como monofásico posee contactos normalmente abiertos de C1 y es el esquema que se emplea en la energización del sub-tablero correspondiente al sistema de observaciones nocturnas, de esta forma se asegura que su energización se dé únicamente cuando dicho sistema se active.



## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Del desarrollo del proyecto los resultados correspondientes se presentan de manera secuencial a la realización del mismo, de la siguiente manera:

### 4.1 Diseño de iluminación

#### 4.1.1 Iluminación interior

Los niveles de iluminación aplicados en los principales locales que forman parte del complejo se presentan en la **Tabla 4.1**.

**Tabla 4.1.** Iluminación en lugares de trabajo

Descripción del local		Iluminación establecida [lux]
Taller de mecánica	Área circundante	300
	Puesto de trabajo	500
Taller de electrónica	Área circundante	300
	Puesto de trabajo	750
Máquinas		300
Área de meteorología		500
Telescopios		100
Astronomía en el visible		500
Radio Astronomía	Área circundante	300
	Puesto de trabajo	500
Geomagnetismo	Área circundante	300
	Puesto de trabajo	500
Área de meteoritos		500
Control satelital	Área circundante	300
	Puesto de trabajo	500

Considerar que en áreas consideradas generales como dormitorios, pasillos, comedor etc. se aplicó los niveles de iluminación claramente definidos en las normas.

#### 4.1.2 Iluminación exterior

Los niveles de iluminación aplicados al área exterior del complejo respecto de los niveles mínimos recomendados por normas se presentan en la **Tabla 4.2**.

**Tabla 4.2.** Intensidad lumínica exterior

Descripción del Área	Iluminación mínima [Lux]	Iluminación aplicada [Lux]
Área de parqueadero	10	50
Área de radiotelescopios y espacios verdes	5	10
Cancha deportiva	50	150
Espacio de Juegos y recreación	20	40
Guardianía	5	20
Pasillos	5	13

Plaza de bienvenida	5	20
Tótem	5	8

## **4.2 Diseño eléctrico principal**

### **4.2.1 Planos eléctricos**

El Archivo DWG realizado en AutoCAD, contiene siete planos eléctricos correspondientes al sistema eléctrico principal, distribución de alimentadores principales y secundarios, sistema eléctrico de emergencia y sistema eléctrico de observaciones nocturnas.

Este archivo se presenta dentro de los documentos adjuntos al proyecto.

### **4.2.2 Descripción de cuadros eléctricos**

Las características de los sub-tableros generales y especiales de distribución que forman parte del sistema eléctrico principal se encuentran en la memoria técnica correspondiente en los documentos adjuntos al proyecto.

### **4.2.3 Selección del transformador**

A partir de las capacidades nominales de los transformadores de distribución presentados en el Anexo III y extraídas de la guía de diseño de sistemas de distribución de la Empresa Eléctrica Quito, se selecciona la utilización de un transformador trifásico tipo frente muerto de capacidad nominal de 350 kVA.

### **4.2.4 Alimentadores principales y secundarios**

Las características de los circuitos formados por alimentadores principales y secundarios dadas por el voltaje de operación, longitud del circuito, factores de corrección utilizados para su dimensionamiento, corriente nominal, número de conductores por fase, fases seleccionadas, calibre del conductor, sección del conductor, protección seleccionada y caída de voltaje se encuentran claramente detalladas en la memoria técnica correspondiente en los documentos adjuntos al proyecto.

