



UNIVERSIDAD DE LOS ANDES
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRICA

**HERRAMIENTA COMPUTACIONAL PARA EL DISEÑO DE
INSTALACIONES ELECTRICAS DE PEQUEÑOS Y GRANDES
CENTROS COMERCIALES**

Br. María de los Ángeles Vera Molina

Mérida, Octubre, 2021

UNIVERSIDAD DE LOS ANDES
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRICA

**HERRAMIENTA COMPUTACIONAL PARA EL DISEÑO DE
INSTALACIONES ELECTRICAS DE PEQUEÑOS Y GRANDES
CENTROS COMERCIALES**

Trabajo de Grado presentado como requisito parcial para optar al título de
Ingeniero Electricista

Br. María de los Ángeles Vera Molina
Tutor: Ing. Ernesto Mora Noguera

Mérida, Octubre, 2021

UNIVERSIDAD DE LOS ANDES
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRICA

**HERRAMIENTA COMPUTACIONAL PARA EL DISEÑO DE
INSTALACIONES ELECTRICAS DE PEQUEÑOS Y GRANDES
CENTROS COMERCIALES**

Br. María de los Ángeles Vera Molina

Trabajo de grado, presentado en cumplimiento parcial de los requisitos exigidos para optar al título de Ingeniero Electricista, aprobado en nombre de la Universidad de Los Andes por el siguiente Jurado.

Prof. Marisol Dávila Calderón
Jurado

Prof. Jesús Manuel Márquez Jaimes
Jurado

Prof. Ernesto Mora Noguera
Tutor

DEDICATORIA

A Dios, por darme la oportunidad de vivir, tener una gran familia, y estar a mi lado en cada paso que doy, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente.

A mis Padres, José Elpidio Vera Rujano y Marbella del Valle Molina, por ser el pilar fundamental en mi formación, que con sacrificio confianza y amor hoy me permiten cumplir un sueño más.

A mis Hermanos, Mariangel Vera Molina y José Ángel Vera Molina, por ser mis acompañantes en cada etapa de mi vida y compartir mis mejores experiencias.

A mis Abuelos en especial María de las Mercedes Rujano, por su comprensión, cariño paciencia, amor.

www.bdigital.ula.ve

AGRADECIMIENTOS

A **Dios**, por ser mi guía, por darme la voluntad, paciencia y conocimiento necesario para afrontar cada adversidad y hoy lograr estar aquí. Sin ti, nada sería posible.

A mis Padres, José Elpidio Vera Rujano y Marbella del Valle Molina, por ser el pilar fundamental en mi formación, por permiten cumplir un sueño más.

A mis **Hermanos, Mariangel Vera Molina y José Ángel Vera Molina**, por ser mis acompañantes en cada etapa de mi vida y compartir mis mejores experiencias.

A mi novio **Flavio José Paredes Guerrero**, padre de mi bebe hermosa y consentida, por su apoyo incondicional, comprensión y cariño.

A mis **Abuelos** en especial **María de las Mercedes Rujano**, por su comprensión, cariño paciencia, amor.

A mi **familia** y seres especiales que de alguna u otra manera estuvieron a mi lado para culminar esta meta.

Este logro también es de ustedes.

A la **Ilustre Universidad de Los Andes**, por abrirme sus puertas y permitirme formarme profesionalmente, por todas y cada una de las oportunidades que me ha brindado a lo largo de mi carrera

A la **Escuela de Ingeniería Eléctrica**, gracias por comunicar sabiamente sus conocimientos y dedicar su tiempo en la orientación profesional de las nuevas generaciones de ingenieros; labor que hoy se materializa al culminar con éxito la realización del trabajo especial de grado.

A mi tutor **Prof. Ernesto Mora Noguera**, por su dedicación, orientación y paciencia durante la realización de mi trabajo de grado, por hacerme participe de sus conocimientos.

Br. María de los Ángeles Vera Molina. **Herramienta computacional para el diseño de instalaciones eléctricas de pequeños y grandes centros comerciales.** Tutor: Ing. Ernesto Mora Noguera. Octubre 2021.

RESUMEN

El presente trabajo “Herramienta computacional para el diseño de instalaciones eléctricas de pequeños y grandes centros comerciales”, consiste en una personalización de la aplicación AutoCAD como una herramienta computacional para el desarrollo de proyectos relacionados con instalaciones eléctricas, facilitando el proceso de diseño y cálculo tanto a estudiantes como a profesionales en el área. La herramienta sigue las normativas establecidas en el Código Eléctrico Nacional, el Manual de Obra Pública, la Comisión Venezolana de Normas Industriales y Corpoelec, entre otros. El diseño de esta herramienta fue creada utilizando *Visual Basic Applications (VBA)* para diseñar un modo atractivo y simple entre el usuario y la aplicación, además de interactuar con otras aplicaciones como Excel®, Word® y DIALux®. Esta herramienta permite calcular todos los parámetros necesarios para diseñar el sistema eléctrico de pequeños y grandes centros comerciales, tales como los calibres de conductores, caídas de tensión, protecciones, tableros, cajas de paso, hidroneumático, ascensores, portón eléctrico, alimentadores, acometidas, diagrama unifilar, diagrama vertical, centro de mediciones y cómputos métricos. Adicionalmente mediante la aplicación Excel® se genera un libro que contiene todas las tablas y datos necesarios para los cálculos y almacena los resultados, seguidamente la aplicación Word® cumple la función de entregar un informe detallado de cada proyecto que se ejecute, mostrando las tablas y toda la información recopilada. Se incorpora la aplicación DIALux® para el cálculo de la iluminación en los distintos ambientes el usuario desee iluminar como: locales comerciales, restaurante comida rápida, oficinas, otros tipos de locales, áreas generales, áreas externas entre otros. Con el uso de la programación se logra vincular todas estas aplicaciones para lograr una rapidez y mejor desempeño en los proyectos a desarrollar. Por último cuenta con paletas donde están incorporadas la mayoría de los bloques que un proyectista puede necesitar a la hora de realizar un proyecto de instalaciones eléctricas. La herramienta se diseñó para automatizar todos los cálculos involucrados en un proyecto y que el usuario encuentre información de ayuda acerca de instalaciones eléctricas con la finalidad de convertirla en una aplicación autodidacta.

Descriptor: Software instalaciones eléctricas, AutoCAD®, Código Eléctrico Nacional, VBA, DIALux®.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTOS	v
RESUMEN	vi
ÍNDICE GENERAL	vii
ÍNDICE DE TABLAS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	x
INDICE DE APENDICE.....	xii
INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO I	4
1. JUSTIFICACIÓN DE LA HERRAMIENTA.....	4
1,1 Justificación.....	4
1.2 Planteamiento del Problema.....	5
1.3 Objetivos	5
1.4 Metodología	6
1.5 Alcance.....	6
1.6 Limitaciones	6
1.7 Antecedentes	6
CAPITULO II.....	7
2. MARCO TEORICO.....	7
2.1 Proyecto de una Instalación Eléctrica.	7
2.2 Diseño de Instalaciones Eléctricas	8
2.3 Diseño y Cálculos Involucrados en el Diseño de las Instalaciones Eléctricas.....	16
2.4 Instalación de Otros Servicios en Edificios	34
2.5 Software Utilizados en la Herramienta Computacional.....	35
CAPITULO III.....	37
3. DISEÑO DE LA HERRAMIENTA COMPUTACIONAL	37
3.1. Generalidades	37
3.2 Consideraciones de Diseño	37
3.3 Área de Programación.....	41

3.4 Programación de la Herramienta Computacional	57
CAPITULO IV	83
4. CASO DE ESTUDIO.....	83
4.1 Inicio del Programa Menú Principal	83
CONCLUSIONES	106
RECOMENDACIONES.....	107
REFERENCIAS.....	109
APENDICE.....	110
TABLAS Y GRAFICOS CON LA INFORMACION REQUERIDA PARA QUE LA HERRAMIENTA REALICE LOS CALCULOS Y SELECCION DE DISPOSITIVOS.....	113

www.bdigital.ula.ve

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1 Sistema de Alimentación.....	8
Tabla N° 2 Densidad de carga de alumbrado general de acuerdo al tipo de local (CEN)	12
Tabla N° 3 Factores de demanda para cargas de iluminación	15
Tabla N° 4 Factores de demanda para cargas de tomacorrientes en unidades no residenciales	16
Tabla N° 5 Sección de los conductores con calibre AWG.	19
Tabla N° 6 Capacidad de corriente (A) permisible en cables monopolares aislados de 0 a 2000 V al aire libre, para una temperatura ambiente de 30°C.....	21
Tabla N° 7 Capacidad de corriente (A) permisibles de conductores aislados de 0 a 2000 V y 60°C a 90°C no más de tres conductores activos en una canalización, directamente enterrados, para una temperatura ambiente de 30°C.....	22
Tabla N° 8 Calibre mínimo del conductor de acuerdo a su tensión nominal.	25
Tabla N° 9 Capacidad nominal de un circuito ramal con calibre THW #12 AWG.....	26
Tabla N° 10 Calibre mínimo de los conductores de puesta a tierra de equipos para canalizaciones y equipos.	26
Tabla N° 11 Tipos de Variables.....	50
Tabla N° 12 Variables características	51
Tabla N° 13 Operadores usados en la programación.....	52

www.bdigital.ula.ve

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1 Circuito de alimentación a una carga. COVENIN (2004)	23
Figura N° 2 Diagrama vectorial. COVENIN (2004)	24
Figura N° 3.1 Ventana para la creación del bloque Fuente: Autor	38
Figura N° 3.2 Bloque de toma corriente doble Fuente: Autor	38
Figura N° 3.3 Bloque de Sub-Tablero Fuente: Autor	38
Figura N° 3.4 Creación de paletas "Herr" Fuente: Autor	39
Figura N° 3.5 Abrir Ventana "personalizar" Fuente: Autor	39
Figura N° 3.6 Ventana personalizar. Fuente: Autor	39
Figura N° 3.7 Nueva paleta. Fuente: Autor	39
Figura N° 3.8 Crear Nuevo Grupo de Paletas. Fuente: Autor	39
Figura N° 3.9 Bloques Fuente: Autor	40
Figura N° 3.10 Insertar Bloques en Paleta Fuente: Autor.	40
Figura N° 3.11 Exportar Paletas. Fuente: Autor	41
Figura N° 3.12 Instalación del Módulo VBA para AutoCAD. Fuente: Autor	41
Figura N° 3.13 Editor de Visual Basic Fuente: Autor	42
Figura N° 3.14 Ventana de Editor Visual Basic Fuente: Autor	42
Figura N° 3.15 Ventana para insertar formulario. Fuente: Autor	43
Figura N° 3.16 Formulario Visual Basic. Fuente: Autor	44
Figura N° 3.17 Herramientas Fuente: Autor	45
Figura N° 3.18 Label. Fuente: Autor	45
Figura N° 3.19 Textbox. Fuente: Autor	45
Figura N° 3.20 ComboBox. Fuente: Autor	45
Figura N° 3.21 Listbox. Fuente: Autor	46
Figura N° 3.22 Checkbox. Fuente: Autor	46
Figura N° 3.23 OptionButton. Fuente: Autor	46
Figura N° 3.24 ComandButton. Fuente: Autor	46
Figura N° 3.25 Ventana de editor visual basic modulo. Fuente: Autor	47
Figura N° 3.26. Ejemplos de programación en el módulo. Fuente: Autor	48
Figura N° 3.27 Formulario Menú del programa. Fuente: Autor	58
Figura N° 3.28 Diagrama de flujo del menú del programa. Fuente: Autor	59
Figura N° 3.29 Datos Básicos. Fuente: Autor	59
Figura N° 3.30 Libro de Excel. Fuente: Autor	59
Figura N° 3.31 Diagrama de flujo ingreso de datos básicos del proyecto. Fuente: Autor	60
Figura N° 3.32 Código para crear las carpetas de guardado. Fuente: Autor	60
Figura N° 3.33 Código de macro para abrir las hojas de trabajos guardadas Fuente: Autor	61
Figura N° 3.34 Formulario Datos Generales de la Edificación. Fuente: Autor	62
Figura N° 3.35 Hoja de Excel "GENERAL" Fuente: Autor	62
Figura N° 3.36 Diagrama de flujo "Datos Generales de la Edificación" Fuente: Autor	63

Figura N° 3 37 Diagrama de flujo "Planos". Fuente: Autor	63
Figura N° 3.38 Códigos para transferir Datos a Excel. Fuente: Autor	63
Figura N° 3.39 Código para Mostrar Resumen en el Listbox. Fuente: Autor	63
Figura N° 3.40 Código para llamar a los planos desde la interfaz. Fuente: Autor	64
Figura N° 3.41 Ingreso de planos. Fuente: Autor	64
Figura N° 3.42 Formulario información por piso Fuente: Autor	65
Figura N° 3.43 Hoja de Excel "PISOS" Fuente: Autor	65
Figura N° 3.44 Diagrama de flujo "Información por piso" Fuente: Autor	66
Figura N° 3.45 Formulario Información por locales. Fuente: Autor	67
Figura N° 3.46 Hoja de Excel "PISOS". Fuente: Autor	67
Figura N° 3.47 Diagrama de flujo "Información por locales". Fuente: Autor	68
Figura N° 3.48 Formulario para ubicación de salidas "Locales" Fuente: Autor	69
Figura N° 3.49 Código creación de la región para insertar salidas. Fuente: Autor	70
Figura N° 3.50 Código para insertar salidas. Fuente: Autor	70
Figura N° 3.51 Diagrama de flujo "Salidas". Fuente: Autor	71
Figura N° 3.52 Formulario para ubicación de salidas "Servicios Generales". Fuente: Autor ...	72
Figura N° 3.53 Paleta de herramientas "Bloques" Fuente: Autor	72
Figura N° 3.54 Formulario "Hidroneumático". Fuente: Autor	73
Figura N° 3 55 Hoja de Excel HIDRO. Fuente: Autor	73
Figura N° 3.56 Formulario "Ascensor". Fuente: Autor	74
Figura N° 3.57 Hoja de Excel "ASCENSOR". Fuente: Autor	74
Figura N° 3.58 Formulario "Escalera Mecánica". Fuente: Autor	74
Figura N° 3.59 Hoja de Excel ESCMEC. Fuente: Autor	74
Figura N° 3.60 Formulario "Demanda total" Fuente: Autor	75
Figura N° 3.61 Hoja de Excel "RESULTADOS" Fuente: Autor	75
Figura N° 3.62 Formulario para el cálculo de los circuitos ramales. Fuente: Autor	76
Figura N° 3.63 Diagrama de flujo "Diseño de circuitos ramales" . Fuente: Autor	77
Figura N° 3.64 Circuitos asociados al local Fuente: Autor	77
Figura N° 4.1 Menú del Programa. Fuente: Autor	83
Figura N° 4.2 Datos Básicos y Selección del Tipo de Diseño. Fuente: Autor	83
Figura N° 4.3 Hojas de trabajo. Fuente: Autor	84
Figura N° 4.4 Página para el Ingreso de Datos. Fuente: Autor	84
Figura N° 4.5 Hoja de Excel "GENERAL". Fuente: Autor	84
Figura N° 4.6 Ingreso de planos. Fuente: Autor	85
Figura N° 4.7 Formulario Información por Piso. Fuente: Autor	85
Figura N° 4.8 Asociación del Plano. Fuente: Autor	85
Figura N° 4.9 Selección tipo de local. Fuente: Autor	86
Figura N° 4.10 Selección de "Diferente Área". Fuente: Autor	86
Figura N° 4.11 Distribución de la polilínea creada. Fuente: Autor	86
Figura N° 4.12 Distribución de polilínea creada. Fuente: Autor	87
Figura N° 4.13 Identificador de cada local. Fuente: Autor	87

INDICE DE APENDICE

A1. 1 Capacidad de corriente de conductores con aislamiento para 600 V, No más de tres conductores en canalización.	113
A1. 2 Capacidad de corriente de conductores con aislamiento para 600 V, cables monopolares al aire libre.	114
A2. 1 Factores de corrección para tensiones y sistemas distintos a 3 x 208/120 V.	115
A2. 2 Capacidad de distribución en AM., para conductores monopolares de cobre con aislamiento TW, sistema trifásico 208/120, 60 Hz y temperatura del conductor 60° Caída 2%	116
A2. 3 Capacidad de distribución en AM., para conductores monopolares de cobre con aislamiento TTU, sistema trifásico 208/120., 60 Hz y temperatura del conductor 75 ° Caída 2%	117
A2. 4 Calibre mínimo para conductores de puesta tierra.	118
Grafica N° 1 Corriente de cortocircuito simétrica permisible en conductores de cobre con aislante TW (1-100KA). Fuente: COVENIN (2004)	119
Grafica N° 2 Corriente de cortocircuito simétrica permisible en conductores de cobre con aislante TW (1—1000KA). Fuente: COVENIN (2004).....	120
Grafica N° 3 Corriente de cortocircuito simétrica permisible en conductores de cobre con aislante TTU-THW (1-100KA). Fuente: COVENIN (2004)	121
Grafica N° 4 Corriente de cortocircuito simétrica permisible en conductores de cobre con aislante TTU - THW (1—1000KA). Fuente: COVENIN (2004).....	122
A4. 1 Máximo número de conductores del mismo calibre en tuberías con aislamiento TW-TTU-THW	123
A4. 2 Combinación conductores de distintos calibres en tuberías. Las áreas para los conductores corresponden al tipo TW, THW y TTU.	124
A4. 3 Número máximo de conductores en cajas normalizadas COVENIN 2004.....	125
A5. 1 Densidad de carga de alumbrado general de acuerdo al tipo de Local.....	126
A5. 2 Factores de demanda para alimentadores con cargas de alumbrado, tomas de uso general y lavadero	111
A5. 3 Capacidades de corriente normalizada para protecciones eléctricas	112

INTRODUCCIÓN

Un proyecto de instalaciones eléctricas debe realizarse bajo ciertas normas y requisitos mínimos. En Venezuela toda instalación debe cumplir con las normas establecidas por la Comisión Venezolana de Normas Industriales (COVENIN) y el Código Eléctrico Nacional (CEN), las cuales garantizan la mayor confiabilidad en el sistema. El proyecto puede presentar un nivel de complejidad variable en la medida que lo sea su arquitectura, para llevar a cabo el diseño de una instalación eléctrica se requiere de cálculos detallados de circuitos que van desde baja hasta alta tensión, permitiendo a los usuarios el mayor acceso a la energía eléctrica de manera adecuada y confiable, cumpliendo así con las normativas mencionadas con anterioridad. Tales cálculos consisten en calibres de conductores, diseño de tableros, alimentadores y acometidas. Actualmente existen herramientas computacionales que facilitan dicho diseño, tal es el caso de AutoCAD®, un software de diseño asistido por computadora utilizado para dibujo 2D y modelado 3D; en el mismo se representan la ubicación de salidas, estructura de tablero, diagramas unifilares, entre otros, los cuales son calculados de manera manual, requiriendo de mayor disposición de tiempo y presentando mayor margen de error.

Para facilitar la ejecución de proyectos de instalaciones eléctricas se quiere automatizar todo este proceso por medio de aplicaciones. La herramienta computacional desarrollada en el presente trabajo, en ambiente CAD, lleva por nombre InstaCAD, que consiste en una interfaz simple y amigable, la cual es creada con el propósito de dibujar, diseñar y ejecutar los procesos de cálculos en un proyecto de instalaciones eléctricas de pequeños y grandes centros comerciales, de un modo más eficiente, tomando en cuenta todo lo establecido en el Manual de Obras Públicas (MOP), Comisión Venezolana de Normas Industriales (COVENIN) y el Código Eléctrico Nacional (CEN), y la Corporación Eléctrica (CORPOELEC).

El dibujo y diseño de las instalaciones en ambiente CAD son realizadas por medio de una aplicación personalizada en AutoCAD®, que consiste en el desarrollo de una paleta con una serie de bloques de diseño, que permite automatizar el proceso de diseño. Todos los cálculos

requeridos (cálculo de la demanda máxima, corriente, caída de tensión, protecciones de circuitos ramales, alimentadores y acometida, cajas de paso, tableros, hidroneumático, ascensores, escaleras mecánicas, diagrama vertical, diagrama unifilar, centro de mediciones), son procesados en diferentes hojas de Excel® diseñadas para tales fines, para ello toda la información requerida por el cálculo (carga conectada, longitud de conductor, área de construcción) es exportada desde AutoCAD® a la hoja de Excel® correspondiente, donde los resultados son presentados en tablas.

Terminado el diseño y los cálculos, la aplicación desarrollada genera en forma automática los cómputos métricos y la memoria descriptiva del proyecto, donde se describe el proyecto y se presentan los resultados en forma tabulada.

Afortunadamente, las aplicaciones de Office® y AutoCAD®, tienen integrado la aplicación Visual Basic para Aplicaciones (VBA), un lenguaje de programación que brinda la posibilidad de potenciar dichas aplicaciones, esta funciona mediante la ejecución de macros que son procedimientos paso a paso escritos en Visual Basic, de tal modo que aplicaciones como AutoCAD y Excel pueden ser manipuladas por códigos desde VBA el cual presenta entonces, un puente de intercambio entre ambas aplicaciones.

Por otra parte, también se agregó la aplicación DIALux® ya que es un software completo, que brinda la posibilidad de crear proyectos en cuanto a la iluminación, en lugares de mayor complejidad, además de contar con la posibilidad de exportar estos resultados a AutoCAD®.

El presente trabajo se encuentra estructurado en 4 capítulos, las cuales se describen a continuación: Capítulo I: Justificación, Planteamiento del problema, objetivos, alcance y limitaciones propuestas para el óptimo desempeño de la herramienta.

Capítulo II: Presentación de la teoría en base a la cual se desarrolla cada uno de los módulos de la herramienta computacional.

Capítulo III: se describe de forma general el método para diseñar y usar la herramienta computacional, y se exhiben las diferentes etapas que la constituyen.

Capítulo IV: Muestra un estudio detallado de un proyecto, utilizando y demostrando las funciones de la herramienta computacional, así como los procedimientos del intercambio de datos, análisis y resultados.

Conclusiones: se describen los logros alcanzados donde se resumen los puntos principales del trabajo dejando al lector con una última impresión.

Recomendaciones: muestra las pautas a implementar en una futura ampliación de la herramienta computacional.

www.bdigital.ula.ve

CAPITULO I

1. JUSTIFICACIÓN DE LA HERRAMIENTA

Debido la gran cantidad de cálculos involucrados en un proyecto de instalaciones eléctricas, el tiempo que amerita un trabajo de estos, nace la necesidad de crear subrutinas que permitan automatizar los cálculos de tal manera que sea más rápido el desarrollo de los proyectos.

1,1 Justificación

En términos generales el trabajo de diseñar una instalación eléctrica abarca una serie de etapas secuenciales que comprenden entre otras: ubicación de salidas de alumbrado y fuerza, estimación de la demanda, el diseño de los circuitos ramales, diseño de alimentadores, diseño de tableros y sub-tableros, el dimensionamiento de los conductores, dimensionamiento de las protecciones, dimensionamiento del centro de carga y de mediciones, estudio y diseño del sistema de puesta a tierra, estudio y diseño del sistema de detección y alarma contra incendios etc.

Debido al tiempo requerido y a la variedad de factores y cálculos a considerar en el diseño de las diferentes partes de una instalación eléctrica, es necesario disponer de una herramienta computacional que permita realizar el diseño de una instalación eléctrica asistido por computador de la manera más rápida, sencilla, confiable y eficiente posible.

El desarrollo de un sistema automatizado basado en AutoCAD 2013®, *Visual Basic Aplicación (VBA)*®, Excel® (2010 y 2013), que abarca las necesidades y una mayor relación con los requerimientos del usuario, proporcionará una mejor efectividad en el manejo del flujo y procesamiento de los datos, permitiendo una mayor confiabilidad y una reducción considerable en el tiempo de ejecución de un proyecto de esta naturaleza.

1.2 Planteamiento del problema

Se propone diseñar una herramienta computacional que sea utilizada por un ingeniero, estudiante o profesor, que sirva de ayuda para el cálculo y diseño eléctrico en proyectos de instalaciones eléctricas, Esta herramienta computacional tiene como finalidad cubrir todas estas exigencias de los proyectos de instalaciones eléctricas de pequeños y grandes centros comerciales y permite disminuir el tiempo invertido en correcciones debidas a errores de cálculo.

La herramienta se limitará a trabajar solo con residencias unifamiliares, multifamiliares y edificaciones comerciales. Donde el usuario podrá realizar todos los cálculos en cuanto a instalaciones eléctricas requeridas por ese tipo de edificaciones. InstaCAD es el principio de un gran proyecto que abrirá muchos caminos a nuevas ideas de los estudiantes que anteceden en la universidad.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general. Diseñar un programa que permita asistir en el diseño de proyectos de instalaciones eléctricas de pequeños y grandes centros comerciales, asistidos por computador.

1.3.2 Objetivos específicos. Aplicar los criterios, normas y procedimientos de cálculo establecidos en el Código Eléctrico Nacional (CEN), Codelectra, Covenin, CANTV, CORPOELEC y otras instituciones públicas, al diseño de una instalación eléctrica de pequeños y grandes centros comerciales.

Desarrollar el código en Visual Basic Aplicación necesario para personalizar el uso del programa AutoCAD 2013 al diseño de una instalación eléctrica de pequeños y grandes centros comerciales.

Integrar diferentes programas en Visual Basic Aplicación relativos al dimensionamiento y diseño de una instalación eléctrica residencial unifamiliar/multifamiliar y comercial en una plataforma común.

Desarrollar una interface amigable usuario máquina que permita realizar los diferentes procedimientos de la manera más rápida y sencilla posible.

1.4 Metodología

Investigación documental de criterios y requerimientos de las instalaciones eléctricas de pequeños y grandes centros comerciales en Venezuela, desarrollo de software en VBA-Excel, VBA-AutoCAD y DIALux aplicado a la ejecución de instalaciones eléctricas de pequeños y grandes centros comerciales, basados en el Código Eléctrico Nacional.

1.5 Alcance

El propósito fundamental en el uso de la herramienta computacional es que se pueda minimizar los tiempos y errores que abarca el diseño de los proyectos relacionados con instalaciones eléctricas, para ello se ha propuesto diseñar diferentes macros en VBA para instalaciones eléctricas, así como también la conexión con las aplicaciones de Microsoft office®, AutoCAD® y DIALux®.

1.6 Limitaciones

Es necesaria la instalación de AutoCAD® 2013 junto con el modulo VBA de la misma versión, poseer DIALux® 4.0, 4.13 y Microsoft office 2010® en adelante, esto para evitar problemas al momento de utilizar la herramienta, estas versiones son necesarias para la interacción entre los software. Es necesario que el ordenador cuente con estos requisitos mínimos: Sistema operativo: Windows® 7 o 8. Procesador: Dual-core. Memoria RAM: 4GB

1,7 Antecedentes

“Herramienta computacional para el diseño de instalaciones Residenciales Multifamiliares”, esta herramienta contiene macros que permiten automatizar los procesos de cálculo de una edificación multifamiliar. Desarrollado por Eduardo José Hoyo Rangel, en la Universidad de Los Andes, Escuela de Ingeniería Eléctrica, año 2019 se sientan las bases del presente trabajo.

CAPITULO II

2. MARCO TEORICO

Este capítulo presenta la base teórica analizada para estructurar el desarrollo de la herramienta computacional, tomando en cuenta los estudios de instalaciones eléctricas comerciales. Se explicarán las consideraciones mediante las cuales se basan los métodos de cálculo y diseño de las instalaciones eléctricas antes mencionadas.

2.1 Proyecto de una instalación eléctrica.

El objeto de elaborar un proyecto, en especial de una instalación eléctrica es, desarrollarlo en un tiempo mínimo a través del diseño de una herramienta computacional, cumpliendo con las normas específicas una vez logrado el mismo, obtener la aprobación de los organismos oficiales competentes para otorgar la perisología y poder ejecutar la obra correspondiente.

El siguiente paso es, en base a los cómputos de la obra eléctrica obtenidos del proyecto respectivo, lograr uno o varios presupuestos de diferentes constructores, a fin de tomar una decisión desde el punto de vista económico y técnico que convenga a los intereses del propietario, para luego asignar la construcción de la misma. El proyecto de la obra eléctrica adquiere importancia como se ve, desde que es elaborado, siguiendo con la perisología, contratación de la obra y su ejecución. Es precisamente en esta última etapa, que el proyecto adquiere su mayor importancia, pues el diseño bien logrado de una instalación eléctrica y suficientemente especificada en planos, así como en la memoria descriptiva, cómputos métricos, etc., permitirá en el momento de la construcción, ejecutar la obra sin tropiezos evitando improvisaciones o modificaciones, que, a esa altura, suelen resultar más costosas que si se hubiesen previsto a nivel de anteproyecto. Además, una obra eléctrica sin modificaciones se podrá realizar en el tiempo previsto sin dilataciones.

2.2 Diseño de instalaciones eléctricas

En el diseño de una instalación eléctrica intervienen una serie de factores, gran parte de ellos, son los dependientes de la carga. El conocimiento de las características de la carga permite lograr el mejor diseño de la instalación. Una adecuada clasificación de las cargas permite predeterminar su comportamiento, o mejorar su conocimiento.

2.2.1 Sistema de alimentación: El sistema de alimentación fue obtenido de la norma COVENIN 159-81 como se muestra en la tabla:

Tabla N° 1 Sistema de alimentación

Sistema	#Hilos	Vn	Uso
1F	2	120	Residencial
1F	3	120/240	Residencial, pequeños comercios, alumbrado publico
1F	3	240/480	Campos deportivos, AP
3F	4	120/208	Residencias, comercial, Pequeñas industrias, AP
3F	4	480/277	Comercial, industrial
3F	3	600	Industrial

Fuente: COVENIN (2004)

2.2.2 Estimación de cargas Para realizar un proyecto de instalaciones eléctricas un paso muy importante es obtener una estimación de carga de diseño. Esta carga se convierte en la base para el desarrollo del proyecto del tablero general, de los módulos de medición, de la subestación de transformación, de la acometida principal de electricidad. Es importante destacar que la carga debe tener la mejor aproximación posible a la real, no debe quedar por debajo del valor, ni por encima de forma que incremente los costos económicos de proyecto. Se debe definir previamente si esta es de tipo residencial, comercial, industrial, educacional, etc. El Código Eléctrico Nacional define claramente, según el tipo de carga, los criterios que deberán asumirse

para una adecuada estimación de la misma; conforme a esto, se indican a continuación los términos a utilizar en un estudio de carga. (Capítulo VIII, Sección 8.1) [1].

- **Demanda máxima:** La demanda de una instalación es la carga medida en términos de potencia (kVA o kW) tomada en un cierto intervalo de tiempo. Este tiempo de medición es llamado intervalo de demanda y su duración puede variar respecto al interés de estudio, puede depender de la constante térmica de los equipos, también otro factor sería la duración de la carga.

El punto más importante del estudio de la demanda es el de demanda máxima, porque este valor es el que determinara la capacidad de los equipos a instalar en el sistema. De esta forma las cargas conectadas dan como resultado una demanda máxima que determina el calibre del alimentador o conductor y capacidad del interruptor.

La carga conectada es la suma de los valores nominales de todas las cargas que deben suplirse al mismo tiempo y producirán la demanda máxima. Este valor puede ser expresado en Watt, Amperio, Caballo de fuerza, Kilovoltio-amperio puede variar dependiendo de los requerimientos de proyecto.

- **Factor de carga:** Este valor se obtiene mediante la relación entre la demanda promedio de un intervalo dado y la demanda máxima que se obtiene en ese mismo intervalo de tiempo. Este factor siempre es menor que uno y el valor es adimensional.

Para una carga específica, un periodo de tiempo producirá un factor de carga más pequeño, porque el consumo de energía se distribuye en un tiempo mayor, esto quiere decir que el factor de carga anual es mucho más pequeño que el diario, por lo tanto para comparar diversos factores de carga estos deben estar calculados bajo los mismo periodos de tiempo.

El factor de carga se calcula mediante la siguiente expresión:

$$F_{carga} = \frac{\int p \cdot dt}{T \cdot P_m} \quad (1)$$

En donde,

F_{carga} = Factor de carga.

T = Periodo.

P = Potencia instantanea.

P_m = Potencia maxima.

- **Factor de demanda:** Según el Código Eléctrico Nacional (CEN) el factor de demanda viene dado por la relación existente entre la demanda máxima de la instalación o del sistema y la carga

total conectada a este, esta relación dará como resultado un valor adimensional y generalmente es menor que uno. La carga total está definida por la sumatoria de todas las potencias nominales de la instalación a estudiar. Por lo tanto, el factor de demanda se expresa:

$$F_{Dem} = \frac{D_{Max}}{D_{inst}} \quad (2)$$

En donde,

F_{Dem} = Factor de demanda del sistema de distribución.

D_{Max} = Demanda máxima del sistema de distribución.

D_{inst} = Demanda total instantánea en el sistema de distribución.