### 4.2.5 Diagrama eléctrico unifilar completo diseñado

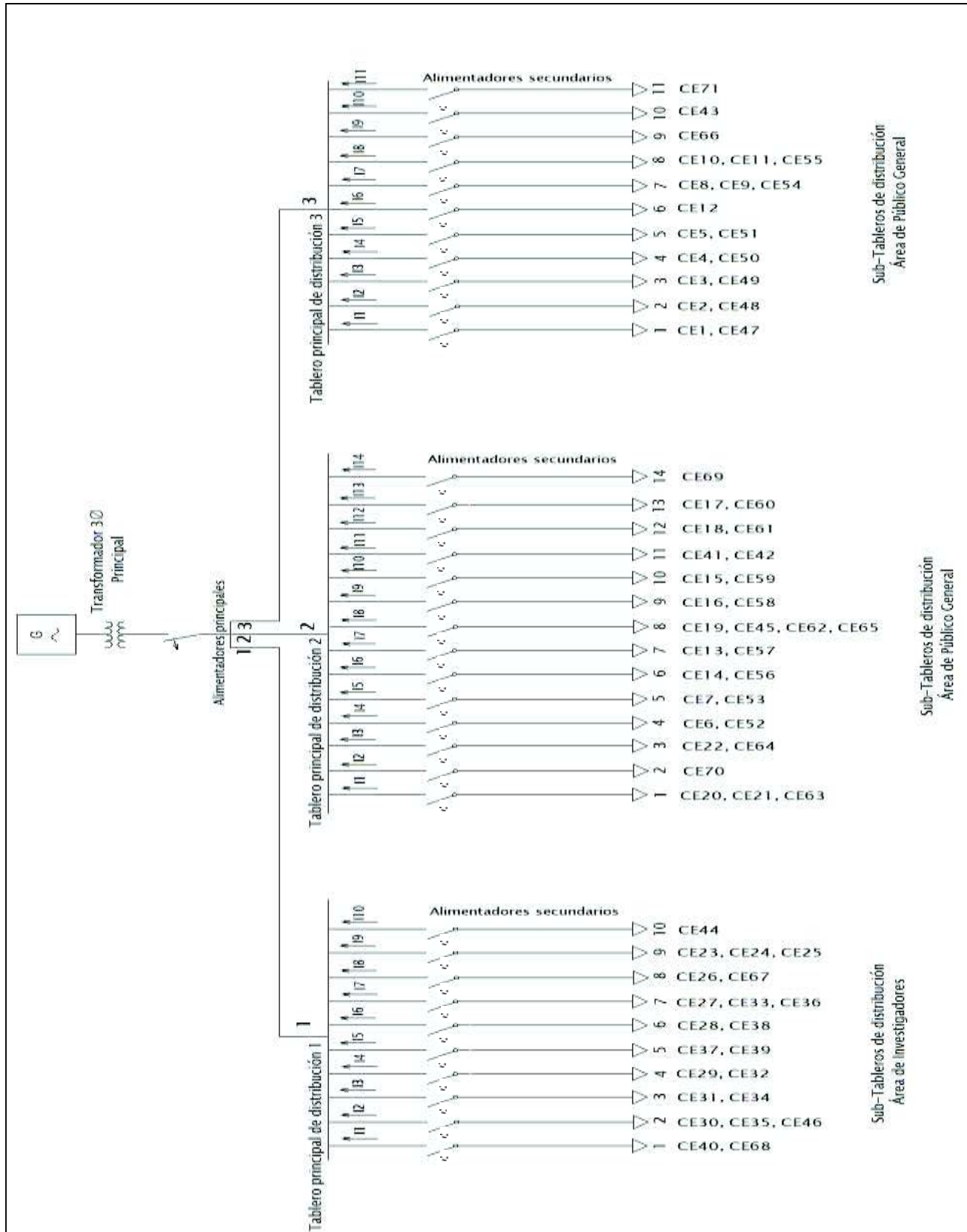


Figura 4.1. Diagrama eléctrico unifilar completo

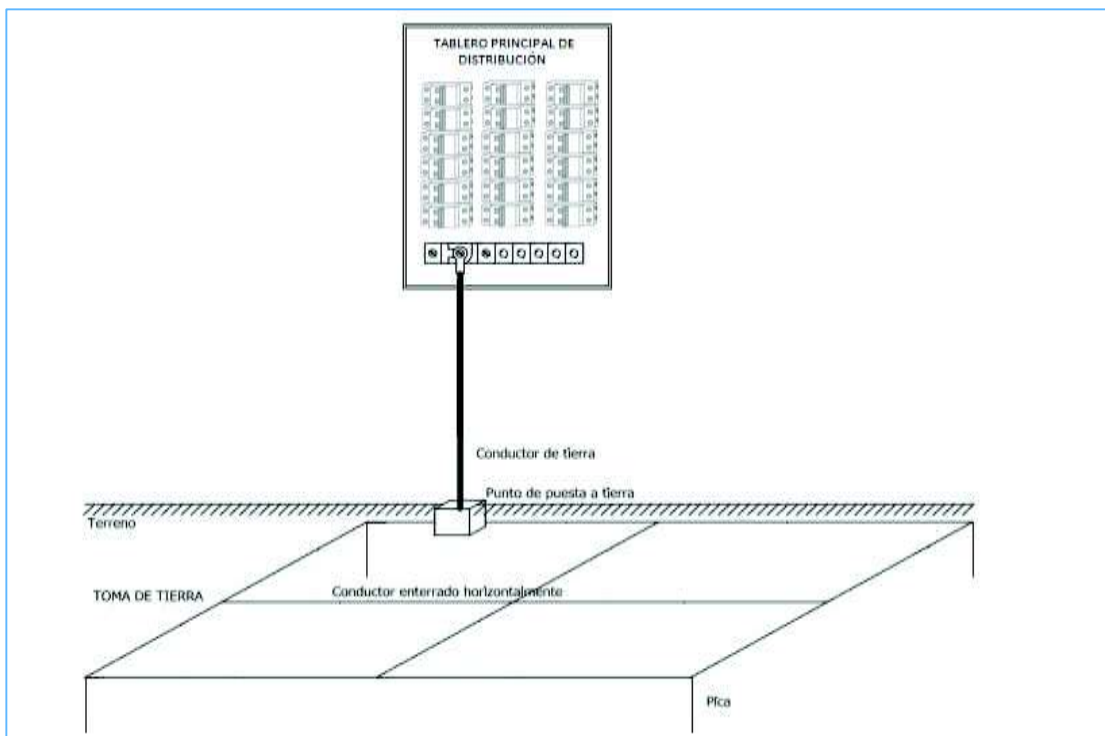
#### 4.2.6 Selección del Sistema de puesta a tierra

El diseño de puesta a tierra implementado se dimensionó acorde con la normativa ANSI/IEE Std. 80 y Std. 81.

Para esto se determina que el complejo se encuentra ubicado en sobre un suelo de características arenosas cuyo valor de resistividad se encuentra entre 40 - 240 [ $\Omega$ ] [32].

Por tanto, se aplica un sistema de puesta a tierra a cada sub-tablero principal de distribución, cuya estructura es una malla en forma cuadrangular de 3,5 m de longitud conectadas mediante un conductor de cobre desnudo calibre 2 tal y como se presenta en la **Figura 4.2**.

Adicionalmente, se propone la implementación de cuatro varillas Copperweld de 5/8" y de 2,4 m de longitud, en los extremos de la malla de puesta a tierra propuesto a fin de mejorar la resistencia de puesta a tierra de todo el sistema tal y como se presenta en la **Figura 4.2**.



**Figura 4.2.** Esquema de puesta a tierra

Puesto que la normativa ANSI/IEE Std. 80 recomienda un valor máximo de resistencia de puesta a tierra de 15 [ $\Omega$ ], se recomienda emplear el diseño mencionado únicamente en valores inferiores a los 100 [ $\Omega \cdot m$ ] de resistividad del suelo, puesto que solo en valores inferiores de resistividad se garantiza que la resistencia de puesta a tierra sea

menor a los 15 [ $\Omega$ ] (ver valores de resistencia de puesta a tierra obtenidos para varios valores de resistividad del suelo que se encuentran en el documento Excel adjunto al trabajo escrito). El valor real de resistividad del suelo será verificado en campo una vez que se retire la capa vegetal para la construcción.

Adicionalmente, se sugiere dejar un sistema de puesta a tierra compuesto por un solo electrodo, para cada antena del sistema de radio telescopios como lo recomienda el fabricante.

Considerar de ser posible el uso de tubería metálica de agua o estructura de construcción del complejo acorde a lo previamente mencionado tal que se mejore la calidad del sistema de puesta a tierra.

### **4.3 Diseño eléctrico de emergencia**

El sistema de alimentación de emergencia abastecerá el área total de investigadores con excepción de la sala de conferencias, cafetería, sala de cómputo y biblioteca.

En el área de público general se prevé la alimentación del sistema de iluminación exterior, circuitos de fuerza y el sistema de iluminación de emergencia diseñada exclusivamente en los pasillos interiores a dicha área.

#### **4.3.1 Descripción de cuadros eléctricos**

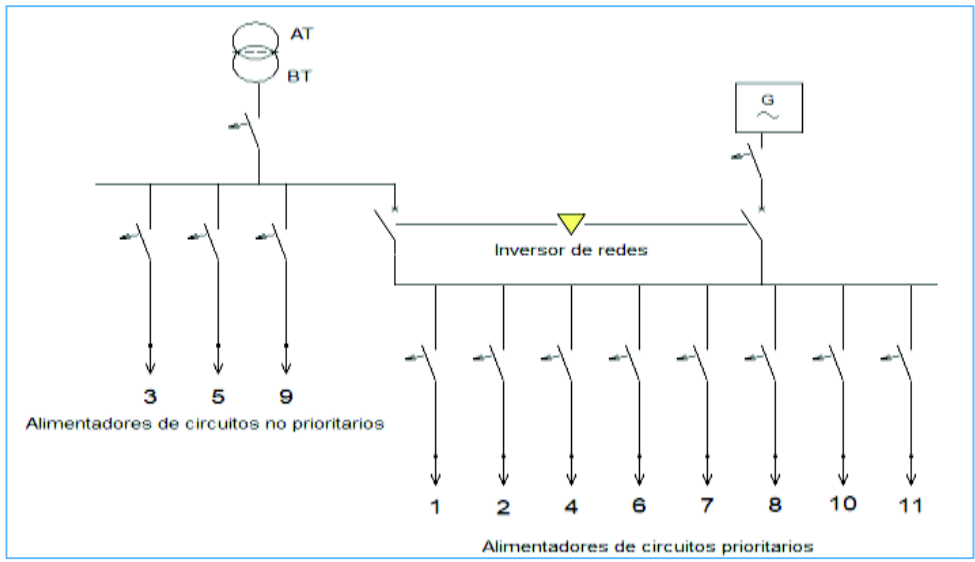
Las características de diseño y dimensionamiento de los sub-tableros de distribución y alimentadores principales y secundarios que forman parte del sistema eléctrico de emergencia se encuentran en la memoria técnica correspondiente en los documentos adjuntos al proyecto.

#### **4.3.2 Selección del generador de emergencia**

Se selecciona un generador trifásico de potencia nominal del 100 kVA, cuyos requerimientos mínimos necesarios son que opere a una frecuencia de 60 Hz a niveles de voltaje de 127/220 V.

#### **4.3.3 Diagramas unifilares de los esquemas de transferencia**

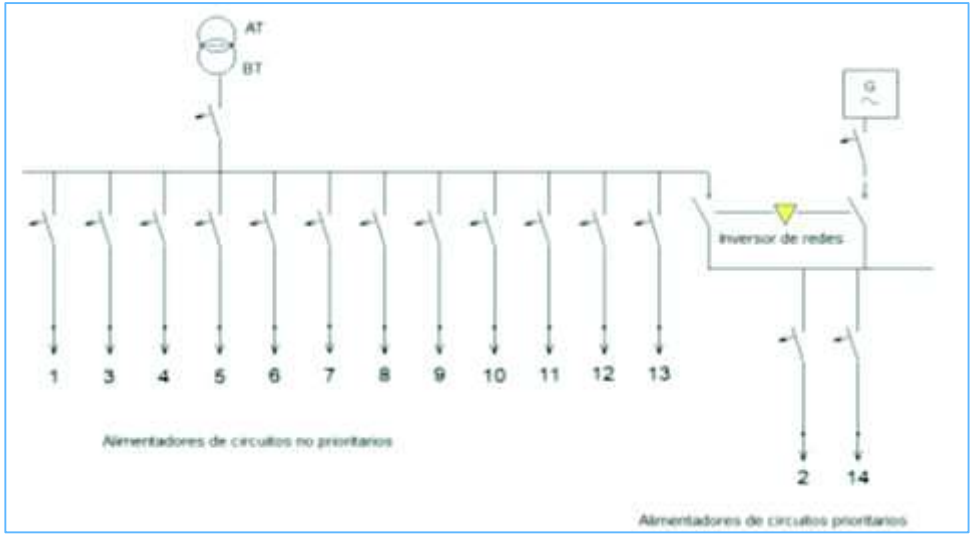
La Figura 4.3 muestra el esquema de transferencia de energía que se debe realizar en el tablero de distribución principal 1, ubicado en los exteriores del área de investigadores.



**Figura 4.3.** Transferencia del tablero principal de distribución 1

El esquema de la **Figura 4.3** contiene la mayor cantidad de circuitos considerados prioritarios por estar ubicados en el área de investigadores y cuyo suministro de energía esta regulado por el SAI.

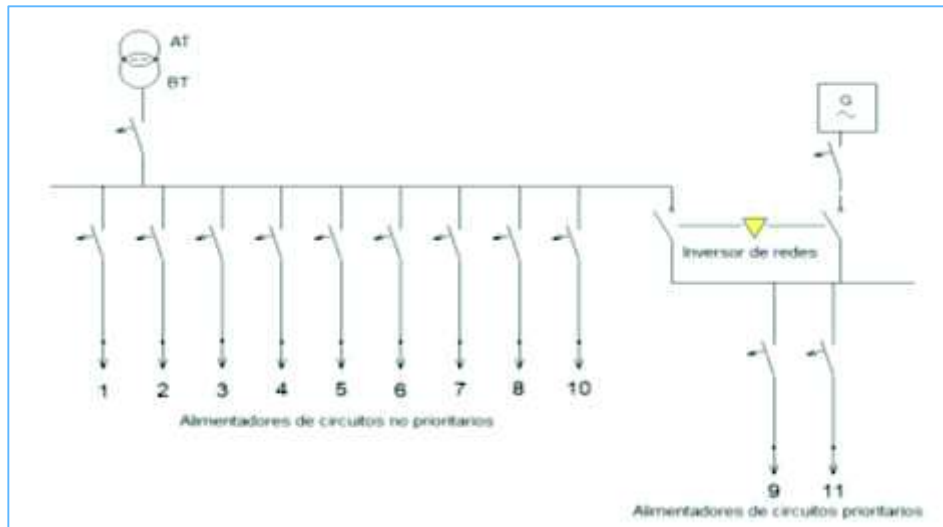
La **Figura 4.4** muestra el esquema de transferencia de energía que se debe realizar en el tablero de distribución principal 2, ubicado en los exteriores del área de público general.



**Figura 4.4.** Transferencia del tablero principal de distribución 2

El esquema de la **Figura 4.4** contiene como circuitos prioritarios solo aquellos dedicados a formar parte del sistema de radio telescopios.

La **Figura 4.5** muestra el esquema de transferencia de energía que se debe realizar en el tablero de distribución principal 3, ubicado en los exteriores del área de público general.



**Figura 4.5.** Transferencia del tablero principal de distribución 3

El esquema de la **Figura 4.5** contiene como circuitos prioritarios solo aquellos dedicados a formar parte del sistema de radio telescopios e iluminación exterior.

#### **4.3.4 Selección del sistema de alimentación ininterrumpida**

Considerando la existencia de cargas altamente sensibles se define el uso de un sistema de alimentación ininterrumpida de modo doble conversión dedicado de forma exclusiva a la alimentación de los alimentadores secundarios que abastecen las zonas interiores del área de investigadores. Estos alimentadores corresponden a los conductores identificados con los números 1, 2, 4, 6, 7, 8 y 11 del tablero principal de distribución 1 ubicado en el área de investigadores y claramente detallados en los correspondientes planos eléctricos diseñados en Autocad.

Se recomienda el uso de una estructura modular tal que abastezca de energía de calidad a toda carga considerada sensible. Por tanto, si se considera el 100% de la carga de dichos alimentadores en el área de investigadores se necesita de un SAI de una capacidad nominal de 40 kVA.