• **Factor de diversidad:** Este factor está definido por la relación de la sumatoria de las demandas máximas individuales del grupo de cargas y la demanda máxima del grupo (instalación y sistema completo). Es un valor adimensional al igual que el factor de demanda, pero a diferencia de este, siempre va a ser un número mayor que uno.

Este factor es mayor a la unidad debido a que no todos los consumidores del sistema de distribución se comportan de igual manera, por lo tanto la demanda máxima del conjunto de cargas siempre será menor que la suma de las demandas máximas individuales.

Por lo tanto, el factor de diversidad se expresa:

$$F_{Div} = \frac{\Sigma D_{Maxi}}{D_{MaxTotal}} \quad (3)$$

En donde,

F_{Div} = Factor de diversidad del sistema de distribución.

D_{Maxi} = Demanda máxima de las cargas individuales.

$D_{MaxTotal}$ = Demanda máxima total del conjunto.

• **Factor de simultaneidad o de coincidencia:** Este factor es la relación inversa del factor de diversidad. Es utilizado para obtener la demanda máxima del grupo de cargas individuales y poder establecer la capacidad del o de los transformadores que van a alimentar las cargas individuales y que proviene de un alimentador primario dependiente de una subestación. Es posible que su definición se deba a que en la mayoría de las situaciones se prefiere un factor de

multiplicación a un factor de división. Este factor puede considerarse como un valor promedio de la demanda máxima individual de un grupo que es coincidente en el momento de la demanda máxima del grupo.

Los factores de diversidad y coincidencia son dependientes del número de cargas individuales, el factor de carga, etc. El factor de diversidad tiende a incrementar con el número de cargas en un grupo con rapidez al principio y más lentamente a medida que el número es mayor. Por otra parte, el factor de coincidencia decrece rápidamente en un principio y con más lentitud a medida que el número de conductores se incrementa. Por lo tanto, el factor de simultaneidad o de coincidencia se expresa:

$$F_{Sim} = \frac{1}{F_{Div}} \quad (4)$$

En donde,

F_{sim} = Factor de simultaneidad del sistema de distribución.

F_{Div} = Factor de diversidad del sistema de distribución.

• **Factor de utilización:** Este factor es la relación que existe entre la demanda máxima y la capacidad nominal del sistema de distribución o del equipo individual. Este valor también es adimensional, lo que indica que las magnitudes de demanda máxima y capacidad nominal deben estar expresadas en las mismas unidades. Este factor refleja el porcentaje de la capacidad del sistema de distribución o del equipo que está siendo utilizado durante el pico de carga.

Esto se puede expresar de la siguiente manera:

$$F_U = \frac{D_{Max}}{C_s} \quad (5)$$

En donde,

F_U = Factor de utilización del sistema.

D_{Max} = Demanda máxima del equipo o del sistema de distribución.

C_s = Capacidad nominal del equipo o del sistema de distribución.

• **Factor de pérdidas:** Este factor representa la relación entre las pérdidas promedio de potencia y la magnitud de las pérdidas máximas. Este factor es utilizado para estudios comparativos de costos en las pérdidas de energía. Se obtiene con la siguiente ecuación:

$$F_{Per} = \frac{\frac{1}{T} \int_0^T i^2(t) dt}{I^2} \quad (6)$$

En donde,

F_{Per} = Factor de pérdidas.

i = Corriente instantanea.

I = Corriente maxima.

T = Periodo de tiempo considerado.

• **Valores de cargas y factores de demanda especificados en el CEN:** Para calcular las cargas de los circuitos ramales y locales el código eléctrico nacional presenta una diversidad de valores VA/m² a ser aplicados de acuerdo a su área. En la tabla 2 se presenta los requerimientos mínimos por iluminación que el CEN especifica para diversos tipos de locales.

Tabla N° 2 Densidad de carga de alumbrado general de acuerdo al tipo de local (CEN)

Tipo de local	Carga unitaria VA/m²
Auditorios	10
Bancos	35
Barberías y salones de belleza	30
Iglesias	10
Clubes	20
Juzgados	20
Unidades de vivienda	30
Estacionamientos comerciales	5
Hospitales	20
Hoteles y moteles, incluidos apartamentos sin cocina	20
Inmuebles industriales y comerciales	20

Tabla N° 2 Densidad de carga de alumbrado general de acuerdo al tipo de local (CEN) Cont.

Tipo de local	Carga unitaria VA/m²
Casa de huéspedes	15
Restaurantes	20
Colegios	30
Tiendas	30
Oficinas	25
Almacenes, depósitos	2,5
En cualquiera de los locales anteriores excepto, viviendas unifamiliares y apartamentos individuales de viviendas multifamiliares, se aplicara lo siguiente:	
Salas de reunión y auditorios	10
Recibos, pasillos, roperos, escaleras	5
Espacios de almacenaje	2,5

Fuente: COVENIN (2004)

Como nota la tabla 2 se incluirá además, una carga unitaria de 11 VA por metro cuadrado para salidas de tomacorrientes de uso general cuando se desconozca el número real de tomacorrientes.

En el artículo 220-12, se especifica la iluminación necesaria para vidrieras, esto podría aplicarse solamente a los locales comerciales, indica que la carga no debe ser menor de 600 VA por metro lineal de vidriera.

En cuanto a los factores de demanda indicados en el CEN se presentan en la tabla 3 los utilizados para iluminación de acuerdo al tipo de local, correspondiente a la tabla 220-11 del CEN, y en la tabla 4 los utilizados para salidas de tomacorrientes de acuerdo a la cantidad de carga conectada, correspondiente a la tabla 220-13 del CEN.

Se permitirá que se sumen las cargas calculadas para tomacorrientes en unidades no residenciales a no más de 180 VA por salida, de acuerdo con lo indicado en 220.3(B)(9) y el conjunto de tomas múltiples fijas calculadas en 220.3(8) a las cargas de iluminación con objeto

de aplicar los factores de demanda indicados en la tabla 220.11 o según se indica en la tabla 220.13.

Para el propósito de este artículo se permite hacer el cálculo con base en la proporción que tienen los tomacorrientes.

- Donde es poco probable el uso simultáneo de cierto número de artefactos, cada longitud de 1,5m o fracción se considerará como una salida de 180 VA como mínimo.
- Donde es probable el uso simultáneo de cierto número de artefactos, cada longitud de 30 cm o fracción se considerará como una salida de 180 VA como mínimo.

Recomendación:

Salidas de alumbrado:

- Las salidas de alumbrado de locales comerciales y/o oficinas estarán ubicadas en el techo, conforme a la distribución obtenida en el cálculo de alumbrado.
- Para el control de alumbrado en los locales comerciales y/o oficinas se acostumbra a realizar el control desde el tablero sin embargo si el local es grande se debe utilizar interruptores sencillos o dobles para el control de las luminarias de la ruta desde la entrada al local hasta el tablero en este caso el sistema de control es combinado.

Salidas de TUG:

- Se debe dejar salidas de TUG a 0,4 m s.n.p de acuerdo a la distribución del mobiliario.
- De no conocer la ubicación del mobiliario, se debe ubicar los TUG, de manera equidistante a lo largo de las líneas de la pared continua.

RECOMENDACIÓN PRÁCTICA: Dejar por los primeros $40m^2$ la cantidad de 8 salidas de TUG y por fracciones adicionales o estos $40m^2$, se debe dejar 3 salidas.

EJEMPLO: Si se tiene un local de $96m^2$ al que se le desea ubicar 14 salidas de TUG, entonces: se tendría que ubicar 14 salidas de TUG en dicho local si se desconoce el mobiliario (8+3+3)

- En locales comerciales y/o oficinas grandes se debe considerar ubicar salidas de TUG en el piso.

Áreas comunes

- En los pasillos de las áreas comunes se debe dejar previstas salidas de TUG para la alimentación de lámparas de emergencia. La altura a ubicar será a 2 m s.n.p.

Tabla N° 3 Factores de demanda para cargas de iluminación

Tipo de Local	Partes de la carga de iluminación a la que se aplica el factor de demanda (en VA)	Factor de Demanda (%)
Unidades de vivienda	Primeros 3.000 o menos	100
	De 3.001 a 12.000	35
	A partir de 12.000	25
Hospitales	Primeros 50.000 o menos	40
	Resto sobre 50.000	20
Hoteles y Moteles incluyendo los de apartamentos sin previsión para que los inquilinos cocines	Primeros 20.000 o menos	50
	De 20.001 a 100.000	40
	A partir de 100.000	30
Almacenes, (depósitos)	Primeros 12.500 o menos	100
	A partir de 12.500	50
Todos los demás	Total VA	100

Fuente: COVENIN (2004)

Otro tipo de cargas a ser consideradas en las salidas de tomacorrientes de uso general y otras salidas diferentes a las de iluminación general son presentadas en el artículo 200.30 (C) y se resumen a continuación las necesarias para el proyecto.

Salida para artefacto específico u otra carga excepto para motores. Amperes del artefacto o carga conectada.

Salida para carga de motor (referencia a Artículo 430-22 y 430-24 y sección 440)

Salida de corriente de luminarias embutidas, volt-ampere máximo del equipo y las lámparas para las cuales están diseñados.

Iluminación para rótulos y de contorno 1.200 VA para cada circuito ramal requerido. Cada edificio comercial y cada local comercial que se encuentre accesible a los peatones.

Otras salidas 180 VA por salida.

Tabla N° 4 Factores de demanda para cargas de tomacorrientes en unidades no residenciales

Factores de demanda aplicado a parte de la carga del tomacorriente (en VA)	Factor de Demanda (%)
Primeros 10 kVA o menos	100
Resto sobre 10 kVA	50

Fuente: COVENIN (2004)

2.3 Diseño y cálculos involucrados en el diseño de las instalaciones eléctricas

2.3.1 Circuitos ramales: Existen dos criterios para el cálculo del conductor de un circuito ramal:

Calculo por capacidad de corriente: Todo conductor posee una capacidad de transportar corriente eléctrica a través de él. Esta capacidad está limitada por la conductividad del material conductor, si este es desnudo, solo lo afectara lo antes señalado; pero si el conductor es aislado limita también el paso de la corriente, la capacidad térmica del material aislante (Capítulo VI, Sección 6.5) [1].

Calculo por caída de tensión: Consiste en la determinación del calibre del conductor considerando la longitud existente entre el tablero de alimentación y las cargas a alimentar, el mismo se rige mediante parámetros establecidos en el Capítulo VI Sección 6.4 [1].

El calibre mínimo a utilizar para los circuitos ramales es el THW #12 AWG. La capacidad nominal de este conductor es de 25 A según el CEN la tabla 310.16 [2]

2.3.2 Alimentadores: Los alimentadores son los elementos metálicos utilizados para conducir la corriente eléctrica desde las fuentes de alimentación hacia las cargas a suplir. Cada alimentador debe escogerse correctamente de acuerdo a dos factores: capacidad térmica y caída de tensión, para evitar daños o fallas en el momento en que se lleve a cabo el proyecto, tales como cortes de suministro, riesgos de incendio o pérdidas de energía.

- **Materiales de los conductores:** La forma de los conductores varia, pueden ser con forma de hilo, varillas, platinas, tubos o barras. La conductividad de los alimentadores depende del material de su aleación, los materiales más importantes son: platino, plata, cobre, aluminio, hierro, etc. La mayoría de los conductores utilizados en las instalaciones eléctricas son de cobre

o aluminio, ambos metales tienen una conductividad eléctrica excelente. El cobre es el material predilecto para la elaboración de conductores por sus ventajas mecánicas (resistencia al desgaste, maleabilidad) y eléctricas (conductividad eléctrica).

El cobre que es utilizado es el electrolítico de alta pureza, 99,99% y dependiendo de su uso existen varios grados de dureza: duro, semi-duro y blando o recocido.

El cobre duro es utilizado para la fabricación de conductores desnudos, para líneas aéreas de transporte de energía eléctrica, sus características son las siguientes:

Conductividad del 97% respecto a la del cobre puro.

Resistividad de $0,018 \Omega mm^2/m$ a $20^\circ C$ de temperatura.

Capacidad de ruptura a la carga, oscila entre 37 a $45 kg/mm^2$.

El cobre recocido o de temple blando es utilizado para fabricación de conductores aislados por su flexibilidad, sus características son:

Conductividad del 100%

Resistividad de $0,01724 \Omega mm^2/m$ respecto del cobre puro.

Capacidad de ruptura media $25 kg/mm^2$.

- **Aislamiento en los conductores:** Los conductores están conformados por tres partes:

El alma o elemento conductor, fabricado de cobre o aluminio; según su constitución puede ser: alambre o cable; según el número de conductores puede ser: monoconductor o multiconductor.

El aislamiento, que se explicara a continuación y, las cubiertas protectoras, utilizadas para proteger la integridad del aislamiento y del alma conductora.

Ahora, se enfoca en la parte aislante, se puede decir que están aislados con material termoplástico lo que indica que son tipo T, las denominaciones varían dependiendo de su utilización o tipo de fabricante, su designación según la norma UL es: T, THW, THHN, TN-60, TN-75, TN-90, TTU, TTMU, PMT, R, RW, RHW, RH, RHH.

Los más utilizados en el interior son tipo THW (*Thermoplastic vinyl insulated building wire, moisture and heat resistant*), aislados con termoplástico, resistentes a la humedad y al fuego. Su temperatura máxima de servicio, según el CEN en la tabla 310-13 de aplicaciones y aislamientos de los conductores, es de $75^\circ C$ y su tensión máxima es de 600 V. Está diseñados para ser instalados en ambientes secos o húmedos, colocados dentro de tubos embutidos o sobrepuestos

o directamente sobre aisladores. Otro tipo de conductores muy utilizados son los TTU, en su mayoría son instalados en exteriores, en ambientes húmedos, especialmente en líneas subterráneas, en tuberías, bandejas porta cable o directamente bajo tierra, en agua y a la intemperie sin exponerse a los rayos solares.

Para escoger entre varios tipos de componente metálico y aislamiento de los conductores, estos deben estar diseñados para resistir diversos aspectos a los que se ven expuestos en la instalación, los agentes a considerar son de tipo mecánico, químico y eléctrico.

La mayoría de los agentes mecánicos que pueden afectar al conductor produciendo fallas en su operación son de tipo externo como el desempaque, manejo e instalación de los mismos. Esta clase de agentes pueden dividirse en cuatro: presión mecánica, abrasión, elongación y doblaje a 180°.

Los agentes químicos están relacionados con los contaminantes a los que se encuentre expuesta la instalación eléctrica, tales como agua o humedad, hidrocarburos, ácidos y álcalis. Estos contaminantes determinan directamente en que se vayan a utilizar, ya que deben ser resistentes a los agentes que no sean posible eliminar.

Como último aspecto se tiene los agentes eléctricos; las condiciones de operación de la instalación vienen determinadas por la rigidez dieléctrica del aislamiento de los conductores, debido a que determina la diferencia de potencial establecida por los límites de seguridad, el aislamiento de los conductores permite soportar sobrecargas transitorias o impulsos de corrientes por cortocircuito.

- **Calibres:** De acuerdo a las normas, los conductores se identifican por el número que corresponde con su calibre y se toma referencia el sistema americano de designación AWG (American Wire Gauge), significa Sistema de Calibres Americanos. Aunque hay calibres menores los más utilizados y en orden creciente de calibre serán los números 12, 10, 8, 6, 4, 2, 1/0, 2/0, 4/0.

Tabla N° 5 Sección de los conductores con calibre AWG.

Calibre (AWG)	Sección (mm^2)
12	3,31
10	5,26
8	8,36
6	13,30
4	21,15
2	33,60
1/0	53,50
2/0	67,40
4/0	107,20

Fuente: COVENIN (2004)

- **Selección del calibre:** Para escoger el calibre a utilizar se realiza mediante dos criterios:

Calculo por capacidad térmica, que representa la máxima corriente que puede conducir un conductor sin dañarse, y

Calculo por caída de voltaje, manteniendo según el calibre seleccionado un valor igual o menor al permisible indicado en el Código Eléctrico Nacional.

- **Capacidad térmica:** Existen varias limitaciones para la circulación libre de la corriente a través de los conductores. Si el cable es desnudo, una de ellas es la condición natural de la conductividad; pero si el cable está aislado, el aislamiento se convierte en otra limitante.

El paso de la corriente se ve reflejado en un aumento de temperatura del conductor, si por el circula una corriente mayor a la nominal soportada por el conductor se genera un aumento considerable de su temperatura, lo que podría reducir su vida útil, esta limitación de la corriente determinada por su valor nominal se denomina capacidad térmica.

Si el conductor está desnudo, la capacidad de disipar el calor es mucho más rápida a través del contacto con el aire que si se encuentra aislado y dentro de canalizaciones junto a otros conductores, debido al calentamiento mutuo. Cuando se utiliza un conductor aislado la selección de la sección debe ser inversamente proporcional a la resistencia, la cual debe tener un valor lo

suficientemente alto para obtener un bajo efecto Joule y una disminución en las pérdidas económicas.

La temperatura de funcionamiento de los conductores viene determinada por diversos factores, los principales son:

La temperatura ambiente.

El calor propio del conductor por la circulación de corriente.

La velocidad de liberación del calor del conductor al medio ambiente.

Los conductores contiguos que estén cargados en la instalación.

El Código Eléctrico Nacional prevé diversos factores de corrección aplicables a los valores de corriente permitidos en los conductores dependiendo de los casos posibles en los que condiciones externas afectan la disipación del calor del conductor, por ejemplo, cuando el número de conductores dentro de una canalización sea mayor a 3 o cuando la temperatura ambiente excede de la especificada por el fabricante.

En la sección 310 del CEN se puede consultar diversas tablas que presentan la capacidad de corriente de cada conductor de acuerdo a los casos explicados anteriormente, para así obtener la selección más adecuada del cable a utilizar en la instalación eléctrica. A continuación, se resumen los casos que se pueden presentar:

Capacidad de corriente para cables aislados en tuberías o directamente enterrados.

Capacidad de corriente para cables aislados en aire.

Capacidad de corriente para conductores desnudos.

Factores de corrección para las capacidades de corriente, para más de 3 conductores en ducto.

Factores de corrección para la capacidad de corriente para el caso de temperatura ambiente superior de 30°C.

El artículo 220-10 del CEN referente a las disposiciones generales de acometidas y alimentadores en la parte (a) indica que el alimentador debe tener la capacidad de corriente para alimentar la carga, y en la parte (b) indica que cuando se alimenten cargas tanto continuas como no continuas el calibre mínimo del circuito alimentador deberá tener capacidad para el 125% de la carga continua.

A continuación, se presenta la tabla 6 extraída de la tabla 310-17 del CEN que especifica las corrientes nominales de los conductores utilizados normalmente en proyectos de instalaciones,

respecto a esta capacidad de corriente es que se debería calcular la selección de conductores por capacidad térmica de acuerdo a su instalación o utilización.

Tabla N° 6 Capacidad de corriente (A) permisible en cables monopares aislados de 0 a 2.000 V al aire libre, para una temperatura ambiente de 30°C

CALIBRE AWG / Kcmil	TEMPERATURA NOMINAL DEL CONDUCTOR (VER TABLA 310-13)						SECCIÓN AWG / Kcmil
	60° C	75° C	90° C	60° C	75° C	90° C	
	TIPOS TW*, UF*	TIPOS FEPW*, RH*, RHW*, THHW*, THW*, THWN*, XHHW*, ZW*	TIPOS TBS, SA, SIS, FEP*, FEPB*, MI, RHH*, RHW-2, THHN*, THHW*, THW-2*, THWN-2*, USE-2, XHH, XHHW*, XHHW-2, ZW-2	TIPOS TW*, UF*	TIPOS RH*, RHW*, THHW*, THW*, THWN*, XHHW*	TIPOS TBS, SA, SIS, THHN*, THHW*, THW-2, THWN-2, RHH*, RHW- 2, USE-2, XHH, XHHW, XHHW-2, ZW-2	
COBRE			ALUMINIO O ALUMINIO RECUBIERTO DE COBRE				
18	----	----	18	----	----	----	----
16	----	----	24	----	----	----	----
14	25*	30*	35*	----	----	----	----
12	30*	35*	40*	25*	30*	35*	12
10	40	50*	55*	35*	40*	40*	10
8	60	70	80	45	55	60	8
6	80	95	105	60	75	80	6
4	105	125	140	80	100	110	4
3	120	145	165	95	115	130	3
2	140	170	190	110	135	150	2
1	165	195	220	130	155	175	1
1/0	195	230	260	150	180	205	1/0
2/0	225	265	300	175	210	235	2/0
3/0	260	310	350	200	240	275	3/0
4/0	300	360	405	235	280	315	4/0
250	340	405	455	265	315	355	250
300	375	445	505	290	350	395	300
350	420	505	570	330	395	445	350
400	455	545	615	355	425	480	400
500	515	620	700	405	485	545	500
600	575	690	780	455	540	615	600
700	630	755	855	500	595	675	700
750	655	785	855	515	620	700	750
800	680	815	920	535	645	725	800
900	730	870	985	580	700	785	900
1000	780	935	1055	625	750	845	1000
1250	890	1065	1200	710	855	960	1250
1500	980	1175	1325	795	950	1075	1500
1750	1070	1280	1445	875	1050	1185	1750
2000	1155	1385	1560	960	1150	1335	2000
FACTORES DE CORRECCION							
TEMPERATURA AMBIENTE EN °C	PARA TEMPERATURA AMBIENTE DISTINTA DE 30° C, MULTIPLICAR LAS ANTERIORES CAPACIDADES DE CORRIENTE POR EL CORRESPONDIENTE FACTOR ABAJO INDICADO						
21-25	1,08	1,05	1,04	1,08	1,05	1,04	
26-30	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
31-35	0,91	0,94	0,96	0,91	0,94	0,96	
36-40	0,82	0,88	0,91	0,82	0,88	0,91	
41-45	0,71	0,82	0,87	0,71	0,82	0,87	
46-50	0,58	0,75	0,82	0,58	0,75	0,82	
51-55	0,41	0,67	0,76	0,41	0,67	0,76	
56-60	----	0,58	0,71	----	0,58	0,71	
61-70	----	0,33	0,58	----	0,33	0,58	
71-80	----	----	0,41	----	----	0,41	
* Si no se permite otra cosa específicamente en otro lugar de este Código, la protección contra sobrecorriente de los conductores marcados con un asterisco (*), no deberá superar los 15 Ampere para el número 14; 20 Ampere para el número 12 y 30 Ampere para el número 10, todos de cobre; o 15 Ampere para el número 12 y 25 Ampere para el número 10 de aluminio y aluminio recubierto de cobre.							

Fuente: COVENIN (2004)

Para la instalación de conductores dentro de bandejas para cables el CEN limita la capacidad de corriente para los calibres indicados anteriormente de la siguiente forma según el artículo 318-11(b), cuando las bandejas estén cubiertas en una longitud mayor a 1,80 m. con tapa solida sin ventilación:

La capacidad de corriente de cables 600 kcmil y mayores no sobrepasara el 70% de las corrientes indicadas en la tabla 6.

La capacidad de corriente de cables de calibre 1/0 hasta 500 kcmil, no sobrepasara el 60% de las capacidades de corriente indicadas en la tabla 6.

Para la selección del calibre para circuitos ramales mediante su capacidad de corriente máxima se puede seleccionar de la tabla 7 extraída del CEN (tabla 310-16).

Tabla N° 7 Capacidad de corriente (A) permisibles de conductores aislados de 0 a 2.000 V y 60°C a 90°C no más de tres conductores activos en una canalización, directamente enterrados, para una temperatura ambiente de 30°C.

CALIBRE AWG/ Kcmil	TEMPERATURA NOMINAL DEL CONDUCTOR (VER TABLA 310-13)						SECCIÓN AWG/ Kcmil
	60° C	75° C	90° C	60° C	75° C	90° C	
	TIPOS TW*, UF*	TIPOS FEPW*, RH*, RHW*, THHW*, THW*, THWN*, XHHW*, USE*, ZW*	TIPOS TBS, SA, SIS, FEP*, FEPB*, ML, RHH*, RHW-2, THHN*, THHW*, THW-2*, THWN-2*, USE-2, XHH, XHHW*, XHHW-2, ZW-2	TIPOS TW*, UF*	TIPOS RH*, RHW*, THHW*, THW*, THWN*, XHHW*, USE*	TIPOS TBS, SA, SIS, THHN*, THHW*, THW-2, THWN- 2, RHH*, RHW-2, USE-2, XHH, XHHW, XHHW- 2, ZW-2	
	COBRE			ALUMINIO O ALUMINIO RECUBIERTO DE COBRE			
18	----	----	14	----	----	----	----
16	----	----	18	----	----	----	----
14	20*	20*	25*	----	----	----	----
12	25*	25*	30*	20*	20*	25*	12
10	30	35*	40*	25	30*	35*	10
8	40	50	55	30	40	45	8
6	55	65	75	40	50	60	6
4	70	85	95	55	65	75	4
3	85	100	110	65	75	85	3
2	95	115	130	75	90	100	2
1	110	130	150	85	100	115	1
1/0	125	150	170	100	120	135	1/0
2/0	145	175	195	115	135	150	2/0
3/0	165	200	225	130	155	175	3/0
4/0	195	230	260	150	180	205	4/0
250	215	255	290	170	205	230	250
300	240	285	320	190	230	255	300
350	260	310	350	210	250	280	350
400	280	335	380	225	270	305	400
500	320	380	430	260	310	350	500
600	355	420	475	285	340	385	600
700	385	460	520	310	375	420	700
750	400	475	535	320	385	435	750
800	410	490	555	330	395	450	800
900	435	520	585	355	425	480	900
1000	455	545	615	375	445	500	1000
1250	495	590	665	405	485	545	1250
1500	520	625	705	435	520	585	1500
1750	545	650	735	455	545	615	1750
2000	560	665	750	470	560	630	2000
FACTORES DE CORRECCION							
TEMPERATURA AMBIENTE °C	PARA TEMPERATURA AMBIENTE DISTINTA DE 30 °C, MULTIPLICAR LAS ANTERIORES CAPACIDADES DE CORRIENTE POR EL CORRESPONDIENTE FACTOR ABAJO INDICADO						
1,04	1,08	1,05	1,04	1,08	1,05		
1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00		
0,96	0,91	0,94	0,96	0,91	0,94		
0,91	0,82	0,88	0,91	0,82	0,88		
0,87	0,71	0,82	0,87	0,71	0,82		
0,82	0,58	0,75	0,82	0,58	0,75		
0,76	0,41	0,67	0,76	0,41	0,67		
0,71	----	0,58	0,71	----	0,58		
0,58	----	0,33	0,58	----	0,33		
0,41	----	----	0,41	----	----		
* Si no se permite otra cosa específicamente en otro lugar de este Código, la protección contra sobrecorriente de los conductores marcados con un asterisco (*), no deben superar los 15 Amperes para el número 14 AWG; 20 Amperes para el número 12 AWG y 30 Amperes para el número 10 AWG, todos de cobre; o 15 Amperes para el número 12 AWG y 25 Amperes para el número 10 AWG de aluminio y aluminio recubierto de cobre, una vez aplicados todos los factores de corrección por la temperatura ambiente y el número de conductores.							

Fuente: COVENIN (2004)

• **Caída de tensión:** La caída de tensión o voltaje es la diferencia existente entre el voltaje de los terminales de la carga y el voltaje de la fuente de alimentación. Esta caída es debida a la impedancia (resistencia y reactancia) que tienen los conductores eléctricos, la reactancia está determinada por diversos factores como: sección, frecuencia, longitud, material, tensión de operación, etc. Para visualizar la caída de tensión por impedancia se tiene el circuito representado en la figura N° 1:

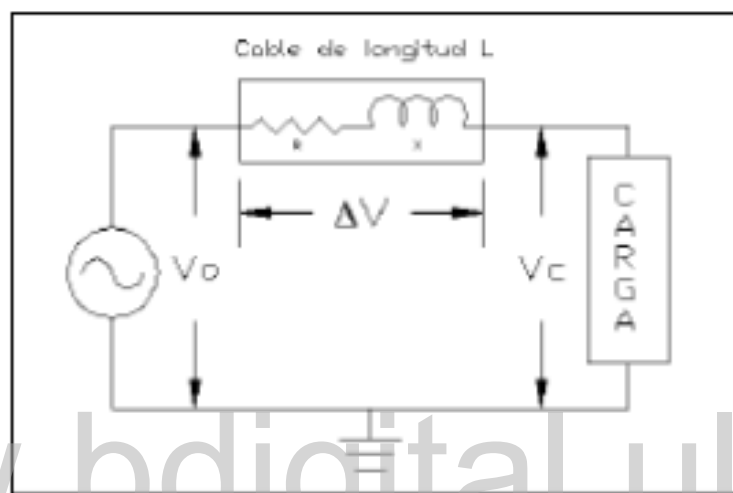


Figura N° 1 Circuito de alimentación a una carga. COVENIN (2004)

Del circuito anterior se puede obtener la expresión de caída de tensión como la siguiente:

$$\Delta V = V_0 - V_c \quad (7)$$

En donde,

V_0 = Tensión de la fase.

V_c = Tension de llegada a la carga.

ΔV = Caída de tension en el conductor por su impedancia.

En este tipo de instalaciones eléctricas son utilizadas líneas cortas en donde se desprecia la capacitancia, entonces el diagrama vectorial que representa el circuito queda de la siguiente forma:

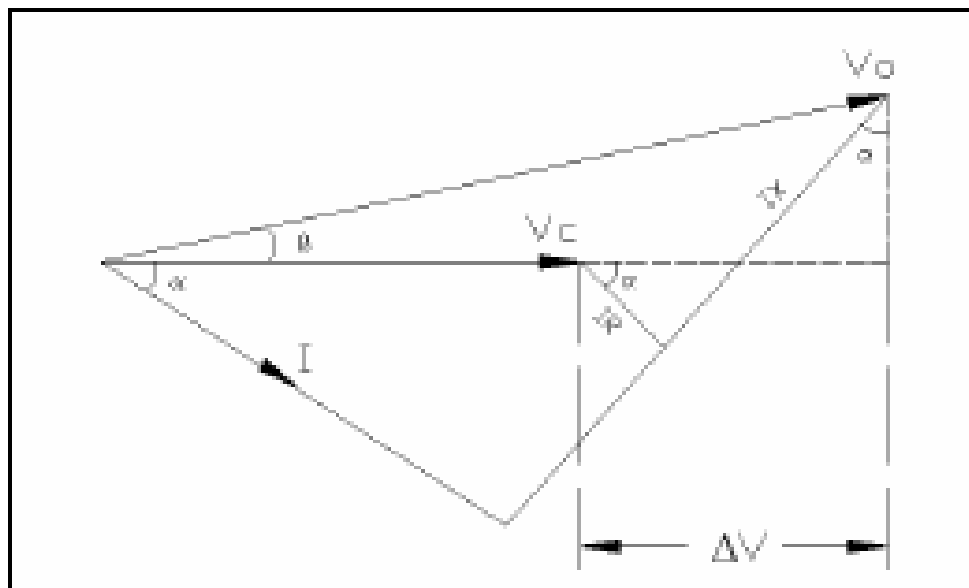


Figura N° 2 Diagrama vectorial. COVENIN (2004)

Del diagrama vectorial se deduce que:

$$V_o = \sqrt{(V_c + I \cdot R \cdot \cos \alpha + I \cdot X \cdot \sin \alpha)^2 + (V_c + I \cdot R \cdot \cos \alpha - I \cdot X \cdot \sin \alpha)^2} \quad (8)$$

Para este tipo de circuitos de instalaciones eléctricas, la componente reactiva se puede despreciar cuando IR e IX no exceden a un 10%, entonces:

$$\Delta V = V_o - V_c = I \cdot R \cdot \cos \alpha + I \cdot X \cdot \sin \alpha \quad (9)$$

Los parámetros R y X son función de la longitud del circuito de alimentación, sabiendo que r es la resistencia y x la reactancia, ambas en ohmios por unidad de longitud, se tiene que:

$$R = r \cdot L \quad (10) \quad \text{y} \quad X = x \cdot L \quad (11)$$

Combinando las ecuaciones de resistencia y reactancia con la obtenida anteriormente de caída de tensión se tiene:

$$\Delta V = I \cdot L \cdot (r \cdot \cos \alpha + x \cdot \sin \alpha) \quad (12)$$

Introduciendo una nueva variable M , donde:

$$M = (r \cdot \cos \alpha + x \cdot \operatorname{sen} \alpha) \quad (13)$$

Expresando ΔV en porcentaje de tensión de la fuente V_o :

$$\Delta V\% = V_o \cdot I \cdot L \cdot \frac{M}{V_o^2} \cdot 100 \quad (14)$$

Utilizando los conceptos de kVA y kV, lo anterior se convierte en:

$$\Delta V\% = \frac{kVA}{10 \cdot kV^2} + L \cdot (r \cdot \cos \alpha + x \cdot \operatorname{sen} \alpha) \quad (15)$$

Según el código eléctrico nacional, los conductores para circuitos alimentadores y circuitos ramales, deben estar dimensionados con un calibre que evite una caída de tensión mayor a un 3% para salidas alejadas de fuerza o iluminación, y también evitar caída mayor a un 5% para la salida más lejana.

Si estos porcentajes son violados, el voltaje en carga se reduce y puede generar problemas en la iluminación, en los motores, en equipos de control, etc. De esta forma se observa que realizar una correcta selección de conductores mediante caída de tensión es igual o más importante que por capacidad térmica.

Luego de haber expuesto las dos condiciones que se debe cumplir en la selección de un conductor, en la tabla 8 se indica el calibre mínimo que se debe utilizar según la tensión nominal a la que opera el conductor, también fue extraída del CEN (tabla 310-5).

Tabla N° 8 Calibre mínimo del conductor de acuerdo a su tensión nominal.

Tensión nominal del conductor (V)	Calibre mínimo del conductor (AWG)
De 0 a 2.000	14 de Cobre 12 de Aluminio o Aluminio recubierto de Cobre
De 2.001 a 8.000	8
De 8.001 a 15.000	2
De 15.001 a 28.000	1
De 28.001 a 35.000	1/0

Fuente: COVENIN (2004)

• **Capacidad térmica:** El calibre mínimo a utilizar para los circuitos ramales es el THW#12 AWG. La capacidad nominal de este conductor es de 25 A según la tabla 9. Se puede obtener la capacidad máxima del circuito ramal mediante la expresión de la potencia además suponiendo que se cargue el conductor al 80% de su corriente nominal, se tiene:

$$S_{1\phi} = V \cdot I \quad (16)$$

Tabla N° 9 Capacidad nominal de un circuito ramal con calibre THW #12 AWG

Tensión (V)	Corriente nominal (A)	Potencia aparente (VA)
120	20	2.400

Fuente: COVENIN (2004)

Selección de conductor puesto a tierra: Este conductor es el que se utiliza para conectar la parte metálica de los equipos que no transportan corriente, los circuitos o canalizaciones al conductor del electrodo de puesta a tierra. Para el cálculo de este conductor se utiliza la tabla 250-95 CEN presentada a continuación:

Tabla N° 30 Calibre mínimo de los conductores de puesta a tierra de equipos para canalizaciones y equipos.

CAPACIDAD NOMINAL O AJUSTE DEL DISPOSITIVO AUTOMATICO DE SOBRECORRIENTE UBICADO DEL LADO DE LA ALIMENTACION NO MAYOR DE: (AMPERES)	CALIBRE DEL CONDUCTOR DE PUESTA A TIERRA	
	ALAMBRE DE COBRE N°	ALAMBRE DE ALUMINIO RECUBIERTO DE COBRE N°
15	14	12
20	12	10
30	10	8
40	10	8
60	10	8
100	8	6

Tabla N° 10 Calibre mínimo de los conductores de puesta a tierra de equipos para canalizaciones y equipos.Cont.

CAPACIDAD NOMINAL O AJUSTE DEL DISPOSITIVO AUTOMATICO DE SOBRECORRIENTE UBICADO DEL LADO DE LA ALIMENTACION NO MAYOR DE: (AMPERES)	CALIBRE DEL CONDUCTOR DE PUESTA A TIERRA	
	ALAMBRE DE COBRE N°	ALAMBRE DE ALUMINIO RECUBIERTO DE COBRE N°
200	6	4
300	4	2
400	3	1
500	2	1/0
600	1	2/0
800	1/0	3/0
1000	2/0	4/0
1200	3/0	250 kCMIL
1600	4/0	350 kCMIL
2000	250 kCMIL	400 kCMIL
2500	350 kCMIL	600 kCMIL
3000	400 kCMIL	600 kCMIL
4000	500 kCMIL	800 kCMIL
5000	700 kCMIL	1200 kCMIL
6000	800 kCMIL	1200 kCMIL

Fuente: COVENIN (2004)

2.3.3 Canalizaciones: El conjunto de alimentadores o conductores a utilizar en la instalación deben estar protegidos por razones climáticas, mecánicas o de seguridad; esto quiere decir que por lo general deben ir instalados dentro de canalizaciones eléctricas que pueden variar dependiendo de las necesidades a cubrir en el tipo de instalación eléctrica. Las canalizaciones pueden ser clasificadas de la siguiente forma: a la vista (observables a simple vista), embutidas (oculta en muros e inaccesible en forma directa), ocultas (no visualizable), pero accesible en

toda su extensión) y subterráneas (bajo tierra). Los tipos de canalizaciones más comunes son las tuberías, las bandejas portacables y los ductos.

- **Cajas de paso y cajetines:** Las cajas de paso y cajetines son utilizadas tanto al final como en medio de los circuitos, para permitir derivaciones, empalmes de conductores, conexiones de estos a las protecciones, maniobras, interruptores para iluminación, toma corriente, etc. Ambos elementos son construidos en los materiales y dimensiones indicados en el CEN, pero en el momento del proyecto también es importante consultar los manuales de los fabricantes por si existieran variaciones en las dimensiones. Por lo general, los conductores alojados dentro de las cajas no deben superar el 60% del espacio interior de la misma. [2]

- **Tuberías:** En las canalizaciones, las tuberías son uno de los elementos más importantes, porque son las que llevan los conductores que va a resguardar, porque el espacio libre que se deje de reserva es importante para disipar el calentamiento de los alimentadores en su capacidad de conducción.

- **Tuberías tipo EMT:** La canalización embutida se realiza, con tuberías metálicas eléctrica conocidas como tipo EMT (pintadas con esmalte al horno o galvanizadas), aunque también pueden utilizarse tuberías plásticas (generalmente PVC) recubiertas en concreto. El artículo 348 del CEN explica todas las disposiciones generales respecto a este tipo de tuberías, tales como su uso, instalación y especificaciones de fabricación.

El tamaño mínimo a utilizar es de ½ pulgada y el máximo de 4 pulgadas. El área de las tuberías que puede ser ocupada por los conductores se encuentra en la tabla N°15 del libro Oswaldo Penissi que indica la cantidad de conductores máximos en los distintos tamaños de tuberías, de acuerdo al porcentaje de ocupación permisible.

- **Tuberías tipo PVC:** Este tipo de tubería es utilizada para canalizaciones embutidas, es clasificada como no metálica, este tipo de tubo debe ser auto extingible, resistente al aplastamiento, a la humedad y a ciertos agentes químicos. El artículo 347 del CEN presenta todas las consideraciones especiales respecto a este tipo de tuberías.

- **Tuberías tipo CONDUIT:** Para las instalaciones a la vista, por lo general, se utilizan distintos elementos de sujeción de las tuberías a las paredes o techos, tales como, abrazaderas o estructuras de soporte, el tipo de tuberías utilizado son las metálicas rígidas conocidas como tipo "CONDUIT". El artículo 346 del CEN explica todas las disposiciones generales respecto a este tipo de tuberías, tales como su uso, instalación y especificaciones de fabricación.

- **Bandejas para cables:** Las bandejas para cables también representan un elemento importante en las canalizaciones, porque llevan los alimentadores distribuidos por todo el centro comercial, desde los módulos de medición hasta conectarse con las tuberías que los llevarán a los locales. Existen abiertas o cerradas modelo escalera con fondo de metal expandido o metálico.

Un sistema de bandejas es un conjunto de unidades o secciones que junto a sus accesorios conforman una estructura rígida para soportar cables. [2]

El CEN también las define como canales metálicos con tapa a las bandejas portacables de fondo sólido, que fueron las utilizadas en este proyecto. Respecto al número de conductores indica en el artículo 362-5, que no tendrá más de 30 conductores de potencia y que la suma de las secciones transversales de los conductores contenidos no superará el 20% de la sección transversal interior del canal metálico.

El artículo 362-10 especifica que las extensiones de los canales metálicos con tapa se harán con los siguientes tipos de tubo: metálico rígido, metálico flexible, metálico intermedio, eléctrico metálico (EMT), canalizaciones metálicas de superficie o cables metálico blindado. La tabla 392.10(A) del CEN presenta el área de ocupación máxima permisible.

2.3.4 Selección de protecciones: Los dispositivos de protección son necesarios para preservar la vida útil de los equipos e instalaciones eléctricas ante fallas que pueden ocurrir en ellos mismos o en el sistema, es por esto que hacer una correcta selección de estos proporcionará un buen servicio y seguridad en el mantenimiento de los equipos.

Las protecciones a utilizar son interruptores automáticos, están diseñados para operar el circuito en circunstancias anormales de corriente, el disparo se produce para un cierto valor de corriente. Existen dos tipos de estos interruptores, electromagnéticos en aire y termo magnéticos en caja moldeada.

Los interruptores electromagnéticos son utilizados en subestaciones y tableros; y los interruptores termomagnéticos son instalados a nivel residencial, comercial, etc. Estos son diseñados para un tiempo fijo de disparo. (CEN-240) [2]

Las capacidades normalizadas de corriente de los fusibles e interruptores automáticos de tiempo inverso, serán las de 15, 20, 25, 30, 35, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 110, 125, 150, 175, 200, 225, 250, 300, 350, 400, 450, 500, 600, 700, 800, 1.000, 1.200, 1.600, 2.000, 2.500, 3.000, 4.000, 5.000 y 6.000 Amperes. [1]

Los interruptores comerciales de la marca Westinghouse están diseñados con las siguientes capacidades de corriente: 15, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 100, 125, 150, 160, 175, 200, 225, 250, 300, 350, 400, 500, 600, 630, 700, 800, Amperes.

2.3.5 Tableros: Los tableros cumplen la función de recibir la energía eléctrica y distribuirla por medio de conductores a las cargas de los circuitos derivados, estos se protegen individualmente para sobrecorrientes y cortocircuitos por medio de fusibles o interruptores termomagnéticos montados en los tableros junto a los instrumentos de medición. Los diferentes tipos de tableros son:

Tablero de alumbrado tipo NLAB: Utilizado para la protección y corte de circuitos de iluminación, tomacorrientes y cargas menores como pequeños equipos de aire acondicionado, máquinas de oficina, etc. Sus características principales son:

Barras principales: 225 A máx

Voltaje de trabajo 240/120 V_{AC} a 60Hz

Servicio: 3 Φ (4h), 2 Φ (3h) y 1 Φ (2h)

Capacidad de interrupción: 10 kA I_{cc} (RMS) a 240 V_{AC}

Numero de circuitos: 12, 18, 24, 30, 36, y 42

Tablero de alumbrado y distribución tipo NAB: utilizado para la protección y corte de circuitos de iluminación y pequeñas cargas de alimentadores que posteriormente son protegidos por otros dispositivos, como arrancadores, seccionadores, etc. Normalmente alimentan circuitos ramales de: máquinas de pequeñas potencias, las cuales poseen en forma integrada su panel de control. Sus características principales son:

Barras principales: 400 A máx

Voltaje de trabajo 240/120 V_{AC} a 60Hz

Servicio: 3 Φ (4h), 2 Φ (3h)

Capacidad de interrupción: 65 kA I_{cc} (RMS) a 240 V_{AC}

Numero de circuitos: 12, 18, 24, 30, 36, y 42

Tableros de distribución tipo CELDAS o CDP-1: Su utilización, básicamente es la misma que las del NHB, la diferencia es que la capacidad de corriente es mucho mayor, las barras principales son de 600 A máximo, y su tensión de operación es 480/277 Vac 60Hz.

2.3.6 Centro de control de motores (CCM): Es un tablero utilizado para instalar las componentes del alimentador de los motores y de sus circuitos derivados, además de sus protecciones correspondientes. Es importante para que los motores de una instalación o de una zona se alimenten en forma centralizada, de esa forma un solo operador puede controlar fácilmente todo un complejo donde se encuentran los mandos, protecciones e instrumentos de medición.

Para diseñar un CCM, se debe elaborar una lista indicando los siguientes datos de cada motor: potencia (HP o kW), total de unidades, demanda total, voltaje de operación y corriente nominal a plena carga. Para corriente de arranque de motores el CEN especifica es su artículo 430 todo lo referente a este punto.

2.3.7 Centro de medición: Los centros de medición son los espacios utilizados para la ubicación de los módulos de medición, que a su vez incluyen todos los equipos del sistema de medición y de protecciones necesarias del sistema eléctrico. Se debe garantizar libre acceso para la compañía eléctrica encargada de realizar la medición.

Estos centros deben estar separados de depósitos de basura, tuberías o centros de medidores de gas, depósitos de materiales combustibles, depósitos de productos químicos inflamables, ambientes de alta contaminación industrial. No deben obstaculizar vías de escape o emergencia (Capitulo IV, Sección 4.5) [1]

2.3.8 Principios básicos de distribución de media tensión: Un sistema de distribución está conformado por diversos componentes, la acometida principal de llegada de la compañía de servicio, las protecciones necesarias en todo el sistema, los transformadores distribuidos alrededor del inmueble para obtener la tensión a la que se desea realizar la distribución interna en baja tensión, en caso de tener sistemas preferenciales o de emergencia se debe de considerar la utilización de plantas de emergencia para suplir la carga en caso de falla.

- **Acometida principal:** La acometida principal es la suministrada por la compañía de servicio para poder suplir la demanda de la carga que se va a conectar al sistema principal. Este conductor es de tipo subterráneo y debe contar con un aislamiento de acuerdo al nivel de tensión de servicio y que también cumpla con protección para las condiciones atmosféricas a las que se encuentre expuesto. (CEN-230) [2].

- **Transformadores de distribución:** Los transformadores de distribución cambian a tensión primaria a un valor menor deseado, es la unión entre los alimentadores primarios en media tensión y los alimentadores secundarios en baja tensión. Cada transformador es dimensionado de acuerdo a la carga que debe suplir en cada sector donde sean instalados, teniendo en cuenta los diversos factores para la estimación de la demanda. La impedancia propia de los transformadores afecta la regulación de la tensión y la magnitud de las corrientes de corto circuito que circulan por los devanados en caso de fallas.

Los transformadores tipo pedestal o Pad-mounted instalados en exteriores viene con demandas estandarizadas: 45, 75, 112,5, 150, 225, 300, 500, 750, 1.000, 1.500, 2.000, 2.500, 3.000, 3.750 y 5000 kVA.

- **Planta de emergencia:** Estos sistemas están diseñados para suministrar automáticamente iluminación y/o fuerza en determinadas áreas críticas y equipos en caso de falla del suministro normal o en caso de falla de elementos del sistema diseñado para suministrar, distribuir y controlar la fuerza e iluminación indispensables para la seguridad de la vida humana. [2]

2.3.9 Principios de puesta a tierra: Este sistema se basa en la conexión física que se realiza entre las partes no conductoras de un equipo eléctrico y tierra, de esta forma se limita la tensión

en las partes metálicas de los equipos para evitar que alcancen valores peligrosos para la vida de un ser humano, además de evitar el acumulamiento de cargas electroestáticas que podrían provocar explosiones. En caso de falla del aislamiento de un equipo el hecho de conectarlo a tierra, crea un camino de baja impedancia para drenaje de la corriente.

Por lo general se realiza enterrando de barra Copperweld de 5/8" x 2,4 m y son conectadas mediante un alambre de cobre desnudo #4 para crear un anillo de equipotencialidad. También se podría también el sistema de puesta a tierra conectando la red de tierra a las tuberías de aguas blancas, si son de cobre o hierro galvanizado.

El artículo del CEN referente a los sistemas de puesta a tierra es el 250, dentro de este se incluyen los requerimientos generales de los sistemas en las instalaciones eléctricas, además se dispone de los siguientes:

Sistemas, circuitos y equipos requeridos, cuya puesta a tierra sea permitida o no permitida.

Conductor de circuito que será puesto a tierra en sistemas eléctricos puestos a tierra.

Ubicación de las conexiones de puesta a tierra.

Tipos y calibres de conductores de puesta a tierra y conexión equipotencial y electrodos.

Métodos de puesta a tierra y conexión equipotencial.

Condiciones en las que se pueden sustituir resguardos, separaciones o aislamiento por puestas a tierra.

2.3.10 Ascensor, hidroneumático y escalera mecánica: El diseño de los sistemas de ascensor e hidroneumático es bastante similar desde el punto de vista de cálculo. Básicamente se necesita determinar la cantidad de personas que harán uso de estos sistemas y la necesidad de agua durante el día, de forma de estimar los motores que se encargarán de realizar el trabajo de mover la cabina del ascensor o impulsar la bomba del hidroneumático respectivamente.

Ascensor: La determinación de la capacidad del ascensor y la cantidad de los mismo a instalar, se rige mediante las necesidades de transporte en la edificación, tal como la cantidad de personas a trasladar, la velocidad del traslado, tiempo de vaciado y tiempo de espera; cumpliendo con las Norma COVENIN 621-72, denominada código nacional para ascensores de pasajeros.

Hidroneumático: Para el sistema de hidroneumático, es necesario determinar el caudal de agua, se hace uso del método de la dotación diaria establecido en la norma sanitaria venezolana para edificaciones, la cual establece el caudal de agua necesaria en litros por día de las posibles

áreas de una edificación. Posteriormente obtenido el caudal de agua total consumida por el edificio en el día, se determina el caudal promedio que la bomba tendrá que entregar cada tiempo, en base a los arranques por minuto y la presión de agua necesaria para llevar el líquido vital a cada punto de la edificación. Una vez obtenido este caudal se determina la potencia del motor en HP necesario para mover la bomba en diseño.

Escalera mecánica: La determinación de la capacidad del sistema de escaleras mecánicas se rige siguiendo el procedimiento de la norma ISO 25745, las escaleras mecánicas son normalmente utilizadas para transportar personas entre pisos adyacentes, por lo general deben de superar los 30° de inclinación y están entre velocidad nominal (0,5 y 0,65) m/s, velocidad recomendada por la norma para mejorar el tráfico de personas en el ámbito del transporte.

2.3.11 Memoria descriptiva: Es un documento donde se encuentra toda la información acerca del proyecto de instalaciones eléctricas (Capítulo VIII, Sección 8.3) [1].

2.3.12 Cálculos Métricos: Es la contabilización de las medidas de todos los materiales a usar en el desarrollo del proyecto de instalaciones eléctricas (Capítulo VIII, Sección 8.4) [1].

2.4 Instalación de Otros Servicios en Edificios

2.4.1 Sistema de detección y alarma contra incendio: Este sistema tiene por objeto, en caso de incendio, informar oportunamente a una central de alarma, la cual estará ubicada por lo general en área de planta baja o sótano, cerca de los servicios eléctricos. Se hace con el fin de combatir el fuego y avisar a los habitantes a tiempo, para proceder a salir por los medios de escape más expeditos (CEN - 760) [2].

2.4.2 Sistema telefónico: El teléfono es un equipo eléctrico que transforma el sonido en corriente eléctrica y luego nuevamente en sonido. Es por esto que el tubo telefónico cuenta con dos partes, una emisora y una receptora. Cuando se trata de un solo número, se alimenta de un solo par de cables y tendrá tantos pares como números asociados al equipo. Una central telefónica es el caso típico donde llega un número determinado de pares como

5, 10 o más y salen para el interior de la edificación 10, 20, 50 o más pares telefónicos, como números asociados hayan COVENIN 2454:1999 [9].

2.4.3 Sistema de televisión y radio: La televisión por cable surge por la necesidad de llevar señales de televisión y radiodifusión sonora, de índole diversa, hasta el domicilio de los abonados, sin necesidad de que ellos deban disponer de diferentes equipos receptores, reproductores y sobre todo, de equipamiento de antenas. El sistema consta del mismo recorrido de CANTV, pero con tubería independiente (CEN – 810, 820) [2].

2.5 Software utilizado en la herramienta computacional

2.5.1 AutoCAD®: Es un software de diseño asistido por computadora utilizado para dibujo 2D y modelados 3D actualmente desarrollado y comercializado por la empresa Autodesk. Las interfaces de programación que admite AutoCAD son *ActiveX Automation*, VBA (*Visual Basic for Applications*), Autolisp, Visual LISP, ObjectARX y .NET, el tipo de interfaz que se utilice dependerá de las necesidades de la aplicación en este caso VBA.

2.5.2 Excel®: Es una aplicación de hojas de cálculo forma parte de la suite de oficinas de Microsoft office®. Es una aplicación utilizada en tareas financieras y contables, con tablas, fórmulas, gráficos y un lenguaje de programación VBA para la automatización de tareas.

2.5.3 Word®: Es un programa informático orientado al procesamiento de textos fue creado por la empresa Microsoft y viene integrado predominantemente en el paquete office, incluye el lenguaje de programación VBA.

2.5.4 DIALux®: Es un software gratuito de DIAL que permite crear proyectos de iluminación profesionales. Este software está siendo utilizado por miles de diseñadores de iluminación en todo el mundo, y facilita la tarea de diseñar sistemas de iluminación tanto para interiores como exteriores.

2.5.5 Visual Basic para Aplicaciones (VBA)®: VBA es un lenguaje de programación

desarrollado por Microsoft Corporation para elaborar subrutinas que automaticen el trabajo con las aplicaciones que le ofrecen soporte.

VBA permite desarrollar aplicaciones con gran rapidez, controlando, desde la propia etapa de diseño, el ambiente de las diversas ventanas del programa. Además, Visual Basic es un lenguaje muy fácil de aprender y utilizar.

VBA permite también la integración con otras aplicaciones que admiten VBA. Lo que significa que AutoCAD puede, mediante las bibliotecas de objetos de otras aplicaciones, funcionar como controlador de automatización de otras aplicaciones como Microsoft Word o Excel [4]

www.bdigital.ula.ve

CAPITULO III

3. DISEÑO DE LA HERRAMIENTA COMPUTACIONAL

En este Capítulo se exhibe la metodología para el diseño y uso de la herramienta computacional con ambiente CAD, Así como también la participación de otros programas como DIALux, Excel y Word.

3.1. Generalidades

La herramienta computacional se desarrolló en AutoCAD 2013 y el compilador en Visual Basic del mismo programa, junto con la participación de programas como Excel, Word, DIALux

4.13. Es importante tener en cuenta las diferentes versiones con las que trabaja el programa para evitar futuros conflictos de compatibilidad al momento de manipular el programa.

3.2 Consideraciones de Diseño

Con la finalidad de encontrar un entorno amigable, interactivo, práctico y de fácil manipulación, se personalizó una barra de herramientas en AutoCAD que contiene unos iconos de fácil comprensión sujetos cada uno a un respectivo modulo según su icono. Para integrar bloques de tamaños normalizados-se cuenta con una paleta de herramientas en la que están todos y cada uno de los bloques que se pueden agregar al momento de diseñar un circuito en AutoCAD. En la pantalla inicial del programa se piden los datos del tipo de edificación y se agrega un nombre a la carpeta a crear para archivar los resultados. A continuación, una descripción de cada una de las áreas:

3.2.1 Creación de bloques: Cuando se trabaja con AutoCAD se utiliza a diario bloques, ya sean creados por el usuario o descargados de diferentes lugares. Tal como BiblioCAD.com y otros [6]. Para crearlos se debe seguir los siguientes pasos: Seleccionar el elemento que desea convertir en bloque

- En la barra de menú pulsar la opción insertar > crear bloque, que mostrará en pantalla la ventana para agregar las características del bloque (ver figura 3.7)
- Para finalizar el proceso se pulsa aceptar en la ventana (ver figura 3.7).

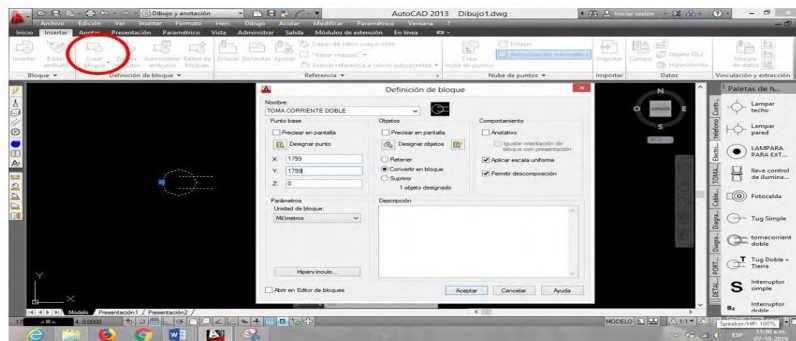


Figura N° 3.1 Ventana para la creación del bloque Fuente: Autor

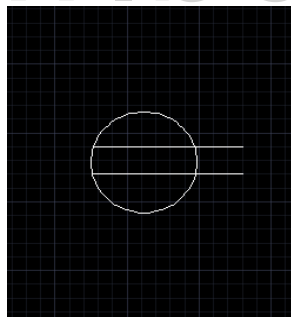


Figura N° 3.2 Bloque de toma corriente doble
Fuente: Autor

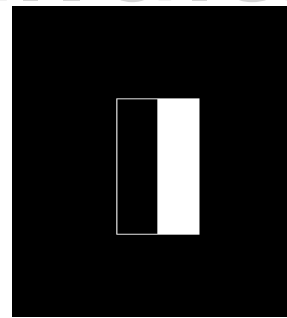


Figura N° 3.3 Bloque de Sub-Tablero Fuente:
Autor

3.2.2 Creación de paleta de herramientas: La paleta de herramienta contiene los bloques diseñados por el usuario y debe pertenecer a un grupo determinado de paletas, el cual debe ser creado si no existe. En la actualidad existen varios métodos de crear paletas personalizadas, una solución es la que se describe a continuación:

- Pulsar en la barra de menú *Herr.>Personalizar>Paletas de herramientas* (ver figura 3.4,

3.5.), a continuación, se muestra la ventana personalizar (ver figura 3.6).

b) Para crear una nueva paleta se selecciona la opción “nueva paleta” en la ventana que aparece al pulsar el botón derecho del ratón, en la sección paletas de la ventana personalizar. A la nueva paleta se le asigna un nombre y se deben agregar los diferentes bloques creados por el usuario (ver figura 3.7).

c) Para crear un nuevo grupo de paletas se selecciona la opción “nuevo grupo” en la ventana que aparece al pulsar el botón derecho del ratón, en la sección “Grupo de paletas” de la ventana personalizar. Al nuevo grupo se le debe asignar un nombre y agregar las paletas anteriormente creadas (ver figura 3.8).

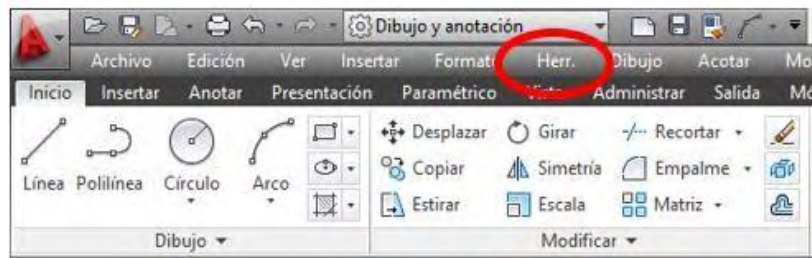


Figura N° 3.4 Creación de paletas “Herr” Fuente: Autor

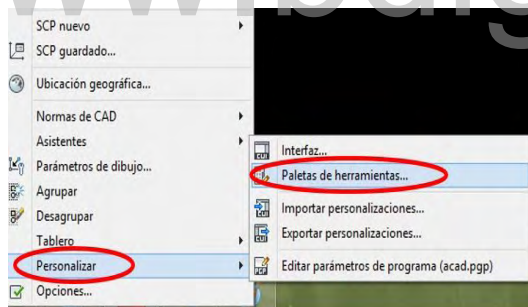


Figura N° 3.5 Abrir Ventana “personalizar”
Fuente: Autor

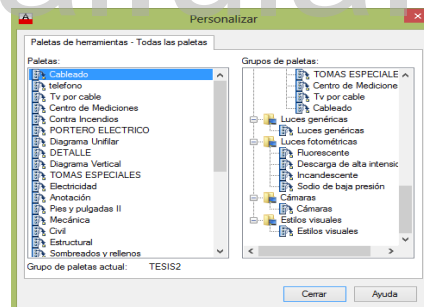


Figura N° 3.6 Ventana personalizar. Fuente:
Autor

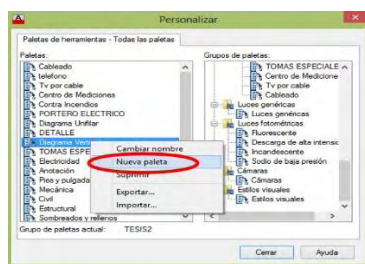


Figura N° 3.7 Nueva paleta. Fuente: Autor

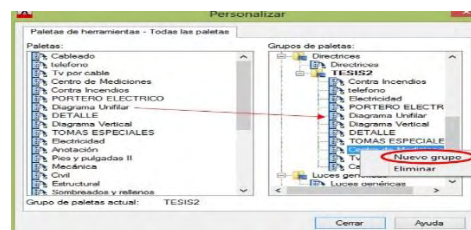


Figura N° 3.8 Crear Nuevo Grupo de Paletas.
Fuente: Autor

d) Agregar bloques a la paleta:

d.1) Abrir en AutoCAD la ventana *Design Center* pulsando (Ctrl + 2).

d.2) En la ventana *Design Center* (ver figura 3.9), seleccione el archivo “Bloques”, de la opción “bloques.dwg” de la lista de carpetas, el cual contiene los bloques a utilizar (figura 3.10).

d.3) Seleccione en la ventana anterior los bloques que desean transferir, luego arrastre y pegue en la paleta correspondiente (ver figura 3.10).

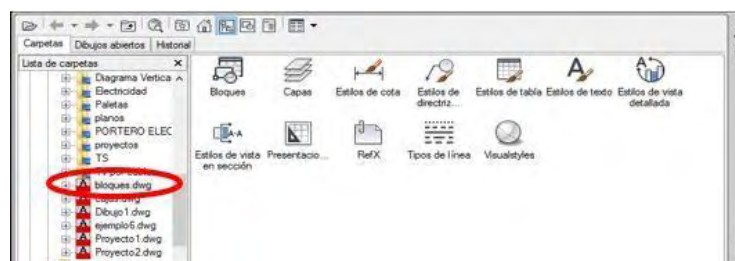


Figura N° 3.9 Bloques Fuente: Autor

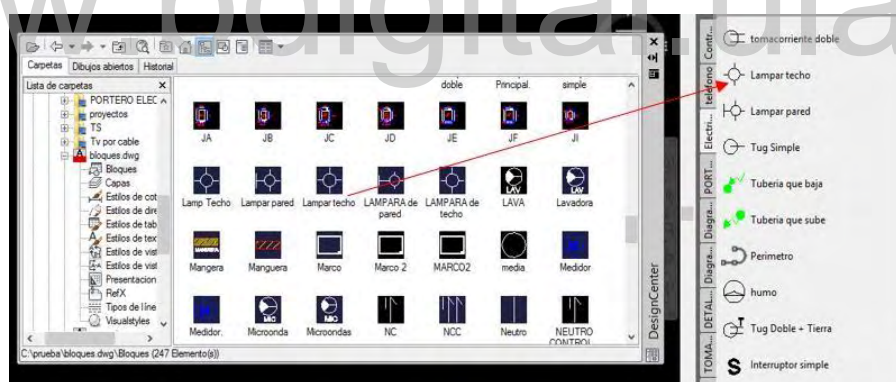


Figura N° 3.10 Insertar Bloques en Paleta Fuente: Autor.

e) Para exportar paletas creadas en otro ordenador se debe dirigir a *Herr.>Personalizar>Paletas de herramientas* luego seleccionar la paleta deseada, debe pulsar con el botón derecho sobre esta y seleccionar “exportar” (figura 3.11).

f) Luego se debe seleccionar el lugar donde será guardado el archivo exportado, junto con el plano donde se encuentran los bloques almacenados.

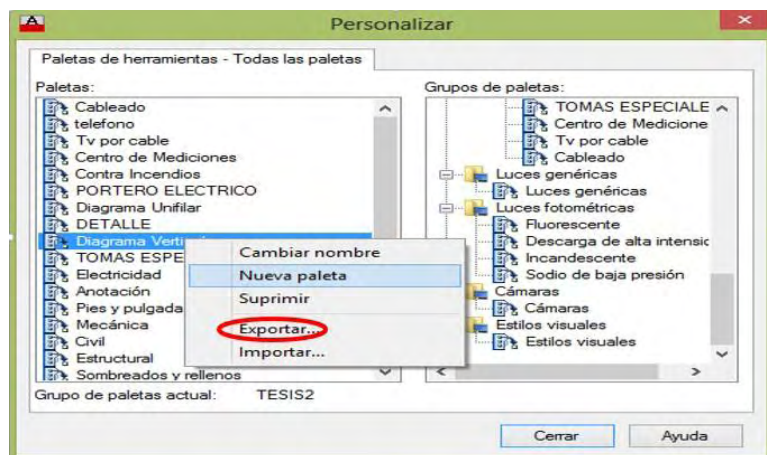


Figura N° 3.11 Exportar Paletas. Fuente: Autor

3.3 Área de Programación

Para la creación de la herramienta es necesario el manejo del lenguaje Visual Basic para Aplicaciones (VBA), el cual debe estar instalado en el producto AutoCAD.