### 4.3.5 Esquema unifilar del sistema eléctrico de emergencia implementado

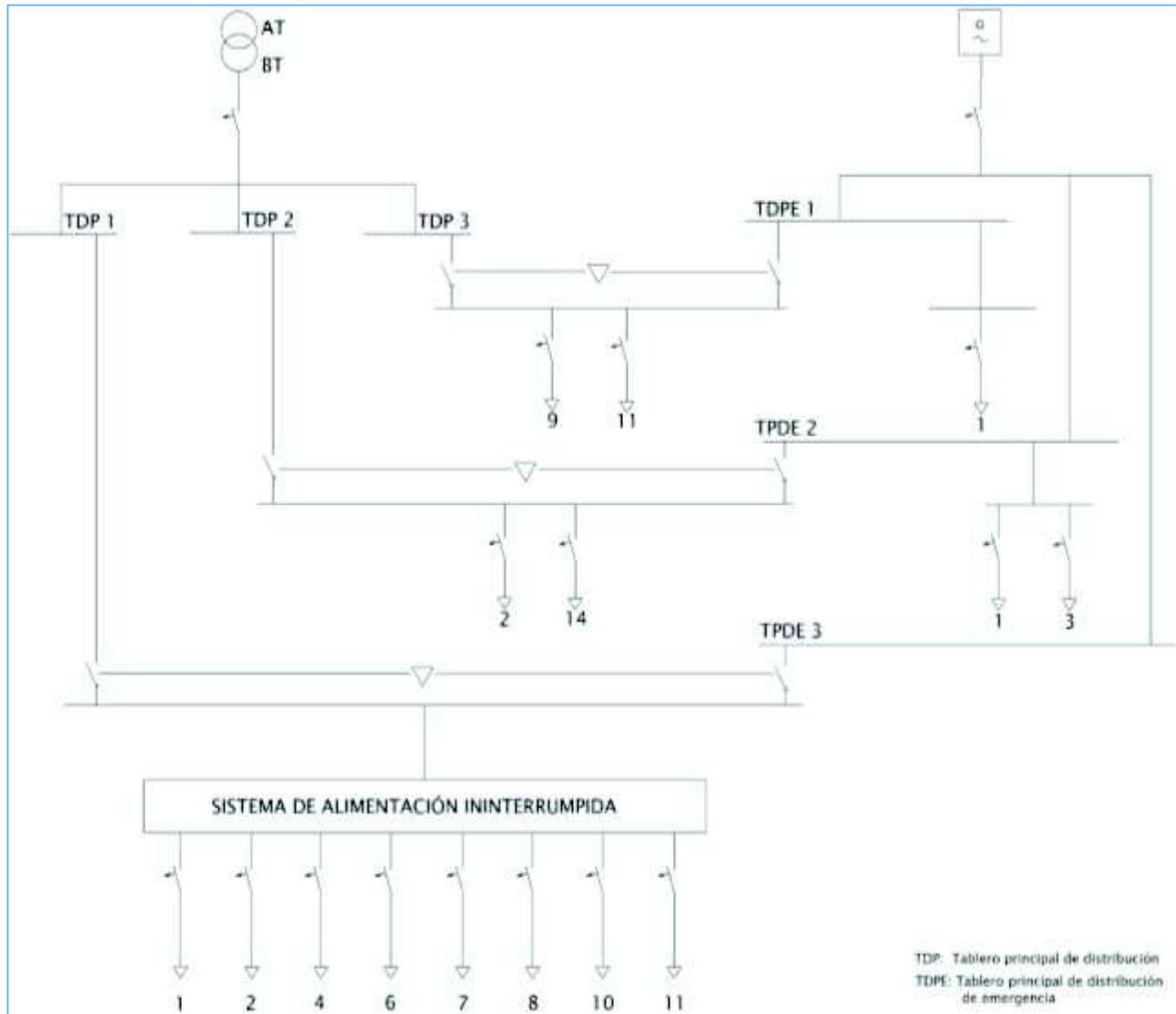


Figura 4.6. Esquema unifilar completo del sistema eléctrico de emergencia

## 4.4 Diseño eléctrico del sistema de observaciones nocturnas

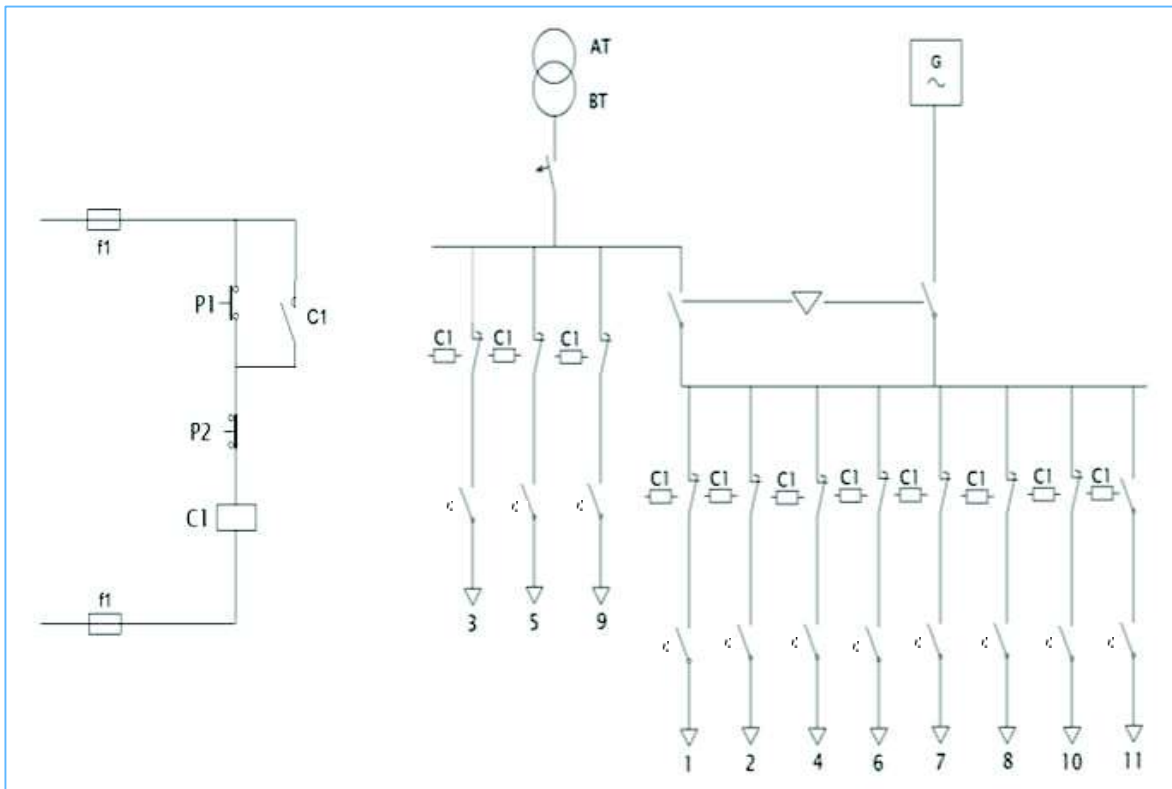
La activación del sistema de observaciones nocturnas implica realizar acciones que se detallan de la siguiente manera:

### 4.4.1 Área de investigadores

En el área de investigadores, tablero principal de distribución 1, se realiza desenergización de los alimentadores secundarios número 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 y la energización del alimentador secundario número 11.



El diagrama eléctrico de la **Figura 4.7** presenta el esquema de control y de fuerza necesarios para activar o desactivar el sistema de observaciones nocturnas en el tablero de distribución principal 1.

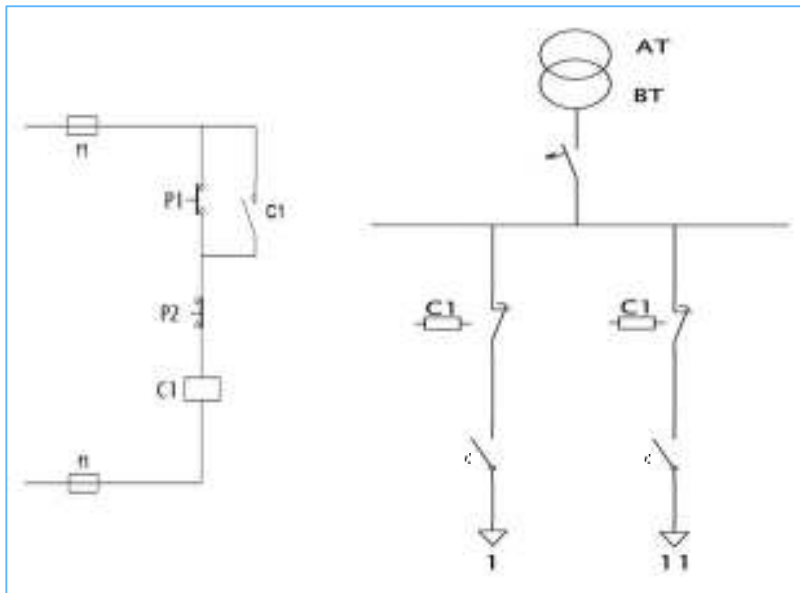


**Figura 4.7.** Esquema de control y fuerza del tablero principal de distribución 1

#### 4.4.2 Área de público general

En el área de público general, tablero de distribución 2 se realiza la desenergización de los alimentadores secundarios número 1 y 11.

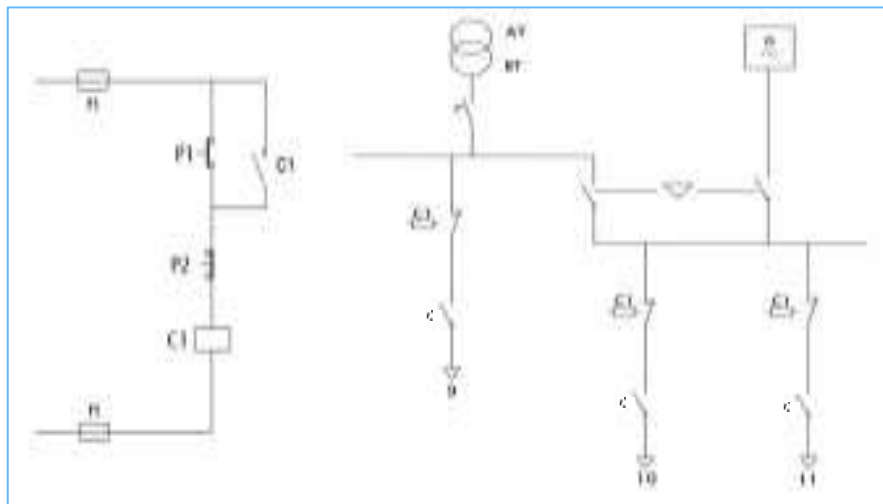
El esquema de la **Figura 4.8** presenta el diagrama de control y de fuerza necesarios para activar o desactivar el sistema de observaciones nocturnas en el tablero de distribución principal 2, cuyos circuitos son de alimentación exclusiva de la red eléctrica principal.



**Figura 4.8.** Esquema de control y fuerza del tablero principal de distribución 2

En el área de público general en el tablero de distribución 3 se realiza la desenergización de los alimentadores secundarios número 9, 10 y 11.

El diagrama eléctrico de la **Figura 4.9** presenta el esquema de control y de fuerza necesarios para activar o desactivar el sistema de observaciones nocturnas en el tablero de distribución principal 3.



**Figura 4.9.** Esquema de control y fuerza del tablero principal de distribución 3

## 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Una vez estudiado el modo de operación del sistema de radio telescopios, que está compuesto de ocho salidas para cinco antenas (cuyos motores sean del mismo valor de potencia en todas las antenas) se determinó un factor de utilización de 0,85 y un factor de simultaneidad por antena o un grupo de antenas que será siempre de 0,5 debido a las características particulares de su movimiento.
- La potencia instalada del sistema de observaciones nocturnas no se considera en el dimensionamiento del transformador principal y el generador de emergencia puesto que la desenergización de una gran parte de la carga del complejo suplirá la demanda de este sistema, por tal motivo se consideró la activación de éste sistema únicamente cuando se hayan dado las desenergizaciones correspondientes.
- Una vez analizado el funcionamiento del sistema de observaciones nocturnas se determina un factor de utilización y de simultaneidad de valor igual a 1, puesto que durante la activación de dicho sistema se emplea el total de sus equipos (telescopios) y al activarse únicamente en la noche utiliza todo el sistema de iluminación diseñado.
- Considerar el proceso realizado para determinar el factor de utilización del sistema de radio telescopios como un procedimiento base a realizarse en cualquier sistema de cargas cuyo comportamiento es desconocido, de tal manera que se dimensione los componentes eléctricos de una manera adecuada.
- La integración del sistema eléctrico general a los sistemas especiales (sistema de observaciones nocturnas) permite que los investigadores realicen sus actividades con la plena seguridad de que no se suscitarán eventos de cualquier índole (fallos de la red principal, accionamientos en el encendido de luces por parte de las personas, etc.) que puedan perjudicar sus actividades.
- En los diseños eléctricos con sistemas de emergencia especiales considerar la asignación de cargas especiales de tal manera que los mismos alimentadores que se abastecen con la red principal asuman toda esa carga cuando existan fallos y sean alimentados por la red emergente.

- Se recomienda aplicar conceptos de domótica en el diseño y desarrollo del proyecto de tal manera que se adapte la automatización y el uso de energías alternativas al diseño eléctrico actual para optimizar el consumo energético.