3.3.1 Instalación del módulo VBA: Como el AutoCAD®2013 no posee el módulo Microsoft® Visual Basic® para Aplicaciones (VBA) por defecto, es necesario descargarlo desde internet en la dirección indicada por el AutoCAD para la versión correspondiente según el procesador de 32 bits o 64 bits, este es un archivo muy liviano, que al abrir presenta la ventana de instalación (figura 3.12).

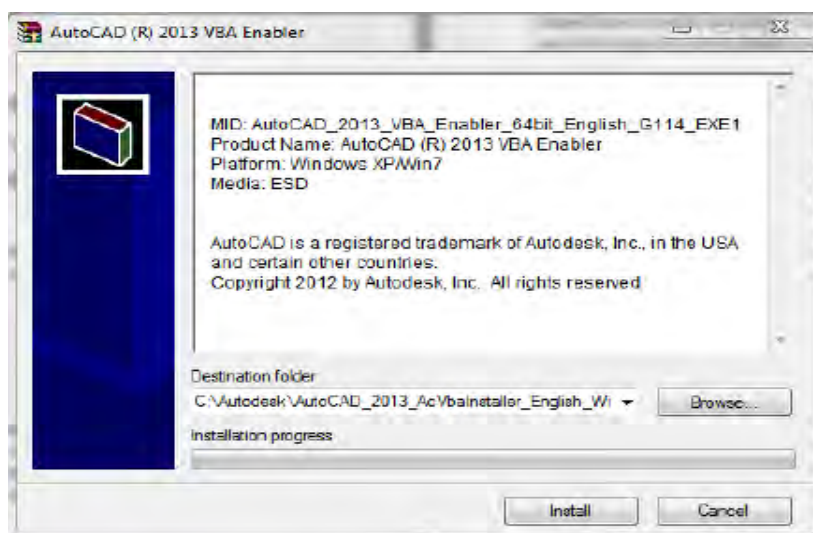


Figura N° 3.12 Instalación del Módulo VBA para AutoCAD. Fuente: Autor

Una vez finalizada la instalación, en barra de menú de AutoCAD debe seleccionar “Administrar” y luego “Editor de Visual Basic” (figura 3.13), quedando listo para desarrollar la programación (figura 3.14).

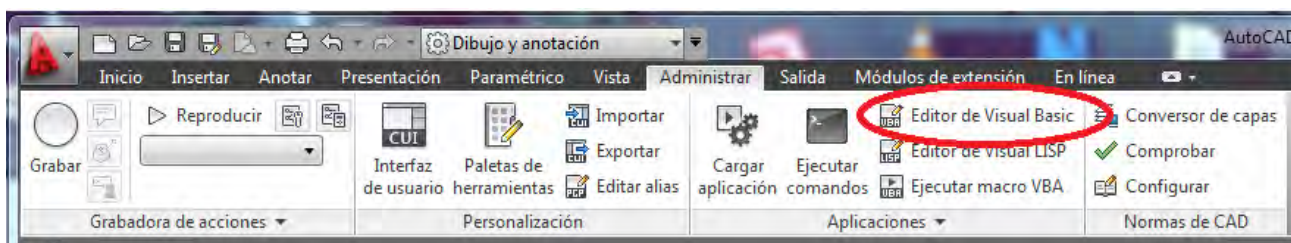


Figura N° 3.13 Editor de Visual Basic Fuente: Autor

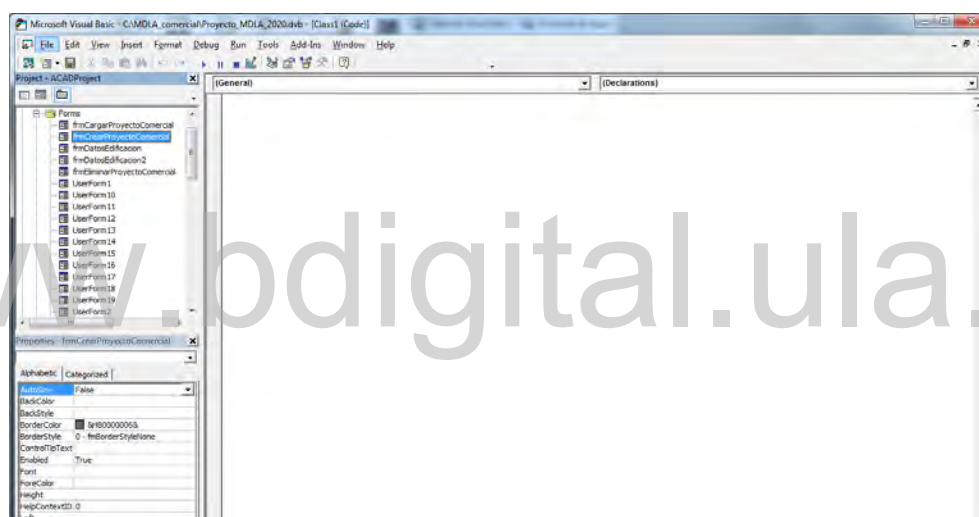


Figura N° 3 14 Ventana de Editor Visual Basic Fuente: Autor

3.3.2 Formularios: Los formularios son las zonas de la pantalla donde se diseña el programa y sobre las que se sitúan los controles o herramientas de la *toolbox*, como cajas de texto, botones, etiquetas y demás.

Los formularios, sirven para ejecutar operaciones como el registro, actualización, eliminación o procesamiento de los datos existentes en Excel y como interfaz para ejecutar macros previamente existentes.

Estos formularios en AutoCAD pueden ser empleados desde cualquier hoja, por medio de algún botón que se coloque en AutoCAD, ejemplo los botones de la barra de herramientas.

El formulario y los controles serán el esqueleto o la base del programa. Una aplicación puede tener varios formularios, pero siempre habrá uno con el que arrancará la aplicación. [4]

Debe pulsar con el botón derecho del mouse sobre cualquier elemento del explorador de proyectos, elegir “Insertar” y luego “formulario” como se puede notar en la figura 3.15.

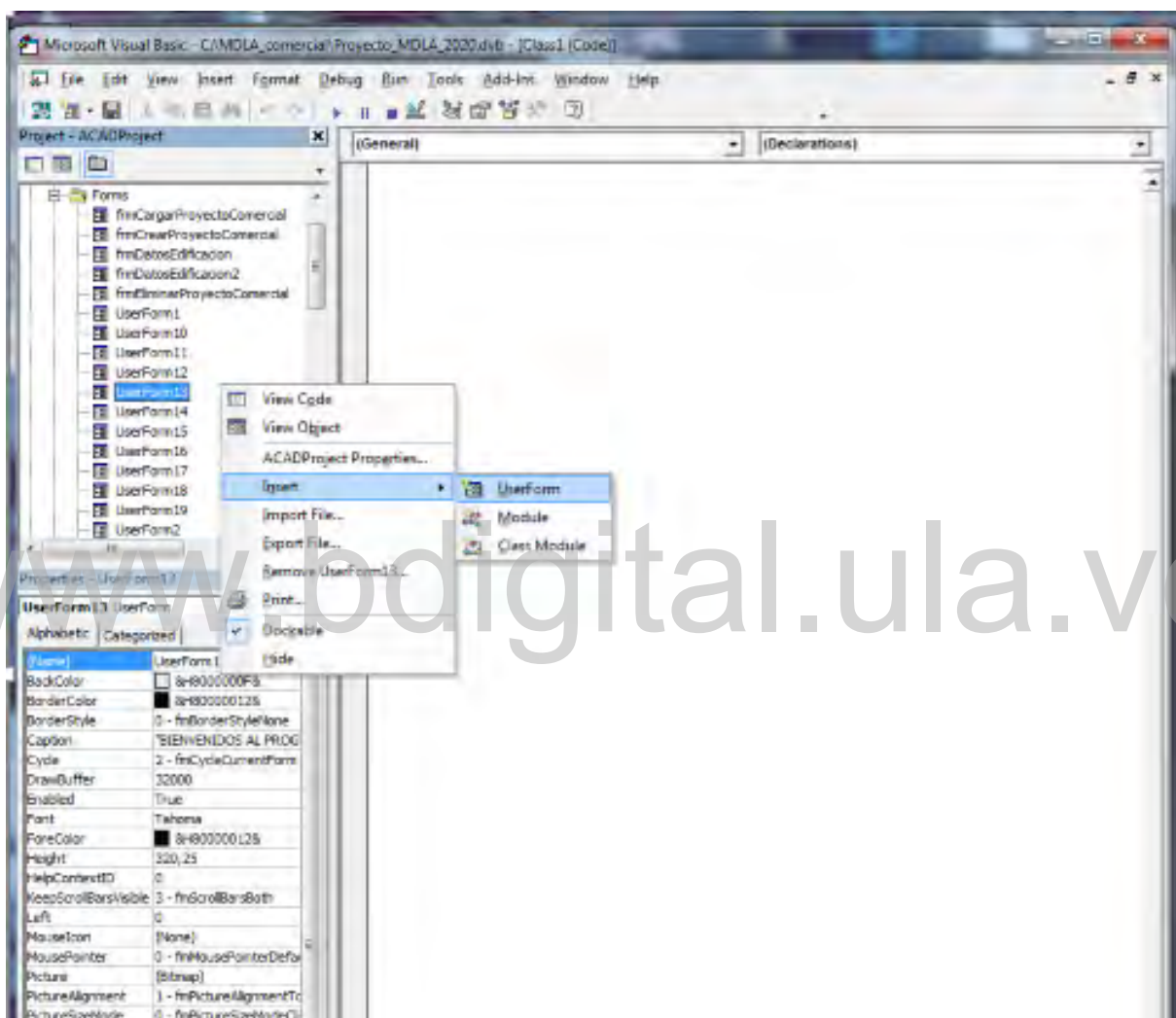


Figura N° 3.15 Ventana para insertar formulario. Fuente: Autor

3.3.3 Propiedades de los formularios: A continuación, se detallarán las propiedades del formulario más utilizadas (figura 3.16).

a) *Name*: en todo control la primera propiedad que debe establecerse es el nombre del objeto, es recomendable que en el caso del formulario las tres primeras letras sean Frm, precisamente

para saber que se trata de un formulario, luego el nombre que se le quiere asignar sin admitir espacios [4].

b) *Back Color*: permite cambiar el color del fondo del formulario.

c) *Borde Color*: Establece el color en el borde del formulario.

d) *BorderStyle*: Establece el estilo del borde del formulario.

e) *Caption*: Etiqueta o título para identificación del formulario.

f) *Picture*: Establece una imagen como fondo del formulario.

g) *Font*: Permite definir el tipo y tamaño de letra.

h) *ForeColor*: Define el color de la letra.

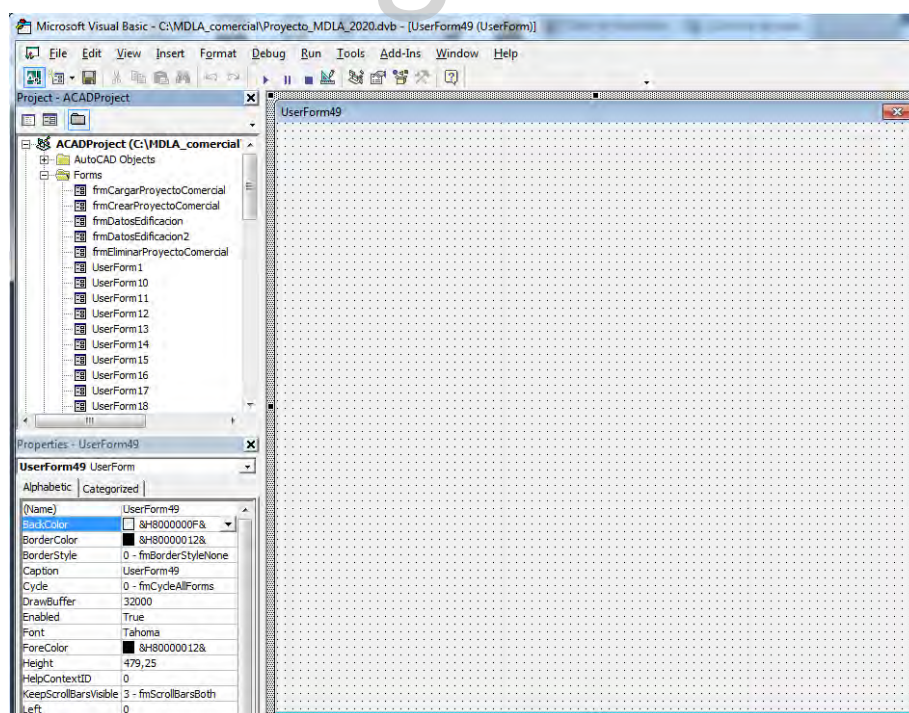


Figura N° 3.16 Formulario Visual Basic. Fuente: Autor

3.3.4 Toolbox: Cuadro de herramientas donde se encuentran todos los controles que se usaran en la construcción de los formularios como: *label*, *Textbox*, *ComboBox*, *listbox*, *checkbox*, *optionbutton*, *Commandbutton*. (Ver Figura 3.17) [4].



Figura N° 3 17 Herramientas Fuente: Autor

Label: Este control sirve para mostrar nombres, títulos en nuestro formulario que orienten en el diseño, mas no permite la introducción de datos. (Figura 3.18) [4].

TextBox: caja de texto que se utiliza para introducir o mostrar un dato. (Figura 3.19) [4].

ComboBox: caja desplegable de texto que mantiene almacenado varios datos para seleccionar (figura 3.20) [4].

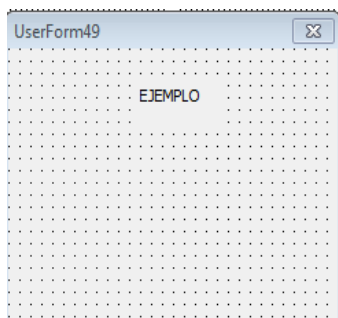


Figura N° 3.18 Label. Fuente: Autor

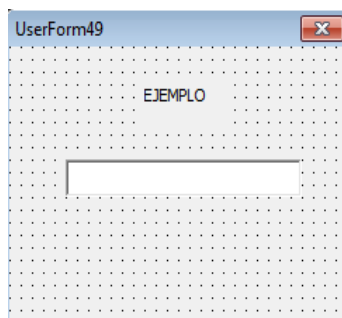


Figura N° 3.19 Textbox. Fuente: Autor

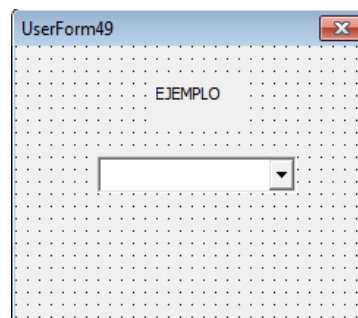


Figura N° 3.20 ComboBox. Fuente: Autor

Listbox: Es un cuadro donde se almacena varios datos de información en forma de listado para alguna acción determinada (Figura 3.21) [4].

Checkbox: es un control que permite al usuario seleccionar una o más opciones de varias disponibles. (Figura 3.22) [4].

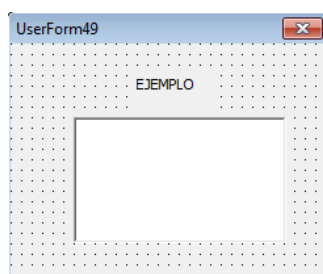


Figura N° 3.21 Listbox. Fuente: Autor

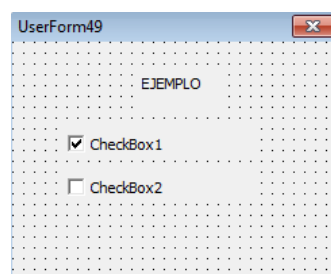


Figura N° 3.22 Checkbox. Fuente: Autor

OptionButton: Control que permite al usuario escoger solo una de varias opciones. (Figura 3.23) [4].

CommandButton: Botón que permite realizar las determinadas acciones, bien sea mandar a ejecutar una macro o insertar un código de programación que haga alguna operación. (Figura 3.24) [4].

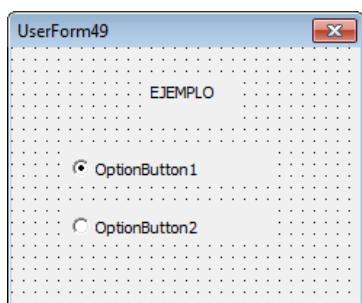


Figura N° 3.23 OptionButton. Fuente: Autor

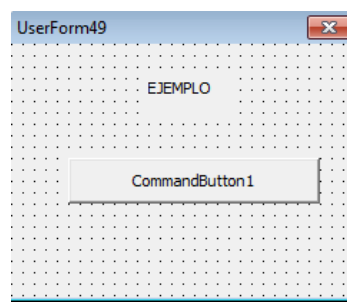


Figura N° 3.24 ComandButton. Fuente: Autor

3.3.5 Módulos: Un módulo es un área de trabajo donde se desarrolla el código de programación (código VBA). Aquí se insertan declaraciones, subrutinas y funciones.

Para crear un módulo VBA se debe abrir el “Editor de Visual Basic”, luego desde el Editor de VBA debe pulsar con el botón derecho del mouse sobre cualquier elemento del explorador de proyectos, elegir “Insertar” y luego “Modulo” como se puede notar en la figura 3.25.

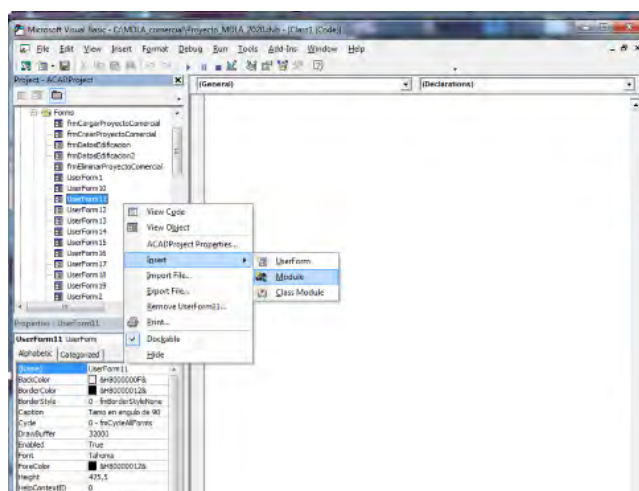


Figura N° 3.25 Ventana de editor visual basic modulo. Fuente: Autor

Se debe tener en cuenta que los módulos o macros pueden ser creadas de forma automática cuando se usa el grabador de macros [4].

3.3.6 Lenguaje de programación VBA: Este lenguaje de programación está orientado a eventos y forma parte del lenguaje usado en la familia de Microsoft office. El VBA puede ser empleado tanto en AutoCAD y Excel como en los demás programas de office, Pudiendo incorporar Todos los elementos de este entorno informático: ventanas, botones, cajas de diálogo y de texto, Botones de opción y de selección, barras de desplazamiento, gráficos, menús. Con el fin de crear aplicaciones para poder automatizar los trabajos y así ahorrar mucho tiempo.

Los comandos que se crean tanto en AutoCAD como en Excel pueden realizar acciones como agregar textos, cambiar letra, agregar color a una celda, cambiar capas, crear capas, realizar operaciones etc.

La aplicación Visual Basic de Microsoft puede trabajar de dos modos distintos: en modo de diseño y en modo de ejecución. En modo de diseño el usuario construye interactivamente la

aplicación, colocando controles en el formulario, definiendo sus propiedades, y desarrollando funciones para gestionar los eventos.

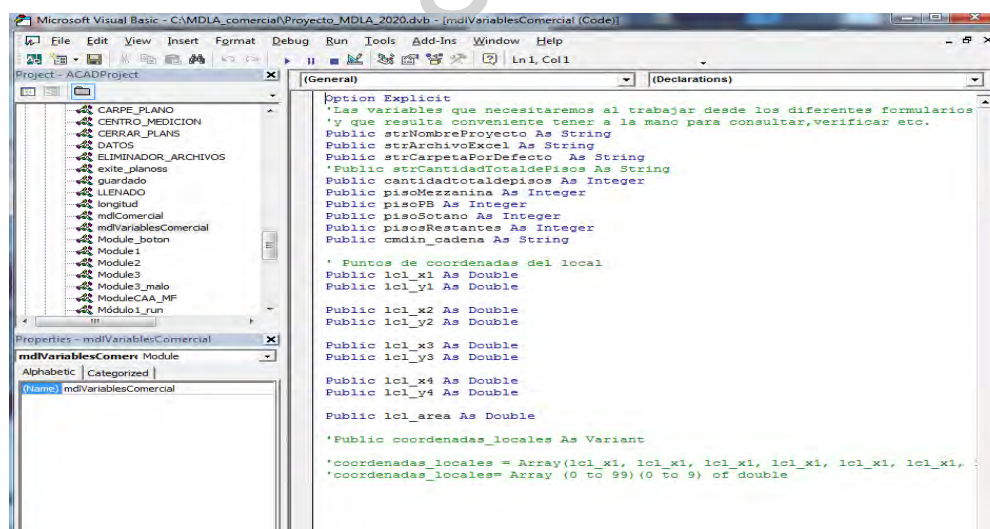
La aplicación se prueba en modo de ejecución. En ese caso el usuario actúa sobre el programa (Introduce eventos) y prueba cómo responde el programa.

En la programación se emplea el uso de objetos. Como por ejemplo se pueden mencionar algunos de ellos: *Userform*, *Workbook*, *Worksheets*, *range*, *cells*, formularios, Libro, hoja, rango son los objetos que van a experimentar cambios por medio de propiedades y métodos a usar (ver figura 3.26).

Como propiedades se pueden nombrar algunas como *color*, *height*, *BackColor*, *Value*, *Format*, que se pueden emplear por medio de los objetos, en este caso sirven para controlar el color, Altura, color en el fondo, valor y formato.

Algunos métodos que se pueden nombrar como: *Select*, *Activate*, *Clear*, *Copy*, *hide*, *show* y *AddItem*. Que sirven para controlar las acciones, en este caso la Selección, activación de un objeto, limpieza, copia, ocultar, mostrar y agregar.

Se debe tener en cuenta que cada objeto debe corresponderle alguna propiedad o algún método para realizar determinada acción [5].



```

Option Explicit
'Las variables que necesitaremos al trabajar desde los diferentes formularios
'y que resulta conveniente tener a la mano para consultar, verificar etc.
Public strNombreProyecto As String
Public strArchivoExcel As String
Public strCarpetaPorDefecto As String
Public strCantidadTotaldeFisicos As String
Public cantidadtotaldepisos As Integer
Public pisoMezzanina As Integer
Public pisoPB As Integer
Public pisoSotano As Integer
Public pisosRestantes As Integer
Public cmdin_cadena As String

' Puntos de coordenadas del local
Public lcl_x1 As Double
Public lcl_y1 As Double

Public lcl_x2 As Double
Public lcl_y2 As Double

Public lcl_x3 As Double
Public lcl_y3 As Double

Public lcl_x4 As Double
Public lcl_y4 As Double

Public lcl_area As Double

'Public coordenadas_locales As Variant
'coordenadas_locales = Array(lcl_x1, lcl_x1, lcl_x1, lcl_x1, lcl_x1, lcl_x1,
'coordenadas_locales= Array (0 to 99) (0 to 9) of double

```

Figura N° 3.26. Ejemplos de programación en el módulo. Fuente: Autor

3.3.7 Proyectos y módulos: Un proyecto realizado en el lenguaje VBA es el conjunto de

todos los módulos necesarios para que un programa funcione. La información referente a esos módulos se almacena en un fichero del tipo *ProjectName.vbp*. La extensión **.vbp* del fichero hace referencia a *Visual Basic project*.

Los módulos que forman parte de un proyecto pueden ser de varios tipos: aquellos que están asociados a un formulario (**.frm*), los que contienen únicamente líneas de código *Basic* (**.bas*) llamados módulos estándar y los que definen agrupaciones de código y datos denominadas clases (**.cls*), llamados módulos de clase.

Un módulo **.frm* está constituido por un formulario y toda la información referente a los controles en él contenidos.

Un módulo de código estándar **.bas* contendrá una o varias funciones y/o procedimientos, además de las variables que se desee, a los que se podrá acceder desde cualquiera de los módulos que forman el proyecto [5].

3.3.8 Variables y funciones de ámbito local: Un módulo puede contener variables y procedimientos o funciones públicos y privados. Los públicos son aquellos a los que se puede acceder libremente desde cualquier punto del proyecto. Para definir una variable, un procedimiento o una función como público es necesario preceder a la definición de la palabra *Public*, como por ejemplo:

Public Variable1 As Integer

Public Sub Procedimiento1 (Parametro1 As Integer, ...)

Public Function Funcion1 (Parametro1 As Integer, ...) As Integer

Una variable *Private*, por el contrario, no es accesible desde ningún otro módulo distinto de aquél en el que se haya declarado.

Se llama variable local a una variable definida dentro de un procedimiento o función. Las variables locales no son accesibles más que en el procedimiento o función en que están definidas [5]

3.3.9 Variables y funciones de ámbito global: Se puede acceder a una variable o función global desde cualquier parte de la aplicación. Para hacer que una variable sea global, hay que declararla en la parte general de un módulo **.bas* o de un formulario de la aplicación. Para declarar una variable global se utiliza la palabra *Public*.

Por ejemplo:

Public var1_global As Double, var2_global As String

Así se podrá acceder a las variables *var1_global*, *var2_global* desde todos los formularios. La Tabla N° 11 muestra la accesibilidad de las variables en función de dónde y cómo se hayan declarado [5].

Tabla N° 11 Tipos de Variables

TIPO DE VARIABLE	LUGAR DE DECLARACION	DE Accesibilidad
<i>Global o public</i>	Declaraciones de <i>*.bas</i>	Desde todos los formularios as las funciones de ese modulo
<i>Dim o Private</i>	Declaraciones de <i>*.bas</i>	
<i>Public</i>	Declaraciones de <i>*.frm</i>	Desde cualquier procedimiento del propio formulario y desde otros, procedida del nombre del módulo en el que se ha declarado
<i>Dim o Private</i>	Declaraciones de <i>*.frm</i>	cualquier procedimiento del propio formulario
<i>Dim</i>	procedimiento de un modulo	Desde el propio procedimiento

Fuente: Autor

3.3.10 Variables: Una variable es un nombre que designa a una zona de memoria (se trata por tanto de un identificador), que contiene un valor de un tipo de información, además pueden cambiar su valor a lo largo de la ejecución de un programa [5].

3.3.11 Constantes: Son identificadores con la particularidad de que el valor que está en ese lugar de la memoria solo puede ser asignado una única vez [5].

3.3.12 Identificadores: VBA, como todos los demás lenguajes de programación, tiene sus propias reglas para elegir los identificadores. Los usuarios pueden elegir con gran libertad los nombres de sus variables y funciones, teniendo siempre cuidado de respetar las reglas del lenguaje y de no utilizar un conjunto de palabras reservadas (*keywords*, como lo son: *for, if, else, loop, Next, Val, Hide, Show*, entre otras), que son utilizadas por el propio lenguaje [5]

3.3.13 Tipos de Datos: *Visual Basic*, dispone de distintos tipos de datos aplicables tanto para constantes como para variables. La siguiente tabla muestra algunos tipos de datos que se pueden usar [5].

Tabla N° 12 Variables características

Tipo	Descripción	Carácter de declaración	Rango
<i>Boolean</i>	Binario		True o False
<i>Byte</i>	Entero corto		0 a 255
<i>Integer</i>	Entero (2 bytes)	%	-32768 a 32767
<i>Long</i>	Entero largo (4 bytes)	&	-2147483648 a 2147483647
<i>Single</i>	Real simple precisión (4bytes)	!	-3.40E+38 a 3,40E+38
<i>Double</i>	Real doble precisión (8 bytes)	#	-1.79D+308 a 1.79D+308
<i>Currency</i>	Numero con punto decimal fijo (8bytes)	@	-9.22E +14 a 9.22E +14
<i>String</i>	Cadena de caracteres (4bytes + 1byte/carac hasta 64k)	\$	0 a 65500 caracteres.
<i>Date</i>	Fecha (8bytes)	ninguno	1 de enero de 100 a 31 de diciembre de 9999 indica también la hora, desde 0.00:00 Hasta 23:59:59

Fuente: Autor

3.3.14 Elección del tipo de variable: Si en el código del programa se utiliza una variable que no ha sido declarada, se considera que esta variable es de tipo *Variant*. Las variables de este tipo se adaptan al tipo de información o dato que se les asigna en cada momento. Por ejemplo, una variable tipo *Variant* puede contener al principio del programa una cadena de caracteres (*string*) después una variable de *doble precisión*, y finalmente un número *entero* [5].

En general es el tipo de dato lo que determina qué tipo de variable se debe utilizar. A continuación se muestran algunos ejemplos:

- *Integer* para numerar las filas y columnas de una matriz no muy grande
- *Long* para numerar los habitantes de una ciudad o los números de teléfonos
- *Boolean* para una variable con sólo dos posibles valores (sí o no)
- *Single* para variables físicas con decimales que no exijan precisión
- *Double* para variables físicas con decimales que exijan precisión
- *Currency* para cantidades grandes de dinero

3.3.15 Operadores: A continuación se mostrará en tabla 13 algunos operadores usados en la programación [5].

Tabla N° 134 Operadores usados en la programación

Tipo	Operación	Operador en VBA
Aritmético	Exponenciación	^
	Multiplicación y división	*, /
	División entera	\
	Suma y resta	+,-
Tipo	Operación	Operador en VBA
Concatenación	Concatenar o enlazar	& +
Relacional	Igual a	=
	Distinto	<>
	Menor que / menor igual que	< <=
	Mayor que / mayor igual que	> >=
Otros	Comparar dos expresiones de caracteres	<i>Like</i>

Tabla N° 13 Operadores usados en la programación Cont.

	var dos referencia a objetos	<i>Is</i>
Lógico	Negación	<i>Not</i>
	Inclusión	<i>And</i>
	Or inclusivo	<i>Or</i>
	Or exclusivo	<i>xor</i>
	Equivalencia (opuesto a xor)	<i>Eqv</i>

Fuente: Autor

3.3.16 Sentencias de control: Denominadas también estructuras de control, Son las encargadas de controlar el flujo de un programa según los requerimientos y sentencias que se utilicen. VBA dispone de las siguientes estructuras de control [5]:

- *If ...then ... else*
- *Select Case*
- *For...Next*
- *Do...Loop*
- *While...Wend*
- *For Each... next*

Sentencias *If... Then...Else*: Esta estructura permite ejecutar condicionalmente una o más sentencias y puede escribirse de dos formas. La primera ocupa sólo una línea y tiene la forma siguiente:

```
If condicion Then
    Sentencia1(s)
[Else
    Sentencia2(s)] End If
```

Si condición es *True* (verdadera), se ejecutan las sentencias que están a continuación de **Then**, y si condición es *False* (falsa), se ejecutan las sentencias que están a continuación de **Else**, si esta cláusula ha sido especificada (pues es opcional). Para indicar que se quiere ejecutar uno de varios bloques de sentencias dependientes cada uno de ellos de una condición, la

estructura adecuada es la siguiente:

```
If condicion1 Then
    sentencias1
ElseIf condicion2 Then
    sentencias2
Else
    sentencia-n
End If
```

Si se cumple la condicion1 se ejecutan las sentencias1, y si no se cumple, se examinan secuencialmente las condiciones siguientes hasta *Else*, ejecutándose las sentencias correspondientes al primer *ElseIf* cuya condición se cumpla. Si todas las condiciones son falsas, se ejecutan las sentencias-n correspondientes a *Else*, que es la opción por defecto [5].

Sentencia *Select Case*: Esta sentencia permite ejecutar una de entre varias acciones en función del valor de una expresión. Es una alternativa a *If... Then... ElseIf* cuando se compara la misma expresión con diferentes valores. Su forma general es la siguiente:

```
Select Case expression
    Case etiq1
        [sentencias1]
    Case etiq
        [sentencias2]
    Case Else
        Sentencias_n
End Select
```

Donde expresión es una expresión numérica o alfanumérica, y *etiq1*, *etiq2*,... pueden adoptar las formas siguientes:

1. *expresión*
2. *expresión To expresión*
3. *Is operador-de-relación expresión*
4. *combinación de las anteriores separadas por comas*

Por ejemplo,

Numero = 8 ' Se inicializan las variable.

Select Case Numero ' Se va a evaluar la variable Numero.

Case 1 To 5 ' Numero está entre 1 y 5.

Resultado = "Se encuentra entre 1 y 5"

'Lo siguiente se ejecuta si es True la expresión.

Case 6, 7, 8 ' Numero es uno de los tres valores.

Resultado = "Se encuentra entre 6 y 8"

Case Is = 9 , Is = 10 ' Numero es 9 ó 10.

Resultado = "El valor es 9 o 10"

Case Else ' Resto de valores.

Resultado = "El número no se encuentra entre 1 y 10"

End Select

Cuando se utiliza la forma *expresion To expresion*, el valor más pequeño debe aparecer en primer lugar.

Cuando se ejecuta una sentencia *Select Case*, Visual Basic evalúa la expresión y el control del programa se transfiere a la sentencia cuya etiqueta tenga el mismo valor que la expresión evaluada, ejecutando a continuación el correspondiente bloque de sentencias. Si no existe un valor igual a la expresion entonces se ejecutan las sentencias a continuación de *Case Else* [5].