## 6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] MSc. Ing. J. Oscullo, “Construcción de Redes Eléctricas”, Escuela Politécnica Nacional, 2016.
- [2] F. Ramos & A. Hernández, “Iluminación: Condiciones para el confort visual, Juan Guasch Farrás.PDF.”, Enciclopedia de Salud y seguridad en el Trabajo, Volumen II, Capítulo 46, Edición española , 1998.
- [3] Ing. F. Avilés, “Instalaciones Eléctricas”, Escuela Politécnica Nacional.
- [4] INEN, “Código Ecuatoriano de la Construcción, Parte 5:1984” Quito-Ecuador, Primera Edición, Sección 4, Pág. 22.
- [5] M. Monroy “Manual de la iluminación, manuales de diseño ICARO”, Volumen I, Islas Canarias, 2006.
- [6] Código Eléctrico Nacional, Covenin 200:2004 (Séptima revisión). Caracas 2004.
- [7] INEN, “Iluminación Natural de Edificios Para Fábricas y Talleres”, NTE INEN 1 154 Quito-Ecuador.
- [8] Norma Española, UNE-EN 12464-1, “Iluminación” AENOR España, Noviembre 2002.
- [9] Ing. C. Laszlo “Manual de luminotecnica para interiores” Archivo PDF.
- [10] J. Rodriguez & C. Llano, “GUIA PARA EL DISEÑO DE INSTALACIONES DE ILUMINACIÓN INTERIOR UTILIZANDO DIALUX”, Proyecto previo a la obtención del título de Tecnólogo en Electricidad, Universidad Tecnológica de Pereira, 2012.
- [11] M. García, Ministerio De Empleo Y Seguridad, Instituto Nacional De Seguridad E Higiene en el Trabajo, “ILUMINACIÓN EN EL PUESTO DE TRABAJO. CRITERIOS PARA SU EVALUACIÓN Y ACONDICIONAMIENTO PDF”, España 2015.
- [12] IDEA (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía), Comité Español de Iluminación, “PROTOCOLO DE AUDITORÍA ENERGÉTICA DE LAS INSTALACIONES DE ALUMBRADO PÚBLICO EXTERIOR PDF”, Octubre 2008.
- [13] Empresa Eléctrica Quito, “NORMAS PARA SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN – PARTE A GUÍA PARA DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN”, Sección A-01, 2015.

- [14] Schneider Electric, "Guía de diseño de instalaciones eléctricas, Diseño general – Normativa - Potencia instalada Pdf" Capítulo A. Url: [www.schneiderelectric.es](http://www.schneiderelectric.es).
- [15] E. Harper, "MANUAL DE INSTALACIONES ELECTRICAS RESIDENCIALES E INSUTRIALES", LIMUSA NORIEGA editores, Segunda Edición, México 2005.
- [16] Legrand, "Sistema de Alimentación Ininterrumpida SAI, Guía para la selección de los SAI.pdf ", España 2013.
- [17] P. Gómez, "DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE PUESTAS A TIERRA PARA EL COLEGIO TÉCNICO INDUSTRIAL GUALACEO, BASADO EN LAS RECOMENDACIONES PRÁCTICAS PARA EL ATERRIZAMIENTO EN SISTEMAS ELÉCTRICOS COMERCIALES E INDUSTRIALES DE LA IEEE", Tesis previa a la obtención del título de Ing. Eléctrico, Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca 2010, Cap. 1.
- [18] J. Castillo, "DISEÑO DEL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA DEL GENERADOR P675P1 DEL CENTRO COMERCIAL SAMBIL CARACAS", Tesis previa a la obtención del título de Ing. Electricista, Universidad Simón Bolívar, Sartenejas 2008, Cap. 3.
- [19] I. Guerrero, "Anteproyectos de Instalaciones Eléctricas, Balance de cargas", Tutorías online, Mayo 2009. (Url:<https://iguerrero.wordpress.com>).
- [20] P. Águlo, Diagramas de control industrial. Mando de contactores, Escuela Politécnica Nacional, Quito 1990 cap. 1.
- [21] Legrand,"Guía de iluminación de emergencia.pdf", Perú, 2007.
- [22] J. Martínez, FACTOR DE DEMANDA PRACTICO EN INSTALACIONES ELÉCTRICAS DE HOSPITALES, Tesis previa a la obtención del título de ingeniero eléctrico, Escuela Politécnica Nacional, Quito, Noviembre 1980.
- [23] J. Cajas, "OPTIMIZACIÓN DEL DIMENSIONAMIENTO DE TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN EN BASE A SU CARGABILIDAD", Tesis previa a la obtención del título de ingeniero eléctrico, Universidad Politécnica Salesiana, Quito, Febrero 2015.
- [24] M. Murillo, "ESTUDIO PARA LA DETERMINACIÓN DEL FACTOR DE DEMANDA DE LOS LOCALES DE GRANDES CENTROS COMERCIALES", Proyecto eléctrico, Universidad de Costa Rica, Julio 2009.

- [25] O. Montoya & V. Vélez, "POTENCIA EN CORRIENTE ALTERNA, TEORÍA GENERAL DE NÚMEROS COMPLEJOS PDF", Ingeniería eléctrica, Universidad Tecnológica de Pereira, Capítulo 2.
- [26] E. Villaroel, "MANUAL DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS LIVIANAS", Proyecto previo a la obtención del título de Ingeniero electricista, Universidad Simón Bolívar, Sartenejas, Septiembre 2008.
- [27] SEDEMI, "DISEÑO CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE, BANDEJA PORTACABLES PDF", Url: <https://www.sedemi.com>.
- [28] G. Achote, A. Jaya, M. Naula, "BANDEJAS Y DUCTOR PORTACABLES", Universidad Técnica de Cotopáxi, Cotopaxi, Latacunga 2017.
- [29] Schneider Electric, "Guía de diseño de instalaciones eléctricas, Según Normas Internacionales IEC Pdf" Capítulo N, España 2010. Url: [www.schneiderelectric.es](http://www.schneiderelectric.es).
- [30] Schneider Electric, "Inversor de redes para interruptores automáticos e interruptores en carga de 40 a 5000 A Pdf", España. Url: [www.schneiderelectric.es](http://www.schneiderelectric.es).
- [31] ANSI/IEEE Standart 80:1986, "IEEE Guide for Safety in AC Substation Grounding"
- [32] ANSI/IEEE Standart 81:1983, "IEEE Guide for Measuring Earth Resistivity, Ground Impedance and Earth Surface Potentials of a Ground System"

## 7. ANEXOS

### ANEXO I


Figura I.I Calibre y capacidad de corriente de los conductores eléctricos

CALIBRE AWG ó MCM	SECCION mm <sup>2</sup>	FORMACION No. de hilos por diámetro mm.	ESPESOR AISLAMIENTO mm.	DIAMETRO EXTERIOR MM.	PESO TOTAL Kg/Km	CAPAC. DE CORRIENTE para 1 conductor al aire libre Amp.	CAPAC. DE CORRIENTE para 3 conductores en conduit Amp.	TIPO DE CABLE
20	0,52	1 x 0,813	0,76	2,33	9,81	6	7	TF
18	0,82	1 x 1,02	0,76	2,54	13,16	6	7	TF
16	1,31	1 x 1,29	0,76	2,81	18,10	10	8	TF
14	2,08	1 x 1,63	0,76	3,15	26,10	20	15	TW
12	3,31	1 x 2,05	0,76	3,57	38,30	25	20	TW
10	5,26	1 x 2,59	0,76	4,11	57,40	40	30	TW
8	8,34	1 x 3,26	1,14	5,54	95,20	60	40	TW
14	2,08	7 x 0,62	0,76	3,38	27,80	20	15	TW
12	3,31	7 x 0,78	0,76	3,86	40,10	25	20	TW
10	5,26	7 x 0,98	0,76	4,46	59,90	40	30	TW
8	8,37	7 x 1,23	1,14	5,97	105,20	60	40	TW
6	13,30	7 x 1,55	1,52	7,69	170,40	80	55	TW
4	21,15	7 x 1,96	1,52	8,92	255,50	105	70	TW
2	33,62	7 x 2,47	1,52	10,45	388,90	140	95	TW
1	42,36	7 x 2,78	2,03	12,40	482,90	165	110	TW
1/0	53,49	19 x 1,89	2,03	13,51	621,00	195	125	TW
2/0	67,43	19 x 2,12	2,03	14,66	778,00	225	145	TW
3/0	85,01	19 x 2,39	2,03	16,01	934,00	260	165	TW
4/0	107,20	19 x 2,68	2,03	17,46	1159,00	300	195	TW
250	127,00	37 x 2,09	2,41	19,45	1368,00	340	215	TW
300	152,00	37 x 2,29	2,41	20,85	1623,00	375	240	TW
350	177,00	37 x 2,47	2,41	22,11	1876,00	420	260	TW
400	203,00	37 x 2,64	2,41	23,30	2128,00	455	280	TW
500	253,00	37 x 2,95	2,41	25,47	2631,00	515	320	TW
600	304,00	37 x 3,23	2,79	28,19	3174,00	575	355	TW
650	329,00	37 x 3,37	2,79	29,17	3345,00	600	370	TW
700	355,00	37 x 3,49	2,79	30,01	3609,00	630	385	TW



## ANEXO II

**Figura II.1** Especificaciones técnicas de los motores de las bases de los radio telescopios.




# RTP120

## 12m Radio Telescope

Data sheet

- Digitizer Bandwidth(-3dB): 2 GHz
- Digitizer Resolution: 12 Bits
- Digitizer input sensitivity: 20 mV/div
- Digitizer Sampling rate: 5 GS/s real-time
- Software and hardware travel limit switches
- Modes of Operation; Remote, Manual, Track and Scan
- Standard 19-in Rack Mount receiver and control unit
- Total weight: ~ 8000 Kg
- Operating temperature : -40°~+60°C
- Relative humidity: Outdoor units (0%~100%)
- Indoor units (<90%, non-condensing)
- Power requirement: 3-phase AC 50/60 Hz
- Operating wind speed : 80 km/h
- Survival wind speed : 200 km/h
- Seismic : 0.3 G horizontal, 0.15 G vertical
- Ice Loading: 13mm Operational; 25mm Survival
- Adaptation : Salt, pollutant, radiation, rain



## ANEXO III

**Figura III.I** Transformadores de distribución convencionales (Disponibles por la EEQ).

TRANSFORMADORES TRIFÁSICOS CONVENCIONALES CON RED DE BV CON CONDUCTOR AAC O CABLE PREENSAMBLADO												
TRANSFORMADOR (kVA)	VOLTAJE PRIMARIO									VOLTAJE SECUNDARIO		
	22.8 kV			13.2 kV			6.0 kV			220 / 127 V		
	In	FUSIBLE	CÓDIGO	In	FUSIBLE	CÓDIGO	In	FUSIBLE	CÓDIGO	In	FUSIBLE	CÓDIGO
30	0.76	2H		1.31	3H		2.75	5H		78.73	63	02621106
50	1.26	3H		2.19	5H		4.58	10K		131.22	125	02621112
75	1.89	5H		3.28	8K		6.87	15K		196.82	160	02621116
100	2.53	6K		4.37	10K		9.16	15K		262.43	224	02621222
112.5	2.84	6K		4.92	10K		10.31	20K		295.24	224	02621222
125	3.16	6K		5.47	12K		11.46	20K		328.04	250	02621125
150	3.79	8K		6.56	12K		13.75	25K		393.65	400	
180	4.55	8K		7.87	15K		16.50	25K		472.38	400	
200	5.05	10K		8.75	15K		18.33	30K		524.86	500	
225	5.68	12K		9.84	20K		20.62	40K		590.47	500	
250	6.31	15K		10.93	20K		22.91	40K		656.08	600	
300	7.58	15K		13.12	25K		27.49	65K		787.30	600	
315	7.95	15K		13.78	25K		28.87	65K		826.66	630	
400	10.1	20K		17.49	40K		36.66	65K		1049.73	800	
500	12.63	25K		21.87	40K		45.82	100HHC		1312.16		INTER. TERMOMAG.
630	15.91	30K		27.55	65K		57.73	100HHC		1653.32		INTER. TERMOMAG.
750	18.94	50K		32.80	65K		68.73	100HHC		1968.24		INTER. TERMOMAG.
800	20.2	50K		34.99	65K		73.31	100HHC		2099.46		INTER. TERMOMAG.
1000	25.25	65K		43.74	80K		91.64	160HHC		2624.32		INTER. TERMOMAG.

TRANSFORMADORES TRIFÁSICOS DE FRENTE MUERTO									
TRANSFORMADOR (kVA)	VOLTAJE PRIMARIO								
	22,8 GrdY / 13,2 kV			13,2 GrdY / 7,6 kV			6,3 kV		
	In	FUSIBLE	CÓDIGO	In	FUSIBLE	CÓDIGO	In	FUSIBLE	CÓDIGO
15	0.38	3		0.66	6		1.44	3	
30	0.76	3		1.31	6		2.89	6	
45	1.14	3		1.97	6		4.33	6	
50	1.26	3		2.19	6		4.81	6	
60	1.52	3		2.62	6		5.77	8	
75	1.89	3		3.28	6		7.22	8	
100	2.53	6		4.37	8		9.62	12	
112.5	2.84	6		4.92	8		10.83	12	
125	3.16	6		5.47	8		12.03	20	
150	3.79	6		6.56	12		14.43	20	
160	4.04	6		7.00	12		15.40	20	
200	5.05	8		8.75	18		19.24	25	
225	5.68	10		9.84	18		21.65	30	
250	6.31	10		10.93	18		24.06	30	
300	7.58	12		13.12	25		28.87	45	
350	8.84	12		15.31	25		33.68	45	