Sentencia *For...Next*: La sentencia For da lugar a un lazo o bucle, y permite ejecutar un conjunto de sentencias cierto número de veces. Su forma general es:

***For* variable = *expresion1 To expresion2* [*Step expresion3*] [*Sentencias*]**

Exit For

[Sentencias]

***Next* [variable]**

Cuando se ejecuta una sentencia *For*, primero se asigna el valor de la expresion1 a la variable y se comprueba si su valor es mayor o menor que la expresion2. En caso de ser menor se ejecutan las sentencias, y en caso de ser mayor el control del programa salta a las líneas a continuación de *Next*. Todo esto sucede en caso de ser la expresion3 positiva. En caso contrario se ejecutarán

las sentencias cuando la variable sea mayor que expresion2. Una vez ejecutadas las sentencias, la variable se incrementa en el valor de la expresion3, o en 1 si *Step* no se especifica, volviéndose a efectuar la comparación entre la variable y la expresion2, y así sucesivamente.

La sentencia *Exit For* es opcional y permite salir de un bucle *For... Next* antes de que éste finalice [5].

Sentencia *Do....Loop*: Un *Loop* (bucle) repite la ejecución de un conjunto de sentencias mientras una condición dada sea cierta, o hasta que una condición dada sea cierta. La condición puede ser verificada antes o después de ejecutarse el conjunto de sentencias. Sus posibles formas son las siguientes:

Formato 1:

Do [{*While/until*} *condicion*]

[*Sentencias*]

[*Exit Do*]

[*Sentencias*]

Loop

Formato2:

Do

[*Sentencias*]

Exit Do]

[*Sentencias*]

Loop [{*While/Útil*} *condicion*]

La sentencia opcional *Exit Do* permite salir de un bucle *Do... Loop* antes de que finalice éste [5].

Sentencia *While.....Wend*: Esta sentencia es otra forma de generar bucles que se recorren mientras se cumpla la condición inicial. Su estructura es la siguiente [5]:

While *condición*

[*Sentencias*]

Wend

Sentencia *For Each*.....*Next*: Esta construcción es similar al bucle *For*, con la diferencia de que la variable que controla la repetición del bucle no toma valores entre un mínimo y un máximo, sino a partir de los elementos de un arreglo (o de una colección de objetos). La forma general es la siguiente:

***For Each* variable *In* grupo**

[Sentencias]

***Next* variable**

Con arrays variable tiene que ser de tipo *Variant*. Con colecciones variables puede ser *Variant* o una variable de tipo *Object*. Esta construcción es muy útil cuando no se sabe el número de elementos que tiene el array o la colección de objetos [5].

3.4 Programación de la Herramienta Computacional

La aplicación está formada por un conjunto de formularios que ejecutaran diferentes tareas. el primer formulario muestra el menú del programa, el segundo formulario enfocado en los datos básicos del proyecto y la selección del tipo de diseño, el tercer formulario encargado de tomar datos de la edificación, el cual cuenta con 8 paginas para desarrollar los cálculos, donde la primera página se toman estos datos, la segunda página enfocada en tomar la información por piso, la tercera página encargada de tomar datos de las cargas existentes en cada uno de los locales, en la cuarta página se inicia el diseño del proyecto, consta de 2 opciones para desarrollar cálculos de estimación de demanda, la primera opción abarca la ubicación de salidas para locales, como iluminación, tomacorrientes de uso general, especial y tableros, y la segunda opción destinada al diseño de servicios generales, como ubicación de salidas y los cálculos de estimación de sistema hidroneumático, ascensor y escalera mecánica. Culminado el uso de la página destinada al diseño de salidas se puede observar en la quinta página correspondiente a la demanda total los resultados a esta estimación. Luego la sexta página será usada para el cálculo de los circuitos ramales, la séptima página está reservada para el cálculo de alimentadores y por ultimo una octava página que se encarga del cálculo de la acometida.

3.4.1 Formulario de inicio: Es la primera ventana de la aplicación (ver figura 3.27), está constituido por un cuadro de texto para que el usuario identifique sus proyectos. También tiene la opción de elegir el tipo de inmueble que desea trabajar. Teniendo en cuenta que cada una de estas opciones despliega distintos formularios como se muestra en el diagrama de flujo. (Ver figura3.28). Además, si se trata de un nuevo proyecto y es seleccionado vivienda unifamiliar o vivienda multifamiliar se creará una carpeta con el nombre que haya identificado, ubicada en disco c: /prueba/proyectos/multifamiliar, si es seleccionado vivienda unifamiliar o vivienda multifamiliar, de lo contrario si es seleccionado centro comercial la carpeta creada estará ubicada en disco c: /MDLA_comercial/proyectos.



Figura N° 3.27 Formulario Menú del programa. Fuente: Autor

El botón “INICIAR” permite avanzar en la aplicación de modo que se mostrará la ventana correspondiente al segundo formulario. (Ver Figura 3.29) la misma hace referencia a la selección del diseño bien sea electricidad o sistemas, cuenta con cajas de texto para que el usuario inserte la información del inmueble, luego almacenar toda esta información en una hoja de Excel llamada “General” con la acción del botón “crear” como se describe en el diagrama de flujo (Ver Figura 3.30). Datos que serán transferidos a la memoria descriptiva cuando finalice la aplicación. Por último, se abrirán 3 libros de Excel de forma automática llamado “General”, “Pisos”, “Locales” donde se llevarán a cabo los cálculos y el recaudo de información del proyecto. (ver figura3.31)

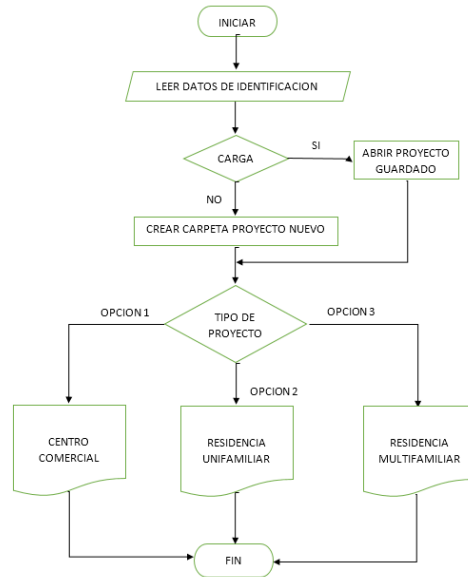


Figura N° 3.28 Diagrama de flujo del menú del programa. Fuente: Autor

Figura N° 3.29 Datos Básicos. Fuente: Autor

Figura N° 3.30 Libro de Excel. Fuente: Autor

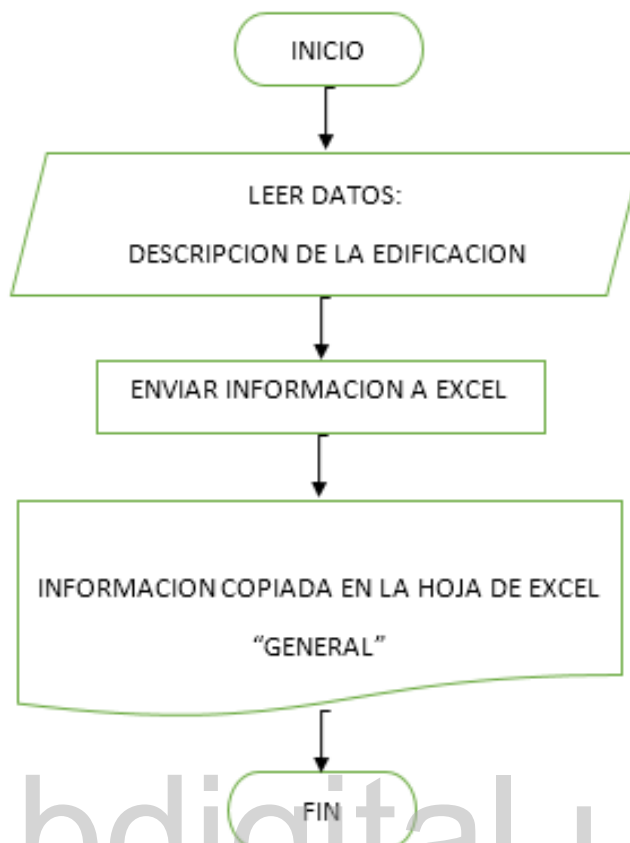


Figura N° 3.31 Diagrama de flujo ingreso de datos básicos del proyecto. Fuente: Autor

Para lograr la creación de la carpeta se usaron comandos y códigos visto en la figura 3.32.

```

Private Sub CommandButton3_Click()
frmDatosEdificacion.StatusBar1.SimpleText = strCarpetaPorDefecto & "\" & strNombreProyecto
If Len(TextBox1.Text) = 0 Then
Exit Sub
End If
FrmCrearProyectoComercial.Hide
frmDatosEdificacion.show
'FrmCrearProyectoComercial = Nothing
frmDatosEdificacion.StatusBar1.SimpleText = strCarpetaPorDefecto & "\" & strNombreProyecto
  
```

Figura N° 3.32 Código para crear las carpetas de guardado. Fuente: Autor

La figura 3.33 corresponde al código que ejecuta la búsqueda de la carpeta y abre las hojas de Excel del proyecto guardado en caso de que el usuario desee continuar un proyecto.

```

Dim Excel As Excel.Application      'Objeto Excel -->Atención con habilitarlo en Tools/references...Microsoft Excel 15.0
Dim ExcelSheet As Object
Dim ExcelWorkBook As Object
Dim ExcelRange As Excel.Range      'Rango de celdas

'Abre excel
Set Excel = New Excel.Application

'Crear un nuevo WorkBook
Set ExcelWorkBook = Excel.Workbooks.Add

With ExcelWorkBook
    .Title = strNombreProyecto
    .Subject = "Maria de los Angeles "
    .SaveAs fileName:=strCarpetaPorDefecto & "\" & strNombreProyecto & "\" & strNombreProyecto & ".xlsx"
End With

'Hojas iniciales a crear
Set ExcelSheet = ExcelWorkBook.Sheets.Add(, ExcelWorkBook.Worksheets(ExcelWorkBook.Worksheets.Count))
ExcelSheet.Name = "GENERAL"

Set ExcelSheet = ExcelWorkBook.Sheets.Add(, ExcelWorkBook.Worksheets(ExcelWorkBook.Worksheets.Count))
ExcelSheet.Name = "PISOS"

Set ExcelSheet = ExcelWorkBook.Sheets.Add(, ExcelWorkBook.Worksheets(ExcelWorkBook.Worksheets.Count))
ExcelSheet.Name = "LOCALES"

'Borra las hojas adicionales que pudieran haberse creado
For Each ExcelSheet In ExcelWorkBook.Worksheets
    A = ExcelSheet.Name
    If A <> "GENERAL" And A <> "PISOS" And A <> "LOCALES" Then ExcelSheet.Delete
Next

```

Figura N° 3.33 Código de macro para abrir las hojas de trabajos guardadas Fuente: Autor

3.4.2 Tercer formulario datos generales de la edificación: Este formulario es creado para obtener los datos generales de la edificación y sus características internas y externas, como se muestra en la figura 3.34, esta primera página cuenta con *Checkbox* el cual le permite al usuario seleccionar una o más opciones de varias disponibles y cajas desplegables de texto para que el usuario inserte la cantidad correspondiente al mismo. Luego almacenar toda esta información en una hoja de Excel llamada “general” (ver figura 3.35), con la acción del botón “actualizar” como se describe en el diagrama de flujo (ver figura 3.36). Datos que serán transferidos a la memoria descriptiva cuando finalice la aplicación. Por otra parte, se podrán introducir los planos a la aplicación para el fácil acceso a ellos por medio de la interfaz. De la forma como se describe en el diagrama de flujo (Ver figura 3.37).

Figura N° 3.34 Formulario Datos Generales de la Edificación. Fuente: Autor

	A	B
4	Unidades de Area	m ²
5	Tipo de Diseño	Electricidad(Locales, Servicios)
6	Factor de Potencia	0,8
7	Fecha de Inicio	30-03-2020
8	Fecha de Culminación	30-03-2020
9	Empresa	MDLA
10	Proyectista	MDLA
11	Observaciones	
12	Número total de Pisos	
13	Mezzanina	
14	Planta Baja	
15	Sotano	
16	Pisos Estacionamiento	
17	Otros/Mixto	
18	Jardines	
19	Estacionamiento externo	
20	Otros/Mixto Externo	
21	Ancho de Placas	
22	Distancia entre Placas	
23	Nombre del plano	
24	Area Total	
25	Unidades de Area	
26		

Figura N° 3.35 Hoja de Excel "GENERAL" Fuente: Autor


```

Dim fileName As String

'''Using the SendCommand method, send getfiled
'''AutoLISP expressions to the AutoCAD command
'''1/3'line.Set the return value to a user-defined
'''system variable USERS1.

ThisDrawing.SendCommand ("(setvar " & ""users1"" & "(getfiled " & ""Seleccionar un archivo DWG "" & ""c:/program files/acad2012/"" & ""dwg"" & "8) ")
'''Use the GetVariable method to retrieve this system variable to store selected file name
fileName = ThisDrawing.GetVariable("users1")
MsgBox fileName & " " & users1

```

Figura N° 3.40 Código para llamar a los planos desde la interfaz. Fuente: Autor

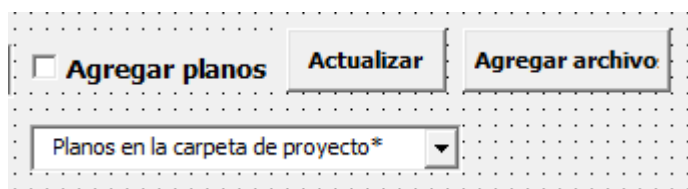


Figura N° 3.41 Ingreso de planos. Fuente: Autor

3.4.3 Segunda página información por piso: Esta página es creada para obtener la información por piso, cuenta con cajas desplegadas de texto que mantienen almacenado varios datos ya cargados del formulario anterior (Ver figura 3.42). Es el encargado de agregar a cada piso la cantidad, tipo de locales y su área correspondiente donde el botón “ubicar en el plano” te lleva al plano para que marques la zona donde deseas calcular el área y agregar en la hoja de Excel “PISOS” los datos (Ver figura 3.43).

Inicialmente se hace la asociación de los planos a cada piso/área para el fácil acceso a ellos, para luego ser ubicados en el plano con la herramienta AutoCAD. Si la opción para ubicar en el plano viene acompañada de locales de igual área se debe agregar la cantidad de locales y así poder ser ubicados en el plano haciendo la distribución del área a cada uno. En esta página se tomará sus coordenadas de acuerdo a su ubicación, luego almacenar toda esta información en una hoja de Excel llamada “LOCALES” con la acción del botón “Agregar” como se describe en el diagrama de flujo (ver figura 3.44), y se realizaran sus cálculos correspondientes en Excel con el botón “actualizar” .

Figura N° 3.42 Formulario información por piso Fuente: Autor

	A	B	C	D	E	F	G
1	Piso	Código	Tipo de Loca	Area	Metros	%Reserva	CEN
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							

Figura N° 3.43 Hoja de Excel "PISOS" Fuente: Autor

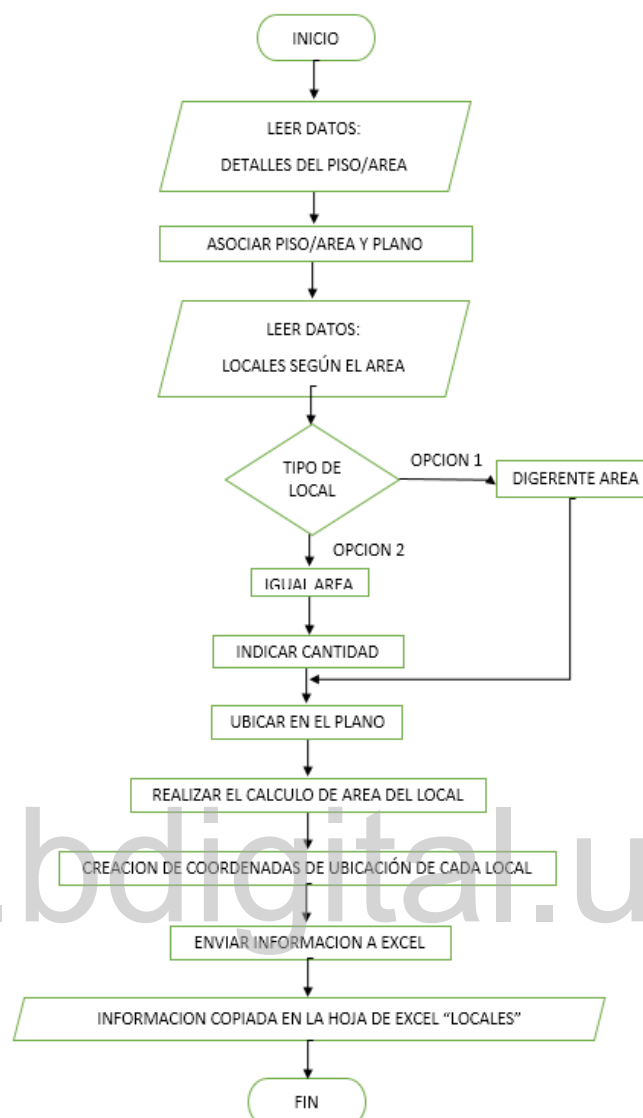


Figura N° 3.44 Diagrama de flujo “Información por piso” Fuente: Autor

3.4.4 Tercera página información por local: En esta tercera página se despliega en las cajas de texto el piso que se desea modificar de forma individual (ver figura 3.45), donde se agregara la información por local correspondiente a las cargas por equipos, como aire acondicionado y equipos especiales, así como su potencia y tensión de alimentación. Existe una lista de equipos especiales agregados al programa utilizados en locales destinados a venta de alimentos incluyendo su potencia y tensión donde estos pueden ser seleccionados para ser utilizados en el cálculo de la carga, de no estar ningún equipo deseado, también se pueden agregar manualmente otros equipos como su nombre, potencia, tensión y así ser calculados. Luego la información

agregada será almacenada en la hoja Excel llamada “PISOS” (ver figura 3.46) con la acción del botón “Actualizar” descrito en el diagrama de flujo (ver figura 3.47).

Figura N° 3.45 Formulario Información por locales. Fuente: Autor

Piso	Código	Tipo de Loca	Area	Metros	%Reserva	CEN	Grupo	Nombre del	Potencia (KV)	Tipo instalac	Tensión	FD	Nombre del	Potenc

Figura N° 3.46 Hoja de Excel “PISOS”. Fuente: Autor



Figura N° 3.47 Diagrama de flujo “Información por locales”. Fuente: Autor

3.4.5 Cuarta página diseño de salidas:

Formulario diseñado para agregar en Excel, cargas ubicadas en los distintos ambientes del plano, consta de 2 páginas para desarrollar cálculos de estimación de demanda, la primera página abarca la ubicación de salidas para locales, como iluminación, tomacorrientes de uso general, especial y tableros, cuenta con una caja de texto donde se selecciona el piso/área y el local correspondiente.

En iluminación al trabajar con la herramienta DIALux se tiene el botón con el logo que permite ir al programa como enlace para realizar los cálculos de iluminación y luego reflejar la cantidad de salidas en el libro de Excel “LOCALES”, si se desea hacer alguna modificación de las luminarias ya existentes en el plano con el botón “ir al plano” y “actualizar” se puede hacer esta modificación y hacer nuevamente el conteo para enviar y corregir la información en Excel, (ver, Figura 3.48).

Figura N° 3.48 Formulario para ubicación de salidas “Locales” Fuente: Autor

Seleccionando la opción “insertar salida” y cada una de las opciones como tomacorrientes de uso general y tomacorrientes especiales, se hace automáticamente la inserción de estas salidas según su área, por norma y equipos agregados a cada local; Así como su tablero correspondiente (ver figura 3.49) y (ver figura 3.50); al igual que en iluminación si se desea modificar la ubicación y la cantidad ingresada por norma se puede modificar y ser enviada y modificada la información en Excel, con el botón “ir al plano” y “actualizar salidas”.

El botón “Copiar distribución” permite agregar el diseño de los locales creados grupalmente teniendo las mismas características de área y carga para acelerar el proceso de inserción y ubicación de salidas.

También cuenta con una caja de sugerencia que permite que el usuario obtenga información a tomar en consideración según el CEN.

Con el botón “Actualizar” se agrega toda la información correspondiente al local descrito en el diagrama de flujo (ver, Figura 3.51)

```

'Creacion de la region para insertar las salidas
CopiaBloques 'Sub rutina que se encarga de hacer disponibles los bloques en memoria

Dim curves(0 To 0) As AcadEntity
Dim regionObj As Variant
Dim regionprueba As AcadRegion
Dim centroide2d As Variant
Dim centroide3d(0 To 2) As Double

selecciondecapaactiva ("MDLA_GEOMETRIA") ' Establece la Capa de trabajo

Set curves(0) = ThisDrawing.ModelSpace.AddLightWeightPolyline(coordenadasdellocal)
curves(0).Closed = True

' Crea la region
regionObj = ThisDrawing.ModelSpace.AddRegion(curves)
Set regionprueba = regionObj(0)
centroide2d = regionprueba.Centroid

'Quedan 2 reg

centroide3d(0) = centroide2d(0)
centroide3d(1) = centroide2d(1)
centroide3d(2) = 0

Dim ptoparazoommin As Variant
Dim ptoparazoommax As Variant

curves(0).GetBoundingBox ptoparazoommin, ptoparazoommax
ZoomWindow ptoparazoommin, ptoparazoommax

Dim nombredebloque As String

```

Figura N° 3.49 Código creación de la región para insertar salidas. Fuente: Autor

```

'TUGs presentes
'Insercion de los TUG
If CheckBox15.Value = True And OptionButton20.Value = True Then

nombredebloque = "TUG_MDLA"
selecciondecapaactiva ("MDLA_TUG") ' Establece la Capa de trabajo

'Cuento cuantos bloques del tipo especificado estan presentes en el local
ThisDrawing.Regen (acActiveViewport)
numbloquesyapresentes = cuenta_bloques_por_region(nombredebloque, coordenadasdellocal)
If numbloquesyapresentes > 0 Then
MsgBox "El local ya posee TUG,el # de TUG se actualizará en el archivo principal "
End If

'guardar en excel el NumTUG por diseño (leídos desde el plano)
HojaLocales.Cells(filadellocalactual, 21) = numbloquesyapresentes

If numbloquesyapresentes = 0 Then
HojaLocales.Cells(filadellocalactual, 21) = numTUG '#TUG Calculados
numTUG = numTUG - numbloquesyapresentes

Set blockRefObj = ThisDrawing.ModelSpace.InsertBlock(centroide3d, nombredebloque, 1, 1, 1, 0) 'BIEN

Dim bloqueactual As AcadBlockReference
Set bloqueactual = blockRefObj
Dim arreglodebloques() As AcadBlockReference

```

Figura N° 3.50 Código para insertar salidas. Fuente: Autor

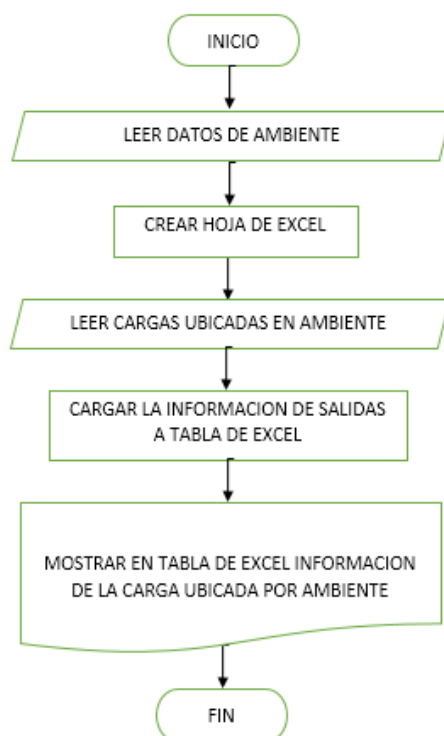


Figura N° 3.51 Diagrama de flujo “Salidas”. Fuente: Autor

En la segunda página se realiza el diseño del área de servicios generales (ver figura 3.52), para hacer el diseño de iluminación se trabaja igualmente con la herramienta DIALux pero se debe seleccionar el tipo de iluminación ya sea General, Exterior o Emergencia; al realizar este diseño se tomarán datos extraídos de la herramienta DIALux como el tipo de luminaria y su potencia, para su cálculo posteriormente. Para la ubicación de salidas de tomacorriente de uso general se insertarán a través de la paleta de herramientas (ver figura 3.53), el formulario también cuenta con una caja de sugerencia que permite que el usuario obtenga información a tomar en consideración según el CEN, y la inserción de salidas especiales se realizara automáticamente según lo agregado en el formulario manualmente; los cálculos de estimación de sistema hidroneumático, ascensor, y escalera mecánica se calcularán en páginas adicionales en el formulario; Luego de finalizar el uso de esta página “Diseño de salidas” se realiza el cálculo de demanda total del edificio, y será mostrado en pantalla en el formulario “Demanda total del Centro comercial”.

Figura N° 3.52 Formulario para ubicación de salidas “Servicios Generales”. Fuente: Autor

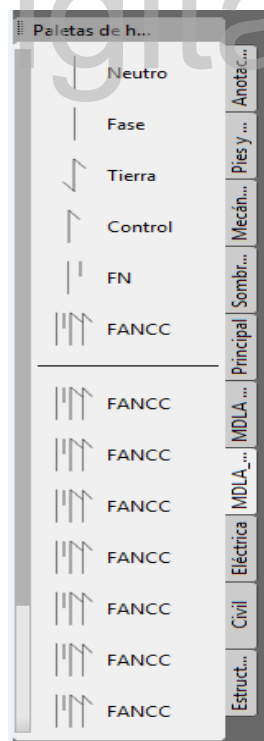


Figura N° 3.53 Paleta de herramientas “Bloques” Fuente: Autor

3.4.5.2 Hidroneumático: Esta macro permite estimar la potencia del motor a utilizar en el sistema hidroneumático (ver figura 3.54), para ello es necesario determinar el caudal de agua, se hace uso del método de la dotación diaria establecido en la norma sanitaria venezolana para edificaciones, en el cual simplemente se seleccionan las áreas existentes en la edificación. Posteriormente obteniendo el caudal de agua total consumida por el edificio en el día, y determinando el caudal promedio que la bomba tendrá que entregar, de modo de diseñar un sistema eficiente de suministro de agua a lo largo de toda la edificación. Los resultados obtenidos por este formulario serán enviados a Excel a la hoja “HIDRO” (ver figura 3.55).

Figura N° 3.54 Formulario "Hidroneumático". Fuente: Autor

Figura N° 3.55 Hoja de Excel HIDRO. Fuente: Autor

3.4.5.3 Ascensores: Esta macro permite determinar los hp del motor a utilizar en el sistema de ascensores (ver figura 3.56), siguiendo los procedimientos de la norma COVENIN 621-72, denominada código nacional para ascensores de pasajeros. Se rige mediante las necesidades de transporte en la edificación, tal como la cantidad de personas a trasladar, la velocidad de traslado, tiempo de vaciado y tiempo de espera. Admite ingresar datos como superficie por piso, el número de pisos a servir y altura de la edificación. El resultado será cargado en Excel en la hoja “ASCENSOR” (ver figura 3.57).

Figura N° 3.56 Formulario "Ascensor". Fuente: Autor

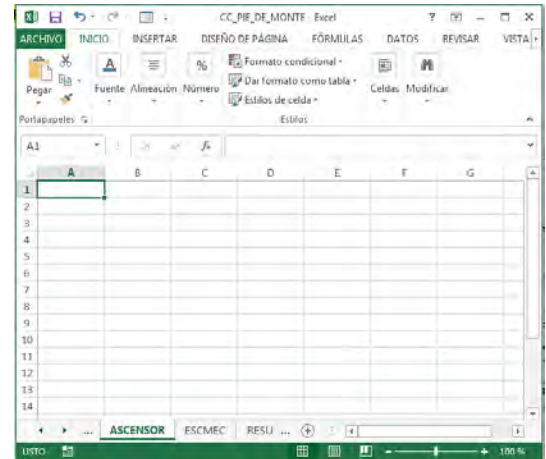


Figura N° 3.57 Hoja de Excel "ASCENSOR". Fuente: Autor

3.4.5.4 Escalera mecánica: Esta macro permite determinar la potencia del motor a utilizar en el sistema de escaleras mecánicas (ver figura 3.58), siguiendo los procedimientos de la norma ISO 25745, las escaleras mecánicas son normalmente utilizadas para transportar personas entre pisos adyacentes, por lo general deben de superar los 30° de inclinación y están entre las velocidad nominal (0,5 y 0,65) m/s, velocidad recomendada por la norma para mejorar el tráfico de personas en el ámbito del transporte. Admite ingresar datos como números de pisos a servir, desnivel y la velocidad. El resultado será cargado en Excel en la hoja "ESCMEC" ver figura 3.59).

Figura N° 3.58 Formulario "Escalera Mecánica". Fuente: Autor

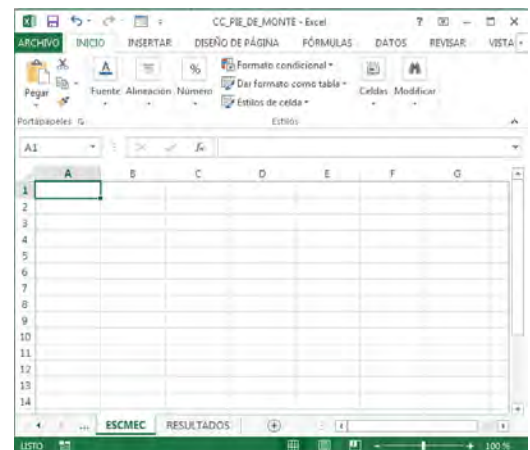


Figura N° 3.59 Hoja de Excel ESCMEC. Fuente: Autor

3.4.6 Quinta página Demanda total: Página creada con la finalidad de mostrar resultados estimados luego de tener todo el diseño del proyecto comercial (ver figura 3.60), considerando que para realizar un proyecto de instalaciones eléctricas un paso muy importante es obtener una estimación de la carga de diseño. Esta carga se convierte en la base para el desarrollo del proyecto del tablero general, de los módulos de medición, de los alimentadores, acometida, etc. Insertando los datos de la demanda en la hoja de Excel “RESULTADOS” (ver figura 3.61).

The screenshot shows a software window titled 'Datos de la edificación' with a sub-window 'Demanda total'. On the left is a navigation menu with categories: General, Pisos, Locales, Salidas, Demanda, Circuitos, Alimentador, Acometida, and Pruebas. The main area contains the following fields:

Demanda total			
Demanda de locales	Demanda de SG	Demanda de serv. pref.	
0 KVA	0 KVA	0 KVA	
Dtotal	DA/A Central (Estimado)	DA/A Central (Calculado)	
0 KVA	0 KVA	0 KVA	
Transformador	Transformador	Transformador	Planta de emergencia
0 KVA	0 KVA	0 KVA	0 KVA

At the bottom of the window are three buttons: 'Cargar', 'Actualizar', and 'Ir al plano'.

Figura N° 3.60 Formulario “Demanda total” Fuente: Autor

The screenshot shows an Excel spreadsheet with the following details:

- Window title: CC_PIE_DE_MONTE - Excel
- Ribbon: FÓRMULAS (selected)
- Options: Formato condicional, Dar formato como tabla, Estilos de celda
- Grid: Columns A-G, Rows 1-14
- Active cell: A1
- Status bar: LISTO, 100%

Figura N° 3.61 Hoja de Excel “RESULTADOS” Fuente: Autor

3.4.7 Sexta página Circuitos ramales: Página correspondiente al cálculo de los circuitos ramales de cargas concentradas o distribuidas, se hace la selección del área/piso y del local, donde en la primera pestaña corresponde a locales y la segunda pestaña a servicios generales, se puede hacer la selección del circuito, potencia, % de carga y caída de tensión, donde con el botón “calcular” se puede ver en la caja de texto “numero de circuitos” el número correspondiente al mismo y así poder decidir con qué % de carga se desea trabajar, para luego ir al plano y dibujar según el número de circuitos, el diagrama de flujo correspondiente muestra el funcionamiento de la página (ver figura 3.62). Para cargar los circuitos de Alumbrado, TUG y Especiales a la lista de texto en locales se recorre todos los circuitos ramales ubicados en la tabla asociada a cada local, con la ayuda de la sentencia “If Range”.Value= “alumbrado” Then” se eligen solo los circuitos de alumbrado y se hace el cálculo correspondiente así como las otras opciones.