## ANEXO IV

**Tabla VI.I** Número máximo de conductores o alambres para artefactos en tubería metálica (EMT). (Tabla C.1 extraída del capítulo 9 del CEN)

Tipo	Calibre del conductor (AWG/kcmil)	Designador métrico (tamaño comercial)									
		16 (½)	21 (¾)	27 (1)	35 (1 ¼)	41 (1 ½)	53 (2)	63 (2 ½)	78 (3)	91 (3 ½)	103 (4)
RHH,	14	4	7	11	20	27	46	80	120	157	201
RHW,	12	3	6	9	17	23	38	66	100	131	167
RHW-2	10	2	5	8	13	18	30	53	81	105	135
	8	1	2	4	7	9	16	28	42	55	70
	6	1	1	3	5	8	13	22	34	44	56
	4	1	1	2	4	6	10	17	26	34	44
	3	1	1	1	4	5	9	15	23	30	38
	2	1	1	1	3	4	7	13	20	26	33
	1	0	1	1	1	3	5	9	13	17	22
	1/0	0	1	1	1	2	4	7	11	15	19
	2/0	0	1	1	1	2	4	6	10	13	17
	3/0	0	0	1	1	1	3	5	8	11	14
	4/0	0	0	1	1	1	3	5	7	9	12
	250	0	0	0	1	1	1	3	5	7	9
	300	0	0	0	1	1	1	3	5	6	8
	350	0	0	0	1	1	1	3	4	6	7
	400	0	0	0	1	1	1	2	4	5	7
	500	0	0	0	0	1	1	2	3	4	6
	600	0	0	0	0	1	1	1	3	4	5
	700	0	0	0	0	0	1	1	2	3	4
	750	0	0	0	0	0	1	1	2	3	4
	800	0	0	0	0	0	1	1	2	3	4
	900	0	0	0	0	0	1	1	1	3	3
	1000	0	0	0	0	0	1	1	1	2	3
	1250	0	0	0	0	0	0	1	1	1	2
	1500	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
	1750	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
	2000	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
TW	14	8	15	25	43	58	96	168	254	332	424
	12	6	11	19	33	45	74	129	195	255	326
	10	5	8	14	24	33	55	96	145	190	243
	8	2	5	8	13	18	30	53	81	105	135
RHH* RHW* RHW-2* THHW, THW, THW-2	14	6	10	16	28	39	64	112	169	221	282
RHH* RHW* RHW-2* THHW, THW	12	4	8	13	23	31	51	90	136	177	227
	10	3	6	10	18	24	40	70	106	138	177
	8	1	4	6	10	14	24	42	63	83	106

Tipo	Calibre del conductor (AWG/ kcmil)	Designador métrico (tamaño comercial)									
		16 (½)	21 (¾)	27 (1)	35 (1 ¼)	41 (1 ½)	53 (2)	63 (2 ½)	78 (3)	91 (3 ½)	103 (4)
RHH,	6	1	3	4	8	11	18	32	48	63	81
RHW,	4	1	1	3	6	8	13	24	36	47	60
RHW-2	3	1	1	3	5	7	12	20	31	40	52
TW,	2	1	1	2	4	6	10	17	26	34	44
THW,	1	1	1	1	3	4	7	12	18	24	31
THHW,	1/0	0	1	1	2	3	6	10	16	20	26
THW-2	2/0	0	1	1	1	3	5	9	13	17	22
	3/0	0	1	1	1	2	4	7	11	15	19
	4/0	0	0	1	1	1	3	6	9	12	16
	250	0	0	1	1	1	3	5	7	10	13
	300	0	0	1	1	1	2	4	6	8	11
	350	0	0	0	1	1	1	4	6	7	10
	400	0	0	0	1	1	1	3	5	7	9
	500	0	0	0	1	1	1	3	4	6	7
	600	0	0	0	1	1	1	2	3	4	6
	700	0	0	0	0	1	1	1	3	4	5
	750	0	0	0	0	1	1	1	3	4	5
	800	0	0	0	0	1	1	1	3	3	5
	900	0	0	0	0	0	1	1	2	3	4
	1000	0	0	0	0	0	1	1	2	3	4
	1250	0	0	0	0	0	1	1	1	2	3
	1500	0	0	0	0	0	1	1	1	1	2
	1750	0	0	0	0	0	0	1	1	1	2
	2000	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
THHN,	14	12	22	35	61	84	138	241	364	476	608
THWN,	12	9	16	26	45	61	101	176	266	347	443
THWN-2	10	5	10	16	28	38	63	111	167	219	279
	8	3	6	9	16	22	36	64	96	126	161
	6	2	4	7	12	16	26	46	69	91	116
	4	1	2	4	7	10	16	28	43	56	71
	3	1	1	3	6	8	13	24	36	47	60
	2	1	1	3	5	7	11	20	30	40	51
	1	1	1	1	4	5	8	15	22	29	37
	1/0	1	1	1	3	4	7	12	19	25	32
	2/0	0	1	1	2	3	6	10	16	20	26
	3/0	0	1	1	1	3	5	8	13	17	22
	4/0	0	1	1	1	2	4	7	11	14	18
	250	0	0	1	1	1	3	6	9	11	15
	300	0	0	1	1	1	3	5	7	10	13
	350	0	0	1	1	1	2	4	6	9	11
	400	0	0	0	1	1	1	4	6	8	10
	500	0	0	0	1	1	1	3	5	6	8
	600	0	0	0	1	1	1	2	4	5	7
	700	0	0	0	1	1	1	2	3	4	6
	750	0	0	0	0	1	1	1	3	4	5
	800	0	0	0	0	1	1	1	3	4	5
	900	0	0	0	0	1	1	1	3	3	4
	1000	0	0	0	0	1	1	1	2	3	4

## ANEXO V

**Tabla V.I** Calibre mínimo de conductores de puesta a tierra de equipos para puesta a tierra de canalizaciones y equipos.

Valor nominal o ajuste de dispositivos automáticos contra sobrecorriente en circuitos antes del equipo, conduit, etc., sin exceder de (Amperios):	Calibre (AWG o Kcmil)	
	Cobre	Aluminio o aluminio recubierto de cobre*
15	14	12
20	12	10
30	10	8
40	10	8
60	10	8
100	8	6
200	6	4
300	4	2
400	3	1
500	2	1/0
600	1	2/0
800	1/0	3/0
1,000	2/0	4/0
1,200	3/0	250
1,600	4/0	350
2,000	250	400
2,500	350	600
3,000	400	600
4,000	500	800
5,000	700	1,200
6,000	800	1,200

## ORDEN DE EMPASTADO