Figura N° 3.62 Formulario para el cálculo de los circuitos ramales. Fuente: Autor

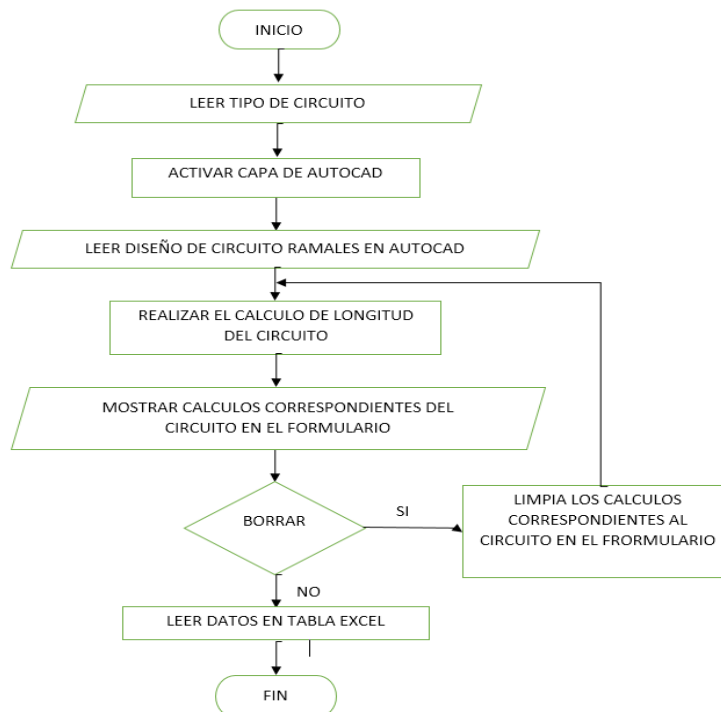


Figura N° 3.63 Diagrama de flujo “Diseño de circuitos ramales” . Fuente: Autor

Con el botón “Tablas C” mostrará una página donde se tendrá cada uno de los circuitos asociados al local ya previamente dibujados y así ser seleccionados para obtener el cálculo correspondiente para la selección del calibre del conductor por capacidad y por caída de tensión, así como la tubería, protección y otros, haciendo la selección del camino más corto del circuito considerado en el plano, (ver figura 3.64). Por otra parte, permite distribuir los circuitos del tablero en Excel de forma automática, así como su balance. El diagrama de flujo de la figura 3.65 muestra cómo funciona esta sección.

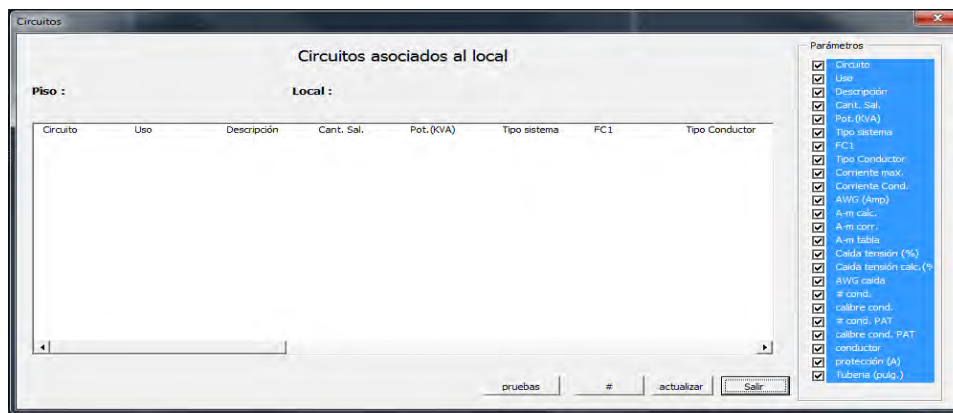


Figura N° 3.64 Circuitos asociados al local Fuente: Autor

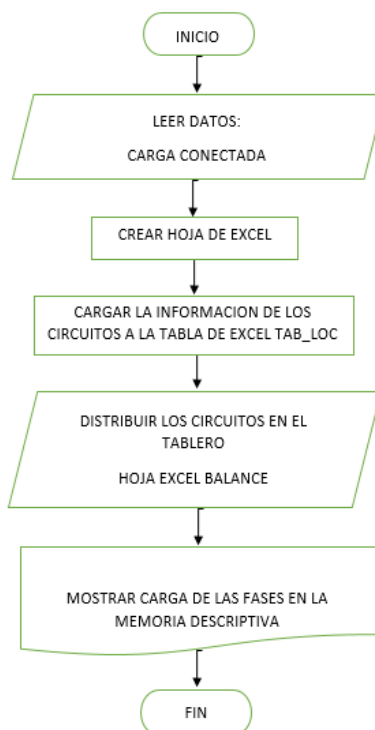


Figura N° 3.65 Diagrama de flujo “Distribución de cargas en el tablero”. Fuente: Autor

www.bdigital.ula.ve

3.4.8 Séptima página alimentadores: Pagina para calcular el alimentador de cada uno de los locales, servicios generales y prioritarios de la edificación, el formulario comprende una serie de cajas desplegadas y cuadros de texto para que el proyectista introduzca todos los datos para el diseño del alimentador (ver figura 3.66) o (ver figura 3.67) describe la forma como se calcula el alimentador. En la parte superior del formulario se debe seleccionar el piso deseado a calcular, así como la ubicación del cuadro de medidores y su trayectoria correspondiente a cada ducto identificado en el plano para así determinar luego el recorrido más largo siendo este el peor de los casos, luego se tienen dos opciones a seleccionar, una es locales, y la otra corresponde a servicios generales. Además, se tiene en el formulario la opción del Listbox para verificar resultados obtenidos del cálculo en cada alimentador.

Figura N° 3.66 Formulario para el cálculo de los Alimentadores Fuente: Autor

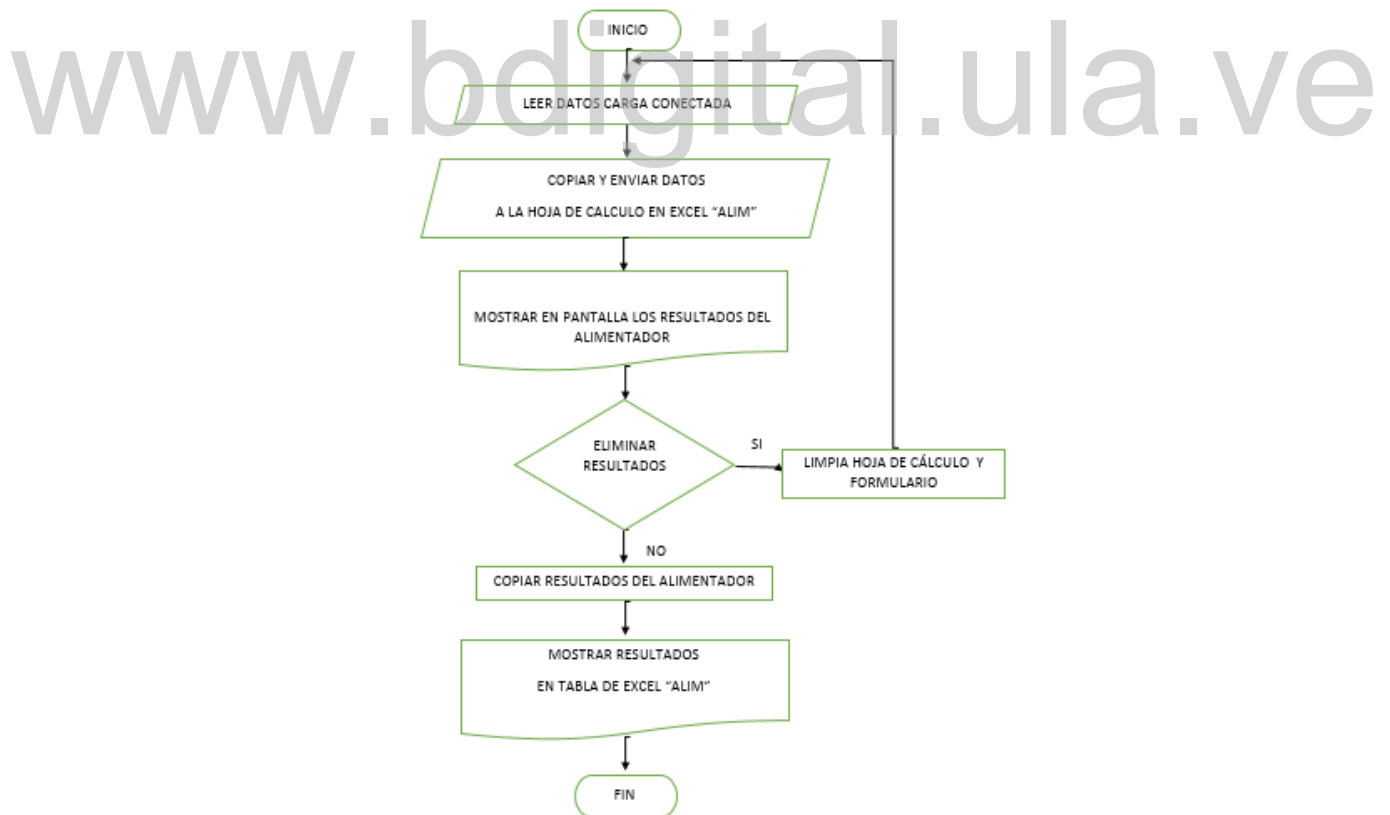


Figura N° 3.67 Diagrama de flujo "Alimentadores". Fuente: Autor

3.4.9 Octava página Acometida: Diseñada para mostrar cargas acumuladas en el diseño, como la demanda de locales, servicios generales, servicios preferenciales y la demanda de la edificación en cajas de texto, como se muestra en la figura 3.68

Datos de la edificación Proyecto:

General

Pisos

Locales

Seleccione el piso

Salidas

Demanda

Demanda de Locales Demanda de SG Demanda de SP

Circuitos

Alimentador

Acometida

Acometida

Cálculos

Demanda total Tipo de conductor

Demanda A/A

Caída de tensión

Núm. de conductor/fase

Longitud

Determinar longitud

Dibujar Calcular Agregar

Cargar Actualizar Ir al plano

Figura N° 3.68 Formulario “Acometida” Fuente: Autor

Para el cálculo de la acometida, el formulario comprende una serie de cajas desplegables y cuadros de texto para que el proyectista introduzca los datos del diseño siguiendo los pasos como se muestra en el diagrama de flujo de la figura 3.69 así como la opción del ListBox para ser mostrados.

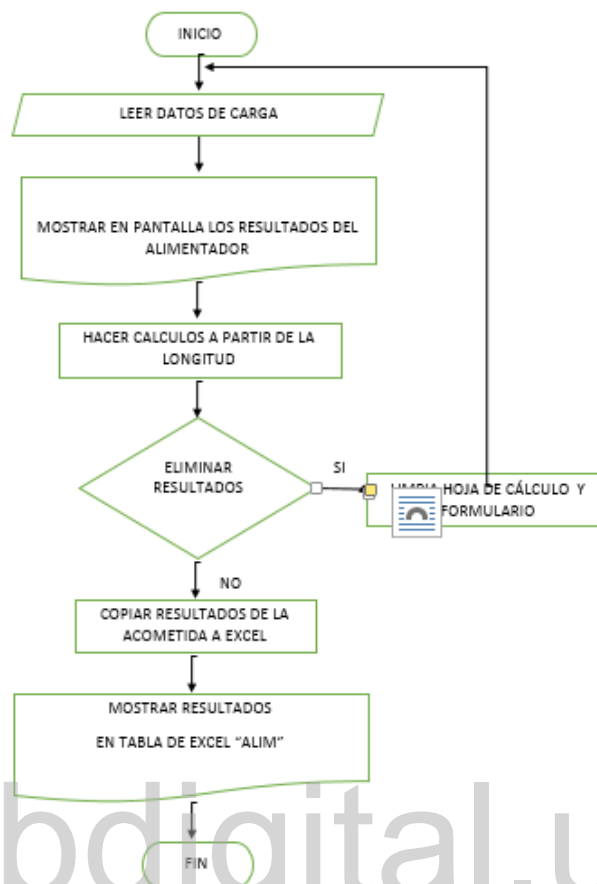


Figura N° 3.69 Diagrama de flujo “Acometida”. Fuente: Autor

El código de la figura 3.70 se usa para enviar los datos ingresados en el formulario a la hoja de Excel “ACOM” encargada de realizar los cálculos de la acometida, después por medio de esa misma hoja se asignan los resultados al ListBox para ser mostrados, finalmente se agregan estos resultados definitivos a Excel ya siendo corroborados por el proyectista.

```

If OptionButton23.Value = True Then
    num_cond_por_fase = CDb1(TextBox86.Value)
    tipo_cond = CStr(ComboBox51.Value)
    corr_max = CDb1(TextBox84.Value) / (Sqr(3) * 0.208)
    corr_acom = (1.25 * corr_max) / CDb1(num_cond_por_fase)
    corr_cond_por_fase = corr_acom / (num_cond_por_fase)

    AWG_amper_max = AWG_amper(tipo_cond, corr_acom)

    longitud = CDb1(TextBox87.Value)
    am_calc = (corr_max * longitud) / CDb1(num_cond_por_fase)

    AM_tabla_max = determina_am_Tabla4(tipo_cond, am_calc)

    caida_calc = (am_calc / AM_tabla_max) * caida_tension

    AWG_caida_max = determina_AWG_Tabla_Acometida(tipo_cond, am_calc)

    If error_critico Then
        error_critico = False
        Exit Sub
    End If

    calibre_cond_max = establece_calibre_del_conductor2(AWG_caida_max, AWG_amper_max, tipo_cond)
    calibre_neutro_max = calibre_cond_max
    calibre_PAT_max = CStr("X") 'el valor se actualiza luego de la siguiente funcion
    'prot_max = seleccion_de_proteccion3(tipo_cond, corr_max, calibre_cond_max, calibre_PAT_max)
    prot_max = seleccion_de_proteccion3(tipo_cond, corr_max, calibre_cond_max, calibre_PAT_max)

```

Figura N° 3.70 Código cálculo de acometida. Fuente: Autor

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	Num.cond/f	Caida tensió	Corr.max	Corr.acom	Corr.acom/fase	Tipo Cond.	AWG amper	Longitud	Am calc.	Am tabla	Caida tensió
2											
3											
4											
5											
6											
7											
8											
9											
10											
11											
12											
13											
14											
15											

Figura N° 3.71 Hoja de Excel “ACOMETIDA” Fuente: Autor

CAPITULO IV

4. CASO DE ESTUDIO

4.1 Inicio del Programa Menú Principal

El usuario debe identificar el proyecto que desea ejecutar, en el caso de estudio se usara la herramienta en la edificación “Centro comercial Pie de Monte” (ver figura 4.1). Al momento de iniciar se muestra una ventana (ver figura 4.2) para la inserción de datos del inmueble y la misma hace referencia a elegir el tipo de diseño electricidad o sistemas, además de crear las carpetas con las hojas de trabajo Excel (ver figura 4.3) con el fin de tener el respaldo del proyecto y mantener guardado lo que se vaya desarrollando. Ver manual de la aplicación para mayor explicación del procedimiento.



Figura N° 4.1 Menú del Programa. Fuente: Autor

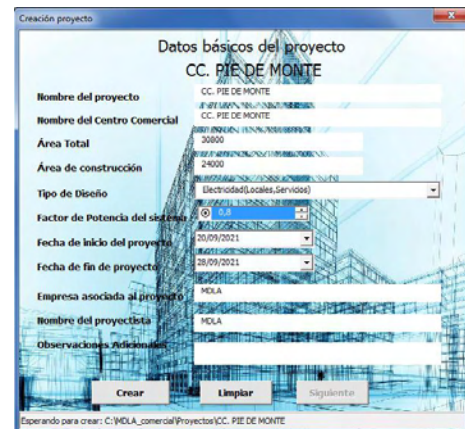


Figura N° 4.2 Datos Básicos y Selección del Tipo de Diseño. Fuente: Autor

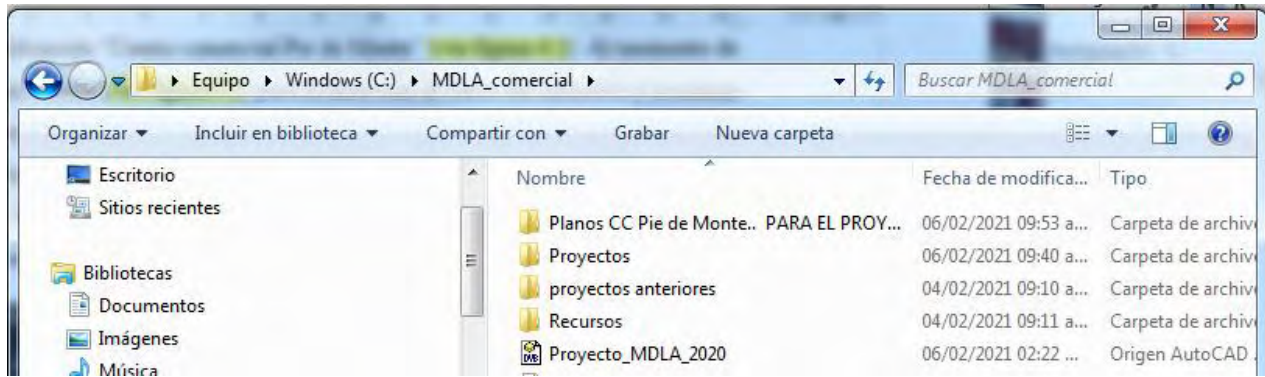


Figura N° 4.3 Hojas de trabajo. Fuente: Autor

4.1.1 Ingreso de datos de la edificación: Tomando la opción de centro comercial y la opción del diseño de electricidad en la ventana de datos básicos del proyecto, se insertan los datos generales de la edificación en la página (ver figura 4.4), con el botón “Actualizar” se carga la información a Excel (ver figura 4.5) al igual que en el listbox del formulario se puede ver un resumen de lo agregado.

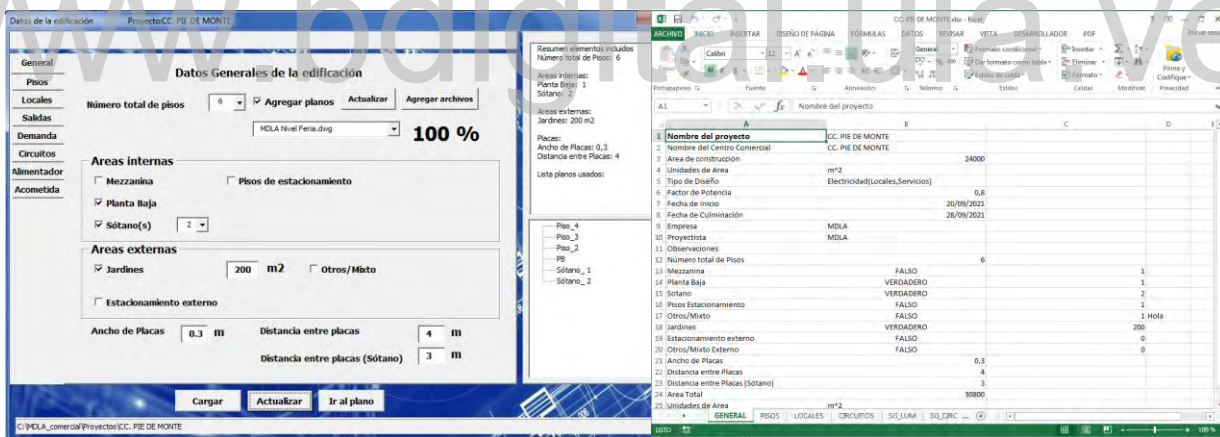


Figura N° 4.4 Página para el Ingreso de Datos.
Fuente: Autor

Figura N° 4.5 Hoja de Excel "GENERAL".
Fuente: Autor

Los planos de la edificación se ubican a través del botón “agregar archivo” donde se pueden insertar la cantidad de planos correspondientes al proyecto, y ser agregados a la carpeta para luego con el botón “Actualizar” sean introducidos en el combobox (ver figura 4.6) y así ser seleccionados para su manipulación. Ver manual de la aplicación para mayor explicación del procedimiento.

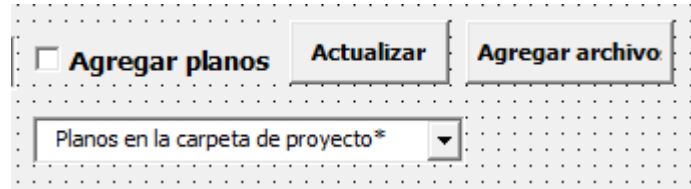


Figura N° 4.6 Ingreso de planos. Fuente: Autor

4.1.2 Ingreso de información por piso: Se selecciona piso/área a modificar, y se asocia el plano correspondiente (ver figura 4.7). Al asociar el plano automáticamente se abrirá el plano seleccionado para iniciar la toma de información, (ver figura 4.8), y al actualizar el formulario se agregará a la tabla Excel. Luego se elige el tipo de local, de no estar la identificación deseada se puede elegir la opción de otros y agregar el nombre (ver figura 4.9), luego se tienen dos opciones “diferente área” e “igual área” donde al seleccionar la primera opción referente a un solo local y el botón “ubicar en el plano” se podrá ubicar el local en dicho plano y tomar medida de su área (ver figura 4.10) y (ver figura 4.11) así como sus coordenadas de ubicación para uso posterior, al seleccionar la segunda opción referente a varios locales se debe indicar la cantidad de locales y con el botón “ubicar en el plano” tomar medida de uno de los locales y realizar distribución de la polilínea creada a los demás locales para obtener las coordenadas de su ubicación (ver figura 4.12). Con el botón agregar se inserta el identificador de cada local (ver figura 4.13) y toda la información correspondiente y sus coordenadas en la tabla de Excel que se muestra en la figura 4.14 y figura 4.15.

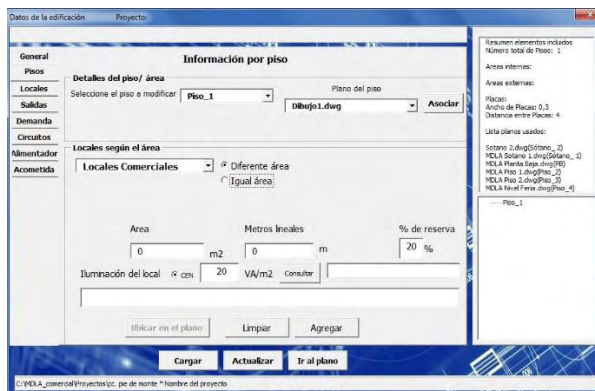


Figura N° 4.7 Formulario Información por Piso. Fuente: Autor

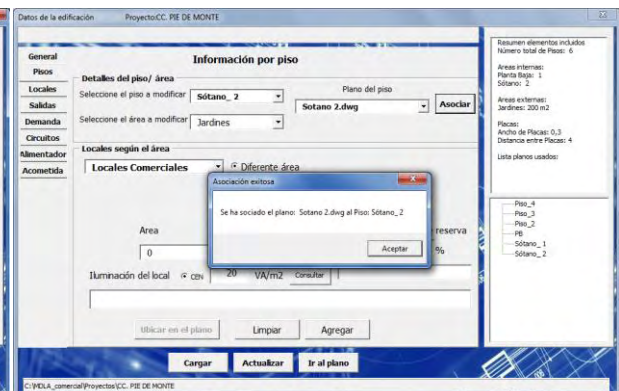


Figura N° 4.8 Asociación del Plano. Fuente: Autor

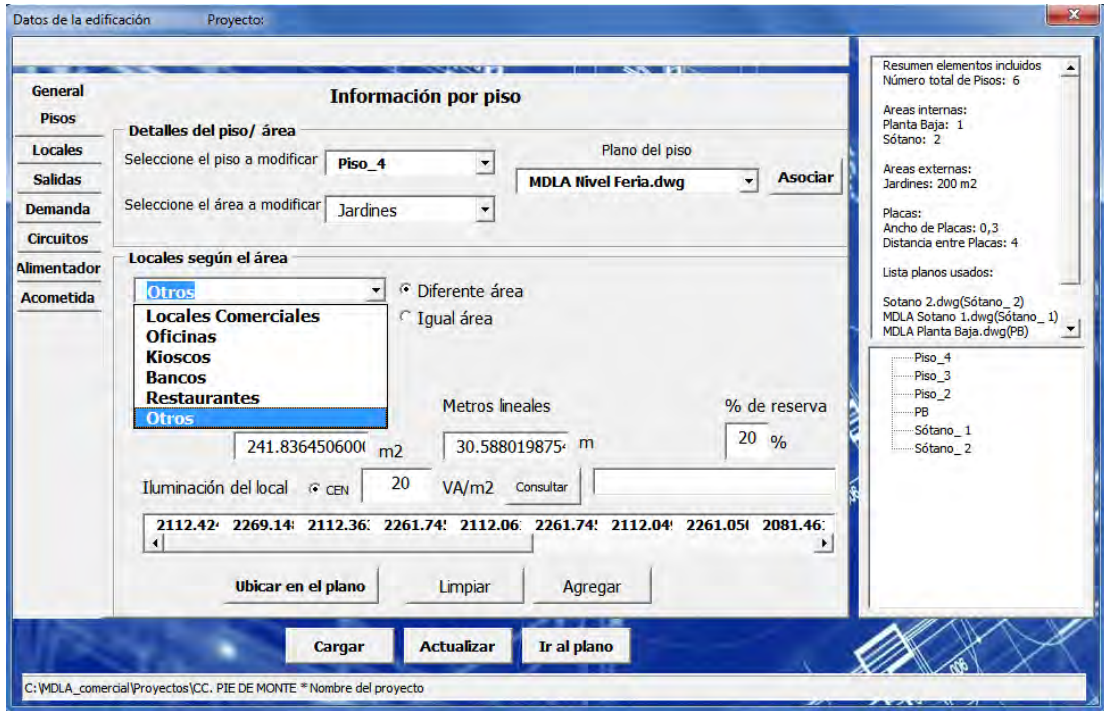


Figura N° 4.9 Selección tipo de local. Fuente: Autor

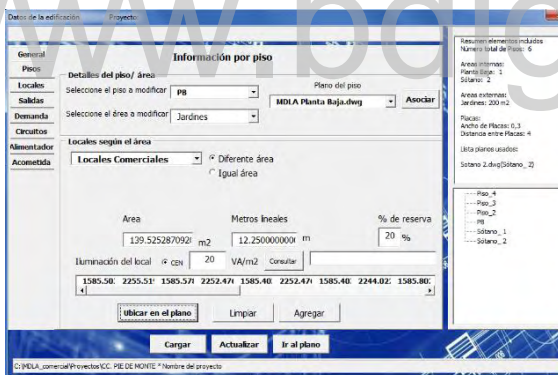


Figura N° 4.10 Selección de "Diferente Área". Fuente: Autor

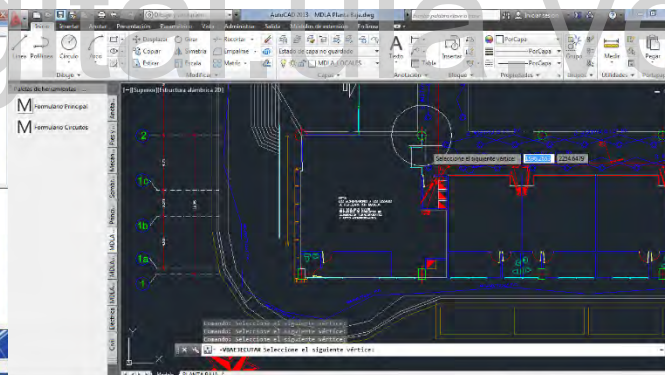


Figura N° 4.11 Distribución de la polilínea creada. Fuente: Autor

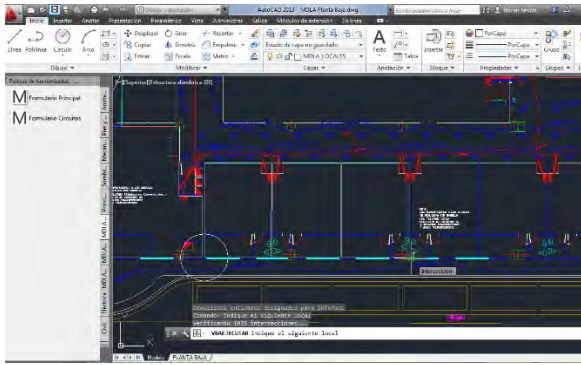


Figura N° 4.12 Distribución de polilínea creada. Fuente: Autor

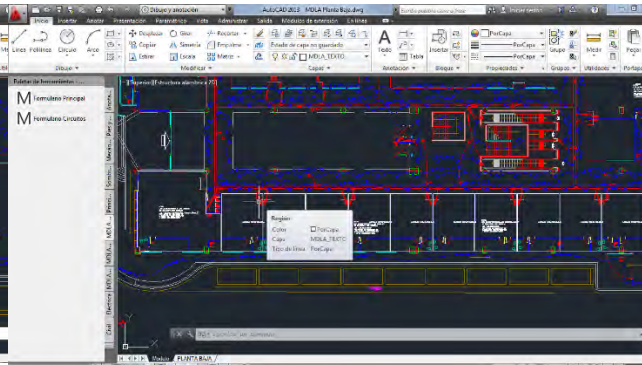


Figura N° 4.13 Identificador de cada local. Fuente: Autor

Piso	Código	Tipos de Loca	Area	Metros	Reserva	CEN	Grupo
2	PB	Locales Com	Locales Com	135,325287	32,25	20	20
3	PB	Locales Com	Locales Com	54,901343	8,7977476	20	20 G3
4	PB	Locales Com	Locales Com	54,901343	8,7977476	20	20 G3
5	PB	Locales Com	Locales Com	54,901343	8,7977476	20	20 G3
6	PB	Locales Com	Locales Com	54,901343	8,7977476	20	20 G3
7	PB	Locales Com	Locales Com	54,901343	8,7977476	20	20 G3
8	PB	Locales Com	Locales Com	54,901343	8,7977476	20	20 G3
9	PB	Locales Com	Locales Com	54,901343	8,7977476	20	20 G3
10	PB	Locales Com	Locales Com	54,901343	8,7977476	20	20 G3
11	PB	Locales Com	Locales Com	54,901343	8,7977476	20	20 G3
12	PB	Locales Com	Locales Com	54,901343	8,7977476	20	20 G3
13	PB	Locales Com	Locales Com	46,5323407	7,28466054	20	20
14	PB	Locales Com	Locales Com	85,7899478	15,9034329	20	20

Figura N° 4.14 Registro de Información. Fuente: Autor

AZ	BA	BB	BC	BD	BE	BF	BG	BH	BI	BJ
1585,50345	2255,51976	1585,57845	2252,4767	1585,40345	2252,4767	1585,40345	2244,02204	1585,80202		
1598,22885	2252,10854	1598,20632	2243,33324	1604,45345	2243,32204	1604,47845	2252,11976			
1604,88057	2252,10976	1604,65803	2243,33446	1610,90517	2243,32226	1610,93017	2252,12097			
1611,07885	2252,10854	1611,05631	2243,33324	1617,30345	2243,32204	1617,32845	2252,11976			
1617,52885	2252,10853	1617,50632	2243,33323	1623,75345	2243,32203	1623,77845	2252,11974			
1623,92885	2252,10855	1623,90631	2243,33325	1630,15345	2243,32205	1630,17845	2252,11976			
1630,37885	2252,10854	1630,35632	2243,33324	1636,60345	2243,32204	1636,62845	2252,11976			
1636,77885	2252,10854	1636,75632	2243,33324	1643,00345	2243,32204	1643,02845	2252,11976			
1643,22885	2252,10854	1643,20632	2243,33324	1649,45345	2243,32204	1649,47845	2252,11976			
1649,62885	2252,10854	1649,60632	2243,33324	1655,85345	2243,32204	1655,87845	2252,11976			
1656,07885	2252,10854	1656,05632	2243,33324	1662,30345	2243,32204	1662,32845	2252,11976			
1662,47885	2252,10854	1662,45631	2243,33324	1668,70345	2243,32204	1668,72845	2252,11976			

Figura N° 4.15 Registro de Coordenadas. Fuente: Autor

4.1.3 Ingreso de información por local: Se ingresa el piso/área y se selecciona los locales de forma individual, para el cálculo de aire acondicionado de cada local se tiene dos opciones, A/A (Estimado) y A/A (Calculado) (ver figura 4.16). Existe una lista de equipos especiales agregados al programa utilizados en locales destinados a venta de alimentos incluyendo su potencia y tensión donde estos pueden ser seleccionados para ser utilizados en el cálculo de la carga, de no estar ningún equipo deseado, también se pueden agregar otros equipos como su nombre, potencia, tensión y así ser calculados (ver figura 4.17). Con el botón “agregar” se actualiza la información en la tabla de Excel considerando primordialmente A/A (Calculado) si esta opción fue seleccionada (ver figura 4.18). Con el botón “Actualizar” se hace el cálculo de la demanda correspondiente al local (ver figura 4.19). Ver manual de la aplicación para mayor explicación del procedimiento.

Figura N° 4.16 Formulario Información por locales. Fuente: Autor

Figura N° 4.17 Equipos especiales para locales. Fuente: Autor

Piso	Código	Tipo de Loca	Area	Metros	%Reserva	CEN	Grupo	Nombre del	Potencia (KV Tipo instalac	Tensión	FD	Nombre del	Potencia (KV Tipo instalac	
1	PB	Locales Com	139,525287	12,25	20	20		0	Dispensador	0,3125 1F+N	120	100	Dispensador	0,55 1F+N
2	PB	Locales Com	54,9013343	8,7977476	20	20	G3		Dispensador	0,55 1F+N	120	100		
3	PB	Locales Com	54,9013343	8,7977476	20	20	G3		Dispensador	0,25 1F+N	120	100		
4	PB	Locales Com	54,9013343	8,7977476	20	20	G3							
5	PB	Locales Com	54,9013343	8,7977476	20	20	G3							
6	PB	Locales Com	54,9013343	8,7977476	20	20	G3							
7	PB	Locales Com	54,9013343	8,7977476	20	20	G3							
8	PB	Locales Com	54,9013343	8,7977476	20	20	G3							
9	PB	Locales Com	54,9013343	8,7977476	20	20	G3							
10	PB	Locales Com	54,9013343	8,7977476	20	20	G3							
11	PB	Locales Com	54,9013343	8,7977476	20	20	G3							
12	PB	Locales Com	54,9013343	8,7977476	20	20	G3							
13	PB	Locales Com	54,9013343	8,7977476	20	20	G3							
14	PB	Locales Com	46,5321407	7,28496054	20	20	0							
15	PB	Locales Com	85,7899478	15,801419	20	20	0							
16	PB	Locales Com	98,9273182	15,7877567	20	20	0							
17	PB	Locales Com	93,3676886	15,6746019	20	20	0							
18	PB	Locales Com	199,329428	20,5370424	20	20	0							
19	PB	Locales Com	560,246416	25,1900709	20	20	0							
20	PB	Locales Com	263,650942	16,7244526	20	20	0							
21	PB	Locales Com	56,2598221	8,81282897	20	20	G21							
22	PB	Locales Com	56,2598221	8,81282897	20	20	G21							
23	PB	Locales Com	56,2598221	8,81282897	20	20	G21							
24	PB	Locales Com	56,2598221	8,81282897	20	20	G21							
25	PB	Locales Com	55,2549655	8,81290497	20	20	G25							

Figura N° 4.18 Hoja Excel “PISOS”. Fuente: Autor

Número	Local	Area (m2)	L (m)	Reserva % (r/AA Estimado CEN	Dalum	DTug	DCES	DMax	AACalculado %CgaCond	%CgaAlum	#SalLum	#S
1	Locales Comerciales_0	139,525287	12,25	20	2,35307511	20	10,1405057	1,59477816	3,21557511	17,8690308		13
2	Locales Comerciales_1	54,9013343	8,7977476	20	0,92590358	20	6,37667525	0,60391468	1,47590358	10,1477922		9
3	Locales Comerciales_2	54,9013343	8,7977476	20	0,92590358	20	6,37667525	0,60391468	1,17590358	9,78779221		
4	Locales Comerciales_3	54,9013343	8,7977476	20	0,92590358	20	6,37667525	0,60391468	0,92590358	9,48779221		
5	Locales Comerciales_4	54,9013343	8,7977476	20	0,92590358	20	6,37667525	0,60391468	0,92590358	9,48779221		
6	Locales Comerciales_5	54,9013343	8,7977476	20	0,92590358	20	6,37667525	0,60391468	0,92590358	9,48779221		
7	Locales Comerciales_6	54,9013343	8,7977476	20	0,92590358	20	6,37667525	0,60391468	0,92590358	9,48779221		
8	Locales Comerciales_7	54,9013343	8,7977476	20	0,92590358	20	6,37667525	0,60391468	0,92590358	9,48779221		
9	Locales Comerciales_8	54,9013343	8,7977476	20	0,92590358	20	6,37667525	0,60391468	0,92590358	9,48779221		
10	Locales Comerciales_9	54,9013343	8,7977476	20	0,92590358	20	6,37667525	0,60391468	0,92590358	9,48779221		
11	Locales Comerciales_10	54,9013343	8,7977476	20	0,92590358	20	6,37667525	0,60391468	0,92590358	9,48779221		
12	Locales Comerciales_11	54,9013343	8,7977476	20	0,92590358	20	6,37667525	0,60391468	0,92590358	9,48779221		
13	Locales Comerciales_12	46,5321407	7,28496054	20	0,78475827	20	5,30316194	0,51185355	0,78475827	7,91787714		
14	Locales Comerciales_13	85,7899478	15,801419	20	1,44683588	20	11,1966504	0,94368943	1,44683588	16,3046108		
15	Locales Comerciales_14	98,9273182	15,7877567	20	1,66839585	20	11,4512004	1,0882005	1,66839585	17,0493561		
16	Locales Comerciales_15	93,3676886	15,6746019	20	1,57463345	20	11,2721149	1,0270457	1,57463345	16,6483515		
17	Locales Comerciales_16	199,329428	20,5370424	20	3,36166387	20	16,208814	2,19226371	3,36166387	26,2357219		
18	Locales Comerciales_17	560,246416	25,1900709	20	9,49848009	20	26,3189709	6,16271057	9,49848009	50,3161939		
19	Locales Comerciales_18	263,650942	16,7244526	20	4,44643751	20	15,3076904	2,90016036	4,44643751	27,1851459		
20	Locales Comerciales_19	56,2598221	8,81282897	20	0,9488143	20	6,41289383	0,61885804	0,9488143	9,5766794		

Figura N° 4.19 Cálculo de Demanda por Local. Fuente: Autor

4.1.4 Ubicación de cargas en el plano: Se ingresa el piso a modificar y el local donde se van a ubicar las cargas (ver figura 4.20). Automáticamente se abrirá el plano correspondiente para iniciar el diseño.

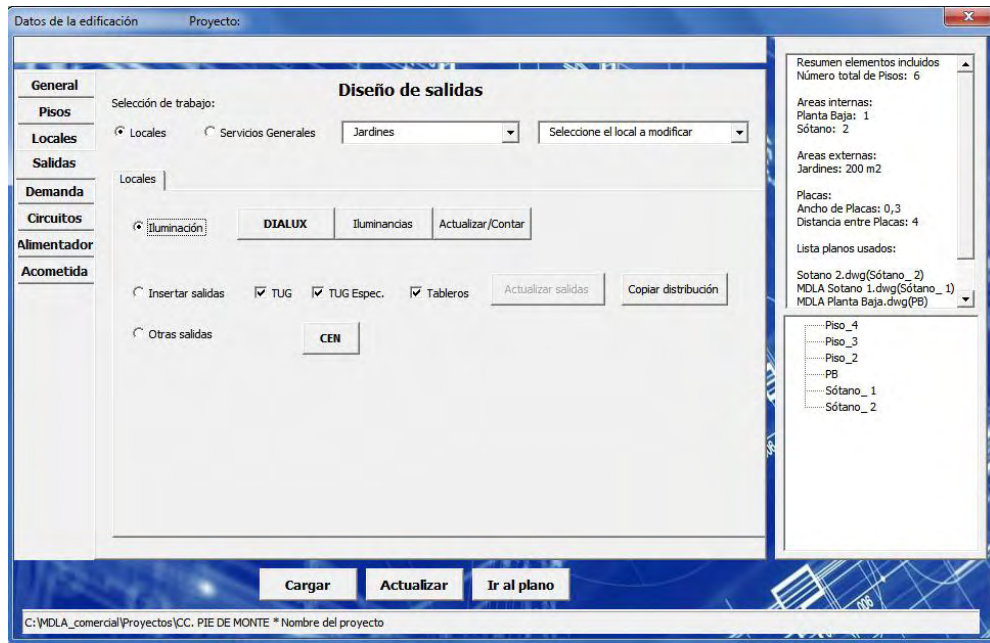


Figura N° 4.20 Formulario para ubicación de salidas. Fuente: Autor

Consta de 2 pestañas para desarrollar cálculos de estimación de demanda, la primera pestaña abarca la ubicación de salidas para locales, como iluminación, tomacorrientes de uso general, especial y tableros. Con el botón CEN se puede obtener información de la norma para orientación de ubicación de salidas. (ver figura 4.21 y 4.22)



Figura N° 4.21 CEN Salidas de alumbrado. Fuente: Autor



Figura N° 4.22 CEN Salidas TUG. Fuente: Autor

Al seleccionar la opción de iluminación, al trabajar con la herramienta DIALux se tiene el botón que permite ir al programa como enlace para realizar los cálculos de iluminación y luego reflejar la cantidad de salidas en el libro de Excel, si se desea hacer alguna modificación de las luminarias ya existentes en el plano con el botón “ir al plano” y “actualizar/contar” se puede

hacer esta modificación y hacer nuevamente el conteo para enviar y corregir la información en Excel, (ver figura 4.23 y 4.24).

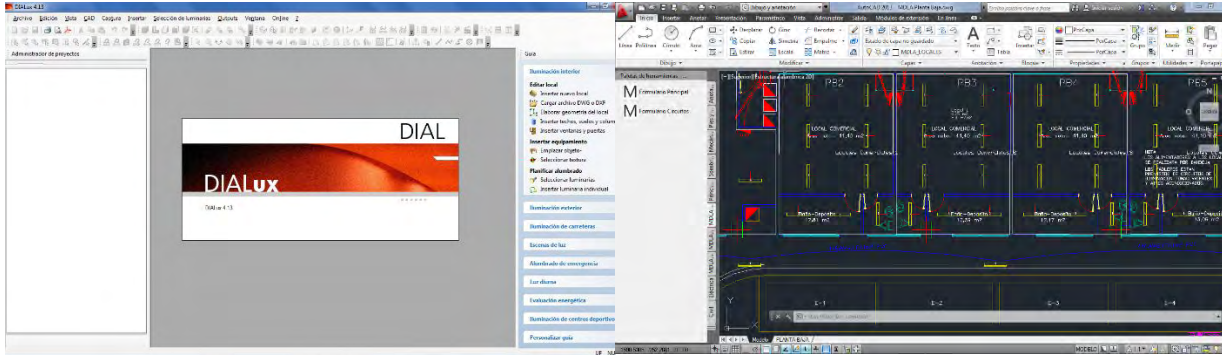


Figura N° 4.23 Herramienta DIALux.
Fuente: Autor

Figura N° 4.24 Diseño de iluminación DIALux. Fuente: Autor

Seleccionando la opción “insertar salida” y cada una de las opciones, se hace automáticamente la inserción de estas salidas según su área por norma y equipos agregados a cada local, así como su tablero correspondiente (ver figura 4.25 y 4.26); al igual que en iluminación si se desea modificar la ubicación y la cantidad insertada, se puede modificar el diseño y ser enviada y corregida la información en Excel.

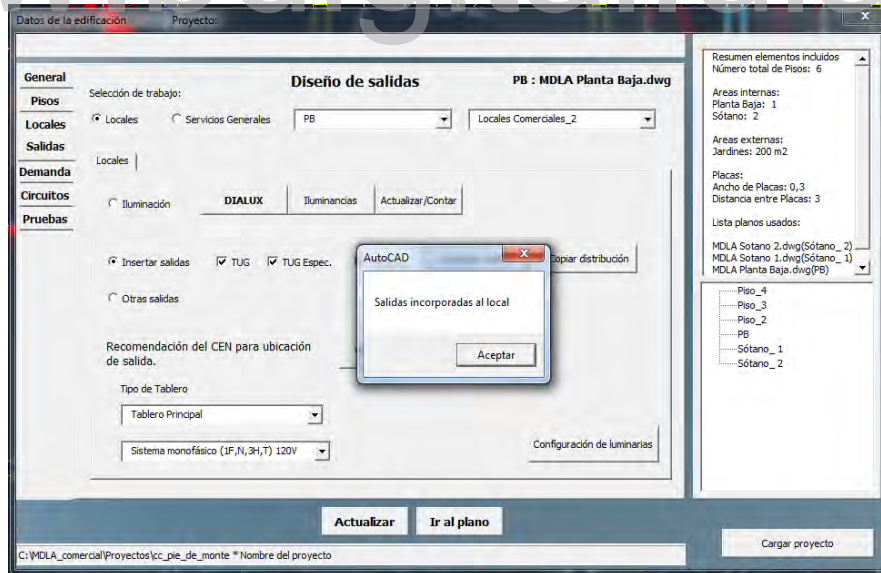


Figura N° 4.25 Salidas incorporadas al local. Fuente: Autor

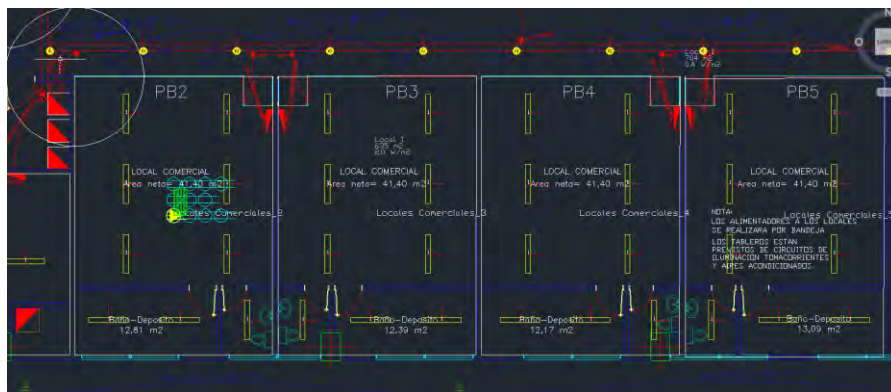


Figura N° 4.26 Salidas incorporadas al local en AutoCAD. Fuente: Autor

El botón “Copiar distribución” permite agregar el diseño de los locales creados grupalmente teniendo las mismas características de área y carga para acelerar el proceso de inserción y ubicación de salidas (ver figura 4.27).

Con el botón “Actualizar” se agrega toda la información correspondiente al local descrito en el diagrama de flujo (ver, Figura 4.28).

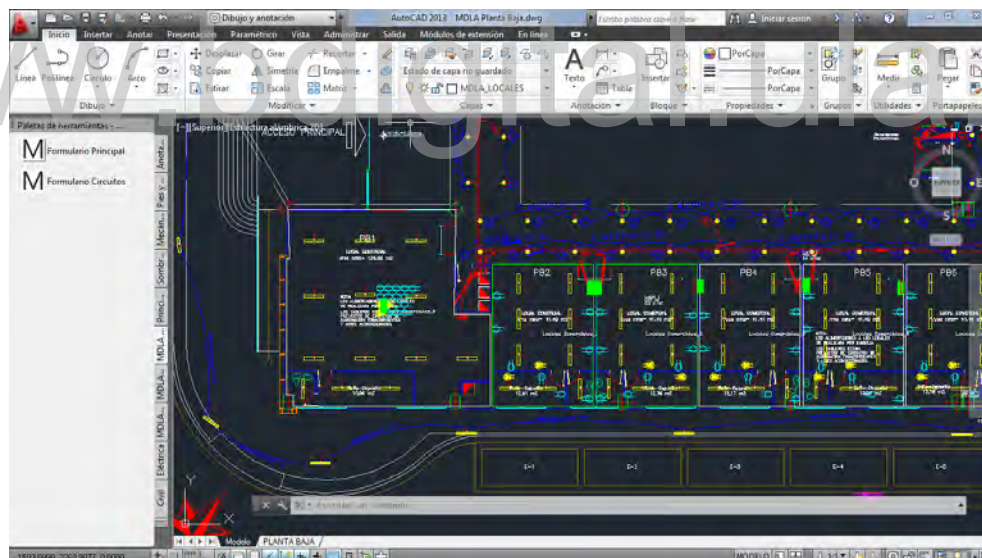


Figura N° 4.27 Salidas distribuidas a los locales en AutoCAD. Fuente: Autor

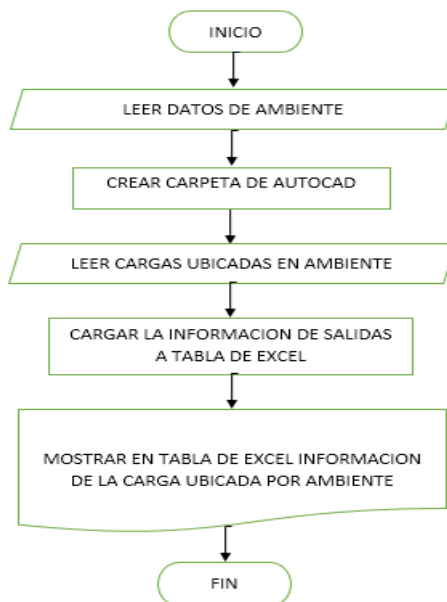


Figura N° 4.28 Diagrama de flujo “Salidas”. Fuente: Autor

En la segunda pestaña se realiza el diseño del área de servicios generales, (ver figura 4.29), para hacer el diseño de iluminación se trabaja igualmente con la herramienta DIALux pero se debe seleccionar el tipo de iluminación ya sea General o Exterior; al realizar este diseño se tomaran datos extraídos de la herramienta DIALux como el tipo de luminaria y su potencia (ver figura 4.30, 4.31). Para la ubicación de salidas de toma corriente de uso general se insertarán a través de la paleta de herramientas, al igual que las salidas de iluminación de emergencia. El formulario también cuenta con una caja de sugerencia que permite que el usuario obtenga información a tomar en consideración según el CEN, y la inserción de salidas especiales será automáticamente según lo agregado; los cálculos de estimación de sistema hidroneumático, ascensor y escalera mecánica se calcularan en páginas adicionales en el formulario. Luego de finalizar el uso de esta página “Diseño de salidas” se realiza el cálculo de demanda total del edificio, y será mostrado en pantalla en el formulario “Demanda total del Centro comercial”. Ver manual de la aplicación para mayor explicación del procedimiento.

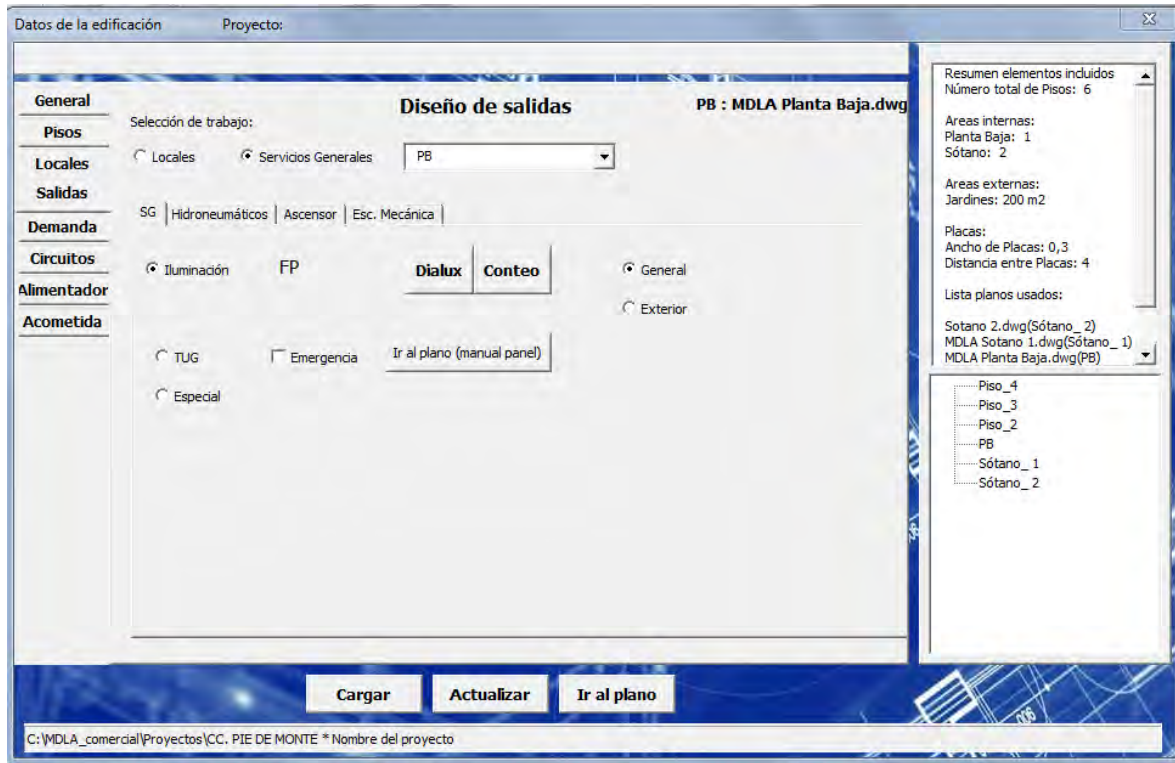


Figura N° 4.29 Formulario para ubicación de salidas “Servicios Generales” Fuente: Autor

www.bdigital.ula.ve

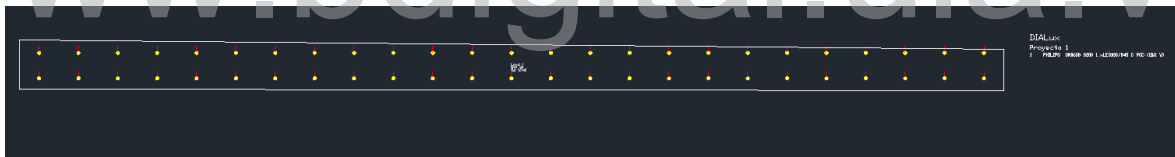


Figura N° 4.30 Diseño exportado de Dialux Fuente: Autor

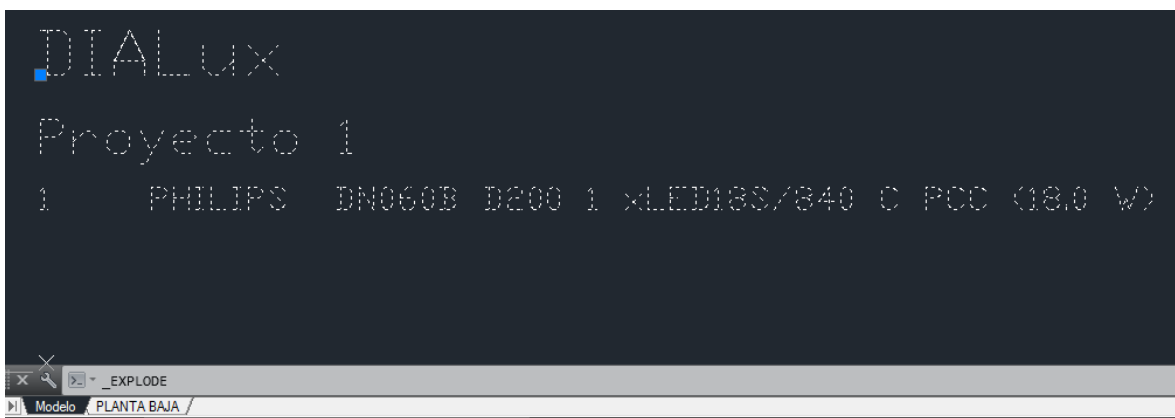


Figura N° 4.31 Especificación del tipo de luminaria Fuente: Autor

Los equipos especiales como es el caso de hidroneumático, ascensor o escalera mecánica despliegan un formulario que contiene los datos para el cálculo del sistema. En el caso del sistema hidroneumático (ver figura 4.32), el resultado es cargado a una hoja de Excel llamada “HIDRO” al momento de finalizar el cálculo (ver figura 4.33), y la potencia del mismo a la hoja de circuito ramales donde se diseñará su alimentador.

The image shows two side-by-side screenshots. The left screenshot is a software window titled 'Diseño de salidas' (Design of outlets) for a 'Hidroneumático' (Hydraulic) system. It contains various input fields for area, pump specifications, and a 'Calcular' (Calculate) button. The right screenshot is an Excel spreadsheet named 'HIDRO' with the following data:

	A	B	C
1	Lts/día	254600	
2	Caudal de la Bomba(QB)	2,94675926	
3	Altura Dinámica (HDin)	49,8	
4	Potencia de la Bomba(HP)	40	
5	Potencia del motor(HP)	60	
6	Potencia del Compresor(HP)	7,5	
7	Potencia del motor(KVA)	55,95	
8	Potencia del Compresor(KVA)	6,99375	
9	Potencia Total(KVA)	62,94375	
10			

Figura N° 4.32 Formulario “Hidroneumático”. Fuente: Autor

Figura N° 4.33 Hoja de Excel “HIDRO” Fuente: Autor

4.1.5 Demanda total: Considerando que para realizar un proyecto de instalaciones eléctricas un paso muy importante es obtener una estimación de la carga de diseño. Esta carga se convierte en la base para el desarrollo del proyecto del tablero general, de los módulos de medición, de los alimentadores, acometida, etc, (ver figura 4.34). Los datos de la demanda son insertados en la hoja de Excel “RESULTADOS” (ver figura 4.35).

Datos de la edificación Proyecto: CC. PIE DE MONTE

General

Demanda total

Locales Demanda de locales: 358,829 KVA Demanda de SG: 245,827 KVA Demanda de serv. pref.: 102,406 KVA

Salidas Dtotal: 707,062 KVA DA/A Central (Estimado): 153,288 KVA DA/A Central (Calculado): 0 KVA

Circuitos Transformador: 1000,000 KVA Transformador: 225,000 KVA Transformador: 0 KVA Planta de emergencia: 128,007 KVA

Alimentador

Acometida

Resumen elementos incluidos
Número total de Pisos: 1
Áreas internas:
Áreas externas:
Placas:
Ancho de Placas: 0,3
Distancia entre Placas: 4
Lista planos usados:
Sotano 2.dwg(Sótano_2)
MDLA Sotano 1.dwg(Sótano_1)
MDLA Planta Baja.dwg(PB)
MDLA Piso 1.dwg(Piso_2)
MDLA Piso 2.dwg(Piso_3)
MDLA Nivel Feria.dwg(Piso_4)
Piso_1

Cargar Actualizar Ir al plano

Figura N° 4.34 Formulario “Demanda total” Fuente: Autor

Demanda de Servicios Generales			Demanda de Servicios Preferenciales			Demanda total del centro comercial		
Descripción	KVA	Amp.	Descripción	KVA	Número	Descripción	KVA	Transformad Planta emergencia
Alumbrado	21,9675		Alumbrado	0,63		Locales	358,829001	
Oficinas	20,1818833		Oficinas	20,1818833		Servicios Generales	245,826895	
Tomacorrientes	4,14		Hidroneumá	62,94375		Servicios Preferenciales	102,405833	
Tomacorrientes especiales	5,1		Ascensor	18,65		Demanda Total	707,06153	1000 102,405833
Hidroneumático (Motor)	55,95	169	Demanda M	102,405633		A/A Central	153,288276	225
Hidroneumático (Compresor)	6,99375	24,2				Demanda por zona		
Ascensor	18,65	59,4						
Esc. Mecánica	3,11235	16,7						
Cargas Pasivas	50,7893833	140,977231						
Alimentador TSG		682,347231						
Demanda Máxima	245,826895							

Figura N° 4.35 Hoja de Excel “RESULTADOS” Fuente: Autor

4.1.6 Diseño de circuitos ramales: En la página se selecciona nuevamente el piso a modificar y el local donde se van a ubicar las cargas concentradas o distribuidas (ver figura 4.29). La primera pestaña correspondiente a locales se puede hacer la selección del circuito ya sea de “Alumbrado”, “TUG”, “Aire acondicionado” y “Equipo especial”, su potencia, % de carga y caída de tensión (ver figura 4.36), donde con el botón “calcular” se puede ver en la caja de texto “numero de circuitos” el número correspondiente al mismo, y así poder decidir con

qué porcentaje de carga se desea trabajar, para luego ir al plano y dibujar el/los circuitos. Ver manual de la aplicación para mayor explicación del procedimiento.

Figura N° 4.36 Formulario para el cálculo de los circuitos ramales Fuente: Autor

Figura N° 4.37 Selección del circuito ramal, locales. Fuente: Autor

Con el botón “Tablas C” mostrará una página donde se tendrá cada uno de los circuitos asociados al local (ver figura 4.38), para ser dibujados en el plano con el botón “ir al plano” y así ser seleccionados para obtener el cálculo correspondiente para la selección del calibre del conductor por capacidad y por caída de tensión, así como la tubería, protección y otros, haciendo la selección del camino más corto considerado en el plano. Así como la distribución de las cargas en el tablero de cada local. Ver manual de la aplicación para mayor explicación del procedimiento.

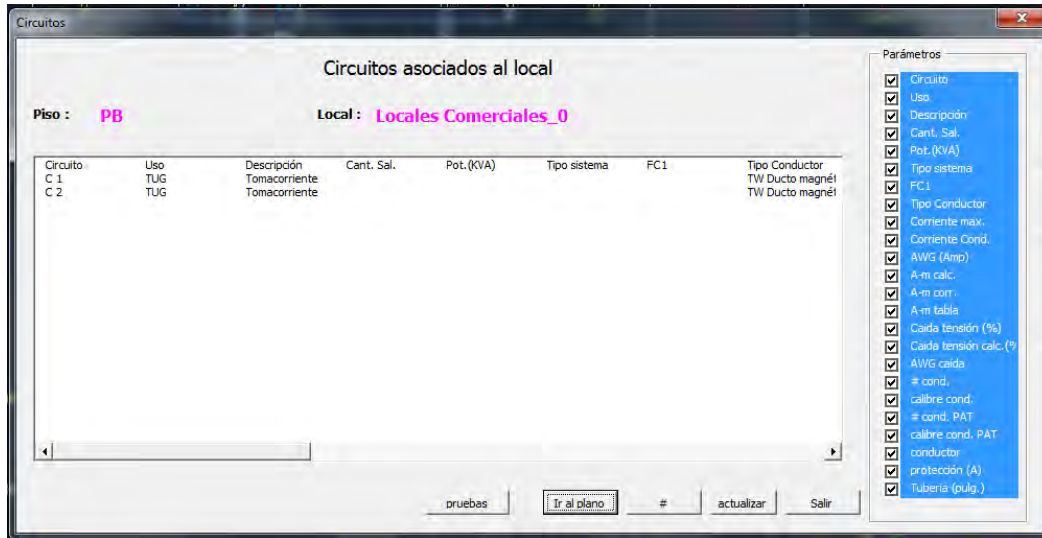


Figura N° 4 38 Circuitos asociados al local. Fuente: Autor

Para realizar el cálculo de los circuitos ramales, con el botón “Tablas C” se mostrará una página donde se tendrá cada uno de los circuitos asociados al local (ver figura 4.39), con el botón “ir al plano” se dibujara el circuito o los circuitos correspondientes al local. Teniendo el diseño listo de cada circuito se puede hacer el cálculo correspondiente. Los pasos para hacer este cálculo son los siguientes:

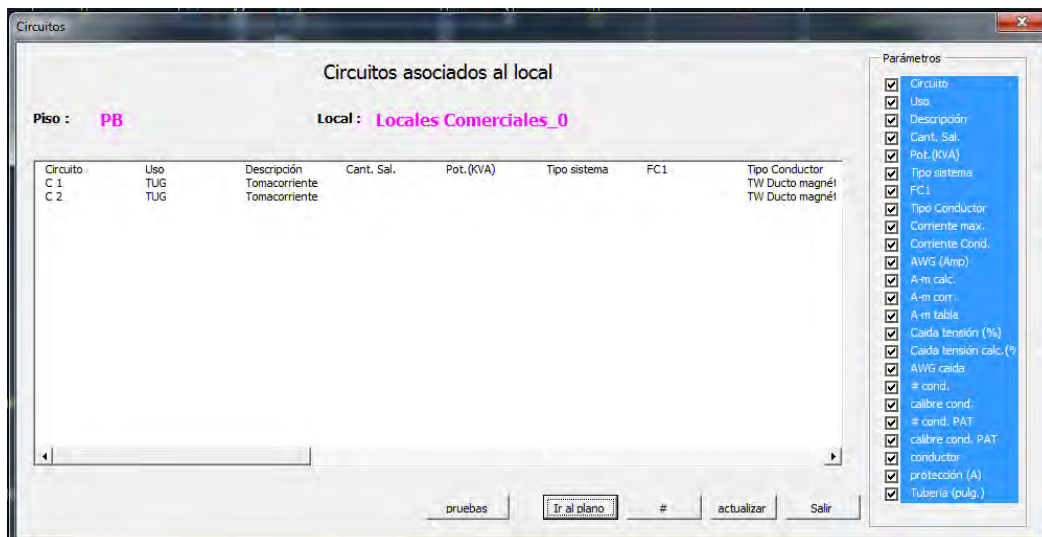


Figura N° 4.39 Circuitos asociados al local. Fuente: Autor

1) Se hace la selección del circuito deseado con doble clic sobre la descripción en “Tablas C” (ver figura 4.40) y esta acción llevará al plano para hacer la selección del circuito.

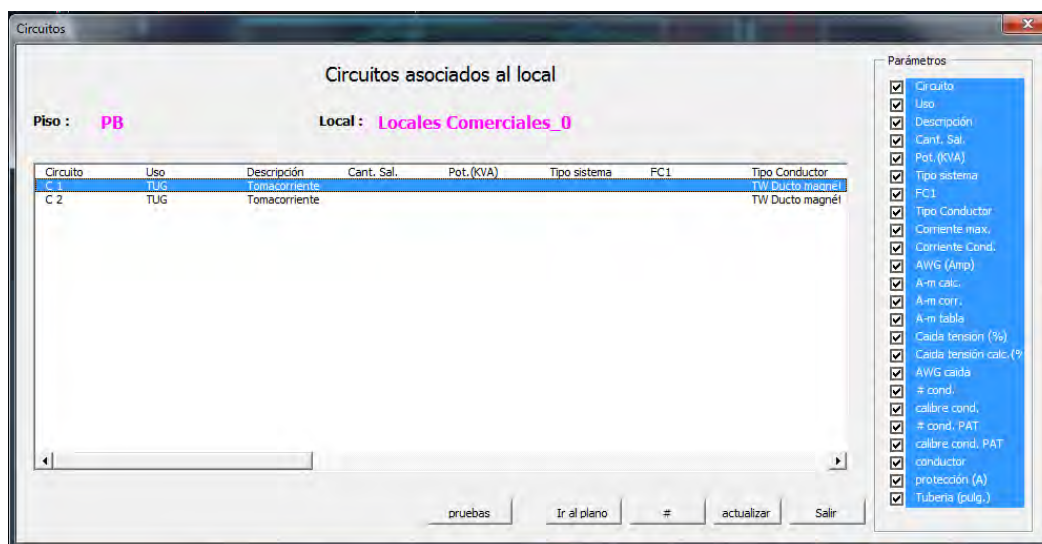


Figura N° 4.40 Circuitos asociados al local seleccionado. Fuente: Autor

2) Se designa objetos en el circuito a calcular. Este proceso permite obtener la longitud total del circuito.

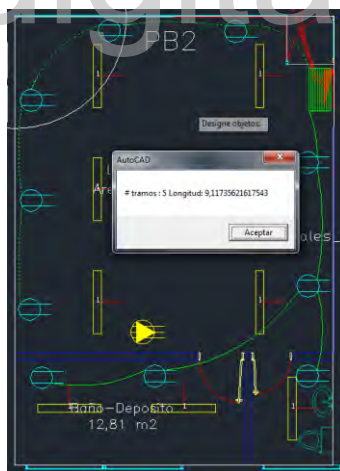


Figura N° 4.41 Longitud del circuito. Fuente: Autor

3) Se selecciona el número de caminos existentes en el circuito, con la finalidad de considerar en el cálculo el circuito más largo desde la carga más lejana conectada a la alimentación, así como los tramos correspondientes a cada camino designado, para luego insertar las cargas en cada punto de conexión a lo largo del circuito (ver figura 5.42).

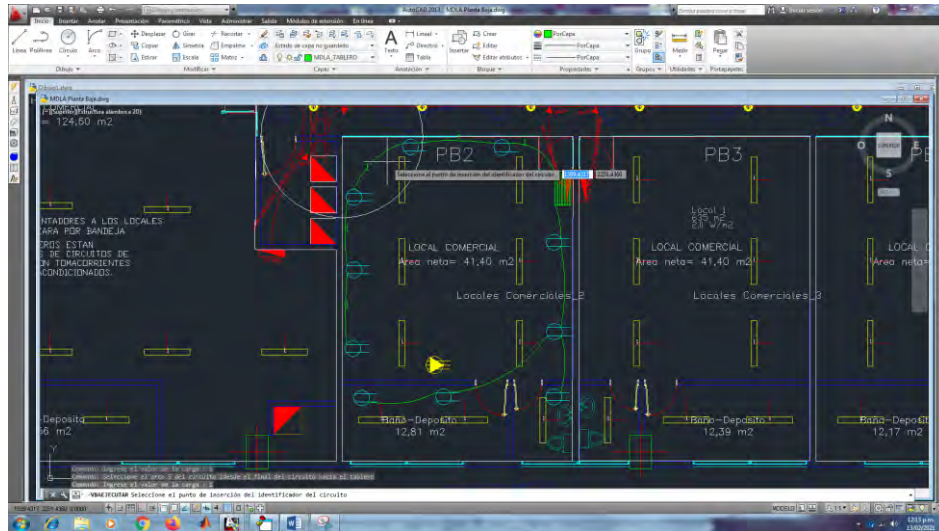


Figura N° 4.42 Asignación de tramos y cargas. Fuente: Autor

Al terminar este procedimiento se obtiene el resultado de la selección del calibre del conductor por capacidad y por caída de tensión, así como la tubería, protección y otros (ver figura 4.43), para luego al actualizar sean agregados a la hoja de Excel.

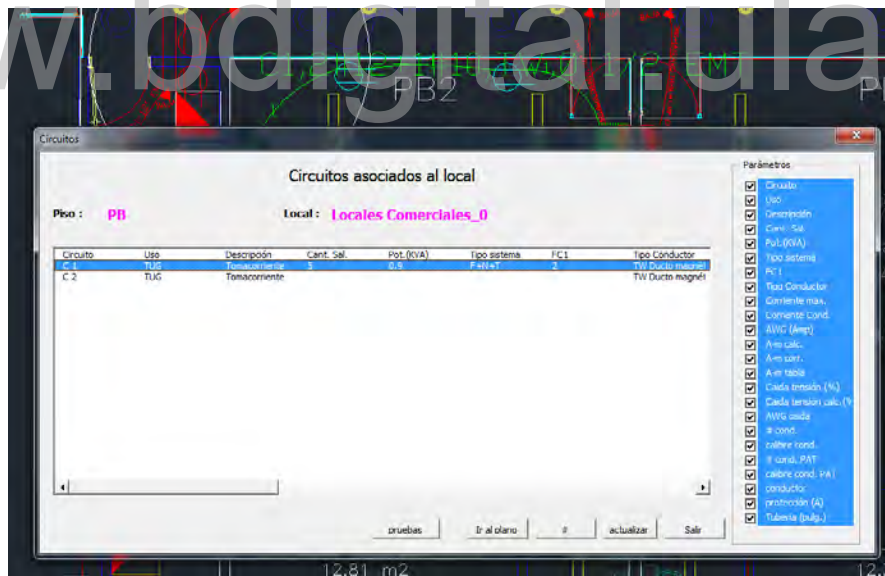


Figura N° 4.43 Cálculo del circuito. Fuente: Autor

Automáticamente con datos ya precargados en Excel se realiza la distribución de los circuitos del tablero de locales, agregando el nombre la potencia en cada una de las fases y el balance (ver figura 4.44 y 4.45).

Cto	Uso	Descripción	KVA	Prot	Conductor	Tubería
C1	AI	Alumbrado	0,4	15A-P	2#12	1/2
C2	TUG	Tomacorriente	0,18	15A-P	2#12+1#12	1/2
C3	TUG	Tomacorriente	0,18	15A-P	2#12+1#12	1/2
C4	TUG	Tomacorriente	0,18	15A-P	2#12+1#12	1/2
C5	CE	Dispensador bebidas 1 tanque	0,3125	15A-2P	2#12+1#12	1/2
C6	CE	Dispensador bebidas 1 tanque	0,3125	15A-1P	2#12+1#12	1/2
Totales			1,565	3Polos+4Res		

Cto	Uso	Descripción	KVA	Prot	Conductor	Tubería
C1	CE	Dispensador bebidas 1 tanque	0,55	15A-1P	2#12+1#12	1/2
C2	CE	Base chef refrigerada	0,45	15A-2P	3#12+1#12	1/2
Totales			1	3Polos+4Res		

Cto	Uso	Descripción	KVA	Prot	Conductor	Tubería
C1	CE	Dispensador bebidas 1 tanque	0,25	15A-1P	2#12+1#12	1/2
C2	CE	Asador de salchichas en carrusel	1,5	15A-3P	3#12+1#12	1/2
C3	CE	Baño Maria Electrico	3,75	25A-2P	2#12+1#10	1/2

Figura N° 4.44 Hoja de Excel “TAB_LOC”
Fuente: Autor

Cto	Nombre	Fase A	Fase B	Fase C	Prot(A)	Polos
C1	Alumbrado	0,4			15A	1
C2	Tomacorriente		0,18		15A	1
C3	Tomacorriente		0,18		15A	1
C4	Tomacorriente		0,18		15A	1
C5	Dispensador	0,15625	0,15625		15A	2
C6	Dispensador	0,3125			15A	1

Cto	Nombre	Fase A	Fase B	Fase C	Prot(A)	Polos
C1	Dispensador	0,55			15A	1
C2	Base chef re	0,225	0,225		15A	2

Cto	Nombre	Fase A	Fase B	Fase C	Prot(A)	Polos
C1	Dispensador	0,25			15A	1
C2	Asador de s	0,5	0,5	0,5	15A	3
C3	Baño Maria E	1,875	1,875		25A	2
C4	Maquina para waffles cuadrados			1,5	20A	1
C5	Dispensador bebidas 1 tanque	0,25			15A	1

Figura N° 4.45 Hoja de Excel “BALANCE”
Fuente: Autor

La segunda pestaña correspondiente a servicios generales, al seleccionar el tipo de circuito puede tener las luminarias agregadas a través de Dialux para el diseño de la iluminación general, exterior y emergencia, así como los tomacorrientes agregados y cargas especiales. Ver figura 4.46.

Figura N° 4.46 Selección del circuito ramal, SG. Fuente: Autor

4.1.7 Alimentadores

Para el diseño del alimentador hay que seleccionar el piso donde se desea agregar el cuadro de medidores. Comprende una serie de cajas desplegable y cuadro de texto para el desarrollo del cálculo ver figura 4.47, en ubicar cuadro de medidores se abre el plano correspondiente al piso seleccionado, se ubica su simbología en el plano y se hace el recorrido a cada uno de los ductos de la edificación; con la opción “Formulario Principal” ubicado en la paleta de herramientas de AutoCAD se puede volver al formulario, con el botón “Determinar recorrido” se puede ir nuevamente al plano para seleccionar los recorridos ya dibujados y así tomar como longitud de referencia la más larga como el peor de los casos para el cálculo. Al seleccionar el piso también se llenaría automáticamente el ListBox con los locales, para luego hacer el cálculo del circuito alimentador, dibujando y seleccionando su recorrido. Ver manual de la aplicación para mayor explicación del procedimiento.

Figura N° 4.47 Formulario para el cálculo de los Alimentadores Fuente: Autor

El resultado se carga en el ListBox ver figura 4.48, para luego ser agregado a la hoja de Excel “ALIM” (ver figura 4.49).

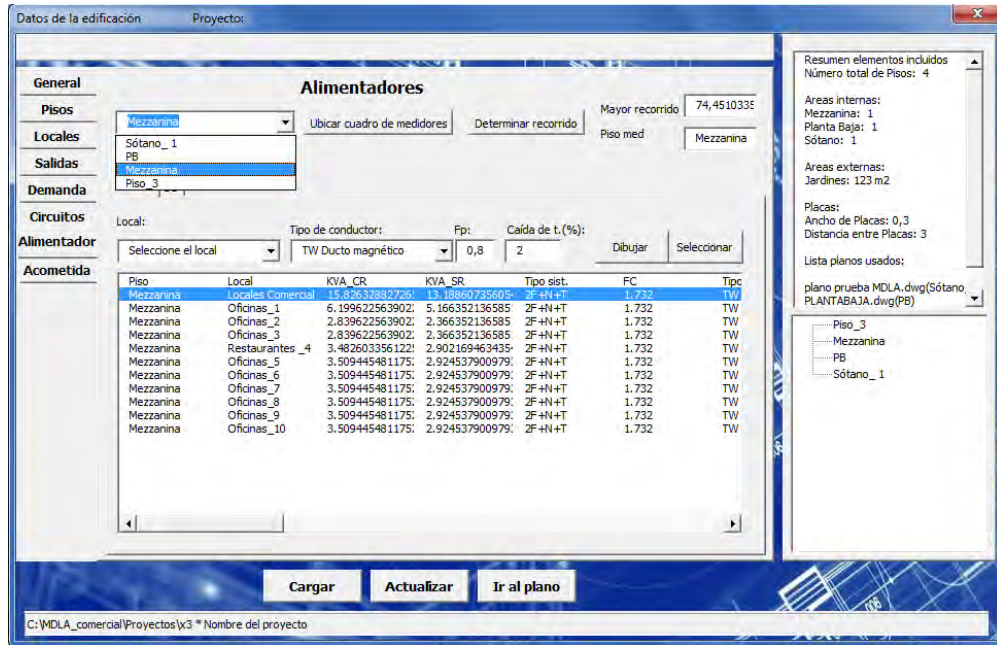


Figura N° 4.48 Cálculo de los Alimentadores Fuente: Autor

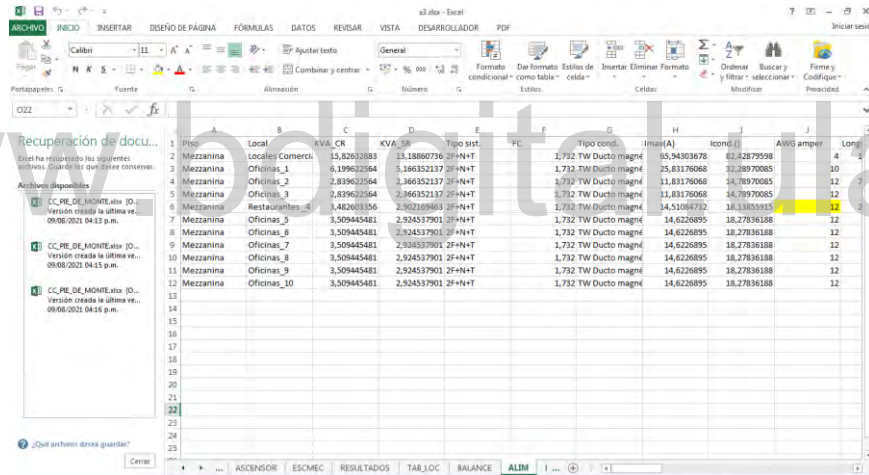


Figura N° 4.49 Hoja de Excel “ALIM” Fuente: Autor

4.1.8 Acometida: Para el diseño de la acometida se muestra en el formulario cajas de texto que contienen las demandas de la edificación como locales, servicio general, servicios preferenciales y la demanda total ver figura 4.50. estos datos son enviados a la hoja Excel “ACOM” donde se realizan cálculos complementados con la longitud tomada del diseño en AutoCad por medio del formulario, si la longitud supera el valor para el uso de un único conductor por fase se puede elegir el número de conductor y ser calculado ver figura 4.51, y luego mostrados en el ListBox para su verificación ver figura 4.52.

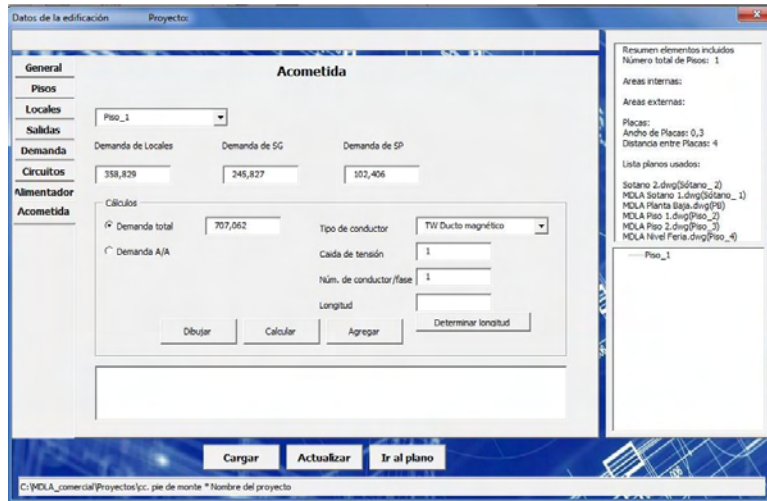


Figura N° 4.50 Formulario “Acometida” Fuente: Autor

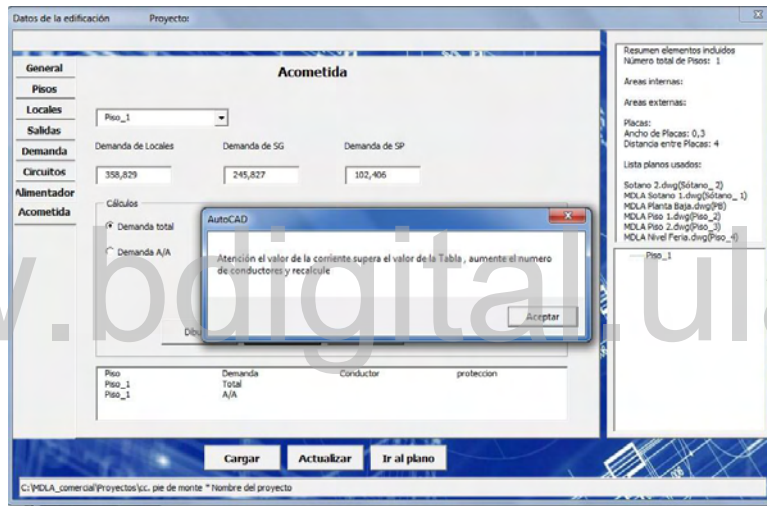


Figura N° 4.51 Recalcular Acometida. Fuente: Autor

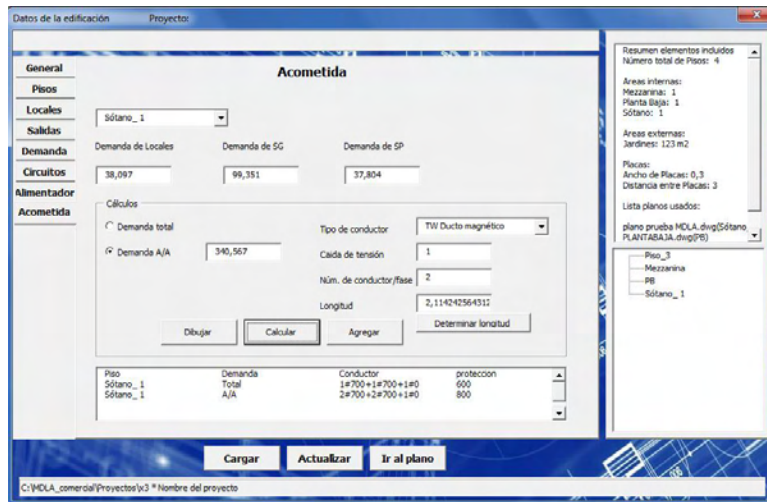


Figura N° 4.52 Cálculos resumen de Acometida. Fuente: Autor

CONCLUSIONES

Los proyectos de instalaciones eléctricas deben estar considerados y diseñados bajo las diversas normas referentes a la materia, principalmente bajo el Código Eléctrico Nacional, pero también la norma Comisión Venezolana de Normas Industriales (COVENIN) y otra necesaria de acuerdo al proyecto a realizar. Aunque estas normas garantizan seguridad y confiabilidad, no es una garantía de economía en el proyecto, ni de calidad sobre otras opciones; es por esto que se van desarrollando ciertos criterios por la experiencia en la realización de proyectos similares.

Desarrollar un proyecto de instalaciones eléctricas de un centro comercial es de gran complejidad, desde crear los bloques que se van a insertar en los planos de trabajo hasta entregar un informe donde se encuentran todas las tablas e información detallada del proyecto. Para ello se necesita tener conocimiento acerca del área como también de las normas como (COVENIN), CEN, que rigen el diseño de las instalaciones eléctricas, así como del software AutoCAD. Las tareas de contabilizar salidas, medir distancias, áreas, y pasarlas a tablas creadas de forma manual se hacen muy tedioso y presenta un alto margen de error aumentando considerablemente el periodo de ejecución del proyecto.

La solución para agilizar todas estas tareas cuando se trabaja en las instalaciones eléctricas se encuentra en el diseño de una herramienta computacional, que vincula el software de AutoCAD, Excel, DIALux, Word, para la transferencia de información acerca de los cálculos de manera automática cuando se ejecuta un proyecto, una solución que beneficia en tiempo y es muy confiable. Con una interfaz muy amigable e interactiva para que el usuario desarrolle sin ningún problema el plan de trabajo deseado.

La aplicación usa como lenguaje de programación VBA que está dentro de los programas AutoCAD, Excel, Word, desde allí se ordenan y ejecutan los procedimientos que realizan las tareas por medio de macros. Programar esta aplicación permitió realizar proyectos de manera cómoda y rápida con una duración de 48 horas por proyecto

aproximadamente, entregando una memoria descriptiva con todos los resultados y un plano de detalle con los tableros, cajas de paso, diagrama unifilar, detalles de la acometida.

Por otra parte fue de gran interés incursionar en el uso del lenguaje (VBA) y verificar los grandes avances que se pueden lograr en cuanto a la automatización de actividades. Se debe seguir profundizando el estudio de la aplicación, adaptarlos para otro tipo de edificaciones.

www.bdigital.ula.ve

RECOMENDACIONES

Microsoft VBA (Visual Basic para Aplicaciones) es el lenguaje de macros de Microsoft Visual Basic que se utiliza para programar aplicaciones Windows y que se incluye en varias aplicaciones Microsoft. VBA permite a usuarios y programadores ampliar la funcionalidad de programas de la suite Microsoft Office. Visual Basic para Aplicaciones es un subconjunto casi completo de Visual Basic 5.0 y 6.0.

Su utilidad principal es automatizar tareas cotidianas, así como crear aplicaciones y servicios de bases de datos para el escritorio. Permite acceder a las funcionalidades de un lenguaje orientado a eventos con acceso a la API de Windows.

Como recomendación principal, dar a conocer en los estudiantes de la Escuela de Ingeniería Eléctrica herramientas como esta, para que los estudiantes se animen a mejorar, perfeccionar e incluso crear aplicaciones, ya que hoy día la humanidad está más familiarizada con la tecnología gracias a su gran velocidad e increíble cantidad de información y se puede tener simplemente al alcance de un ordenador, teléfonos Tablet, etc.

Crear clases, ponencias o cursos internos, para que los estudiantes aprendan a realizar pequeñas herramientas, que además de ser muy motivadoras, no tienen precio alguno, solo tener un computador, que además estas aplicaciones son muy livianas, esto debido a la situación crítica que hoy día presenta nuestro país y que al momento de participar en un laboratorio los profesores se limitan a exigir debido a esto.

Dar a conocer esta herramienta a los estudiantes y sus avances en actualización.

Expandir la herramienta a nivel de distribución y generación para potenciarla aún más.

Para el desarrollo de las actividades faltantes descritas en página 5, limitaciones del trabajo de grado, se puede considerar:

Crear formulario destinado al cálculo del área de sistemas (sistemas CANTV, sistemas televisión por cable y Sistemas de detección y alarma contra incendio), a partir de los Datos

básicos del proyecto.

En la pestaña servicios generales del formulario “Diseño de circuitos ramales”, desarrollar los cálculos correspondientes a circuitos ramales de iluminación, tomacorrientes, otras salidas y circuito especiales como hidroneumático, ascensores y escaleras mecánicas, para la creación del tablero de servicios generales se puede considerar el código desarrollado para el cálculo de tableros de circuitos ramales en locales así como su balance.

Efectuar diseño del cuadro de medidores con datos ya calculados en la herramienta computacional, a partir del formulario “Alimentadores”

Crear y diseñar formulario destinado al cálculo de cajetines y cajas de paso.

Obtener los cómputos métricos y crear la memoria descriptiva donde se encuentre toda la información acerca del proyecto.

Para el desarrollo de estas actividades, se puede considerar investigar sobre la aplicación VBA en la plataforma .NET. Ya que Microsoft no planea hacer mejoras significativas a VBA en el futuro. Aunque continuara dando soporte a las licencias de VBA que se han ido ofreciendo, VBA está siendo sustituido por las Herramientas para Aplicaciones de Microsoft Visual Studio (VSTA: Visual Studio Tools for Office). Estas herramientas funcionan bajo la plataforma .NET.

REFERENCIAS

[1] O. Penissi (2001). *“Canalizaciones Eléctricas Residenciales”*. Séptima Edición, Universidad de Carabobo 1987.

[2] CEN. (2004). *“Código Eléctrico Nacional”*. FONDONORMA 200:2004 (7ª. Revisión). Venezuela.

[3] MOP. (1968). *“Manual de Normas y Criterios para Proyectos de Instalaciones Eléctricas”*. Manual del Ministerio de Obras Públicas, Tomo II. Venezuela.

[4] R, Sardiñas (2006). *“Programando para AutoCAD con VBA”* Universidad de Matanzas “Camilo Cienfuegos”, Cuba 2006, (consultado, Enero 2019), disponible en: https://www.academia.edu/32834021/PROGRAMANDO_PARA_AUTOCAD_CON_VBA

[5] Brazales. A (1999). *“Aprenda Visual Basic 6.0”* UNIVERSIDAD DE NAVARRA – “NAFARROAKO UNIBERTSITATEA”, San Sebastián, agosto 1999, (consultado, Noviembre 2018), disponible en: <http://www.labc.usb.ve/paginas/jregidor/EC3731/pdfs/vbasic60.pdf>

[6] Sin autor. *“Bloques AutoCAD Gratis de Electricidad”* <https://www.bloquesautocad.com> › etiqueta › electricidad (consultado, Marzo 2019).

[7] S. W. Bermúdez, *“Herramienta computacional para el diseño de instalaciones residenciales unifamiliares”* Trabajo de grado no publicado. Universidad de Los Andes. Mérida.

[8] M. S. Romero, *“Diseño de las instalaciones eléctricas del centro comercial metrópolis Barquisimeto”* informe final de pasantías. Universidad Simón Bolívar.

[9] CODELECTRA, *“Manual de instalaciones telefónicas internas”* 2da revisión. COVENIN 2454:1999

APENDICE
TABLAS Y GRAFICOS CON LA INFORMACION
REQUERIDA PARA QUE LA HERRAMIENTA
REALICE LOS CALCULOS Y SELECCION DE
DISPOSITIVOS.

www.bdigital.ula.ve

APENDICE

TABLAS CON LA INFORMACION REQUERIDA PARA LA SELECCIÓN DE CONDUCTORES.

A1 Selección de calibres de conductores por capacidad de corriente

A1.1 Capacidad de corriente de conductores con aislamiento para 600 V, No más de tres conductores en canalización.

A1.2 Capacidad de corriente de conductores con aislamiento para 600 V, cables monopolares al aire libre.

A2 Selección de calibres de conductores por caída de tensión

A2.1 Factores de corrección para tensiones y sistemas distintos a 3 x

208/120 V. A2.2 Capacidad de distribución en AM para conductores TW cobre.

A2.3 Capacidad de distribución en AM para conductores TTU cobre. A2.4 Calibre mínimo para conductores de puesta tierra.

A3 Graficas para la selección de calibres por capacidad de corto circuito (KAcc).

- 1 KAcc simétrica para conductores de cobre TW.....(1-100 KA)
- 2 KAcc simétrica para conductores de cobre TW.....(1-1000 KA)
- 3 KAcc simétrica para conductores de cobre TTU-THW(1-100 KA)
- 4 KAcc simétrica para conductores de cobre TTU-THW(1-1000 KA)

A4 Tablas para la selección de diámetros de tuberías y tamaños de cajas de paso.

A4.1 Máximo número de conductores del mismo calibre en tuberías con

aislamiento TW-TTU-THW.

A4.2 Combinación conductores de distintos calibres en tuberías. A4.3 Número máximo de conductores en cajas normalizadas.

A5 Tablas con información acerca de los parámetros requeridos en la estimación de la demanda eléctrica.

A5.1 Densidad de carga de alumbrado general de acuerdo al tipo de Local.

A5.2 Factores de demanda para alimentadores con cargas de alumbrado, tomas de uso general y lavadero.

A5.3 Factores de demanda para secadoras eléctricas de ropa, tipo doméstico. A 5.4 Capacidades de corriente normalizada para protecciones eléctricas.

www.bdigital.ula.ve

A1.1 Capacidad de corriente de conductores con aislamiento para 600 V, No más de tres conductores en canalización.

Capacidades de corriente (A) permisibles para los conductores aislados tensión nominal de 0 - 2000 volts, 60°C a 90°C

No más de tres conductores en canalización o cables o directamente enterrados, tomado como base una temperatura ambiente de 30°C

Calibre	Régimen de Temperatura del Conductor. Véase la Tabla 310-13 (CEN)								Calibre
	60°C	75°C	85°C	90°C	60°C	75°C	85°C	90°C	
	+TW, +UF	+FEPW +RH, +RHW +THW, +THWN +XHHW, +USE +ZW TTC	V	TA, TBS SA, AVB SIS, +FEP +FEPB +RHH +THHN +XHHW	+TW +UF	+RH, +RHW +THW +XHHW +USE TTC	V	TA, TBS, SA, AVB SIS +RHH, +THHN +XHHW	
COBRE				ALUMINIO O ALUMINO RECUBIERTO CON COBRE					
18	—	—	—	14	—	—	—	—	—
16	—	—	18	18	—	—	—	—	—
14	20	20	25	25	—	—	—	—	—
12	25	25	30	30	20	20	25	25	12
10	30	35	40	40	25	30	30	35	10
8	40	50	55	55	30	40	40	45	8
6	55	65	70	75	40	50	55	60	6
4	70	85	95	95	55	65	75	75	4
2	95	115	125	130	75	90	100	100	2
0	125	150	165	170	100	120	130	135	0
00	145	175	190	195	115	135	145	150	00
000	165	200	215	225	130	155	170	175	000
0000	195	230	250	260	150	180	195	205	0000

250	215	255	275	290	170	205	220	230	250
300	240	285	310	320	190	230	250	255	300
350	260	310	340	350	210	250	270	280	350
400	280	335	365	380	225	270	295	305	400
500	320	380	415	430	260	310	335	350	500
600	355	420	460	475	285	340	370	385	600
700	385	460	500	520	310	375	405	420	700
750	400	475	515	535	320	385	420	435	750
800	410	490	535	555	330	395	430	450	800
900	435	520	565	585	355	425	465	480	900
1000	455	545	590	615	375	445	485	500	1000
1250	495	590	640	665	405	485	525	545	1250
1500	520	625	680	705	435	520	565	585	1500
1750	545	650	705	735	455	545	595	615	1750
2000	560	665	725	750	470	560	610	630	2000
FACTORES DE CORRECCION									
Temp. Ambiente °C	Para temperatura ambiente sobre 30°C, Multiplique la corriente indicada en la tabla por el factor de corrección adecuado para determinar la máxima corriente permitida.								
31-40	0,82	0,88	0,90	0,91	0,82	0,88	0,90	0,91	
41-45	0,71	0,82	0,85	0,87	0,71	0,82	0,85	0,87	
46-50	0,58	0,75	0,80	0,82	0,58	0,75	0,80	0,82	
51-60	—	0,58	0,67	0,71	—	0,58	0,67	0,71	
61-70	—	0,35	0,52	0,58	—	0,35	0,52	0,58	
71-80	—	—	0,30	0,41	—	—	0,30	0,41	

FUENTE: CODIGO ELECTRICO NACIONAL 1990 COVENIN 200 TABLA 310 - 16 PAG 213

A1. 2 Capacidad de corriente de conductores con aislamiento para 600 V, cables monopolares al aire libre.

Capacidades de corriente (A) permisibles para los conductores aislados tensión nominal de 0 - 2000 volts, 60°C a 90°C


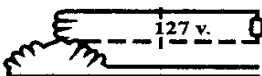
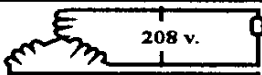


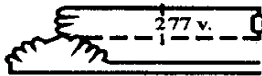
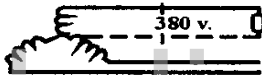

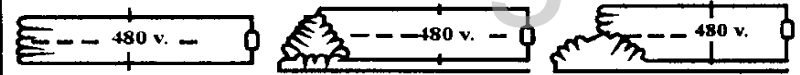
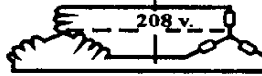

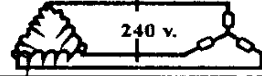
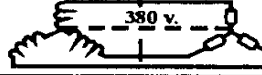
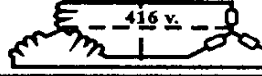

Cables monopolares al aire Libre, tomando como base una temperatura ambiente de 30°C

Calibre	Régimen de Temperatura del Conductor. Véase la Tabla 310-13 (CEN)								Calibre
	60°C	75°C	85°C	90°C	60°C	75°C	85°C	90°C	
	+TW	+FEPW +RH, +RHW +THW, +THWN, +XHH, +ZW	V	TA, TBS SA, AVB SIS, +FEP +FEPB +RHH +THHN +XHHW	+TW	+RH, +RHW +RUH +THW +THWN +XHHW	V	TA, TBS, SA, AVB SIS, +RHH +THHN +XHHW +XHHW +MI	
COBRE				ALUMINIO O ALUMINO RECUBIERTO CON COBRE					
18	--	--	--	18	--	--	--	--	--
16	--	--	23	24	--	--	--	--	--
14	25+	30+	30	35+	--	--	--	--	--
12	30	35+	40	40+	25+	30+	30	35+	12
10	40+	50+	55	55+	35+	40+	40	40+	10
8	60	70	75	80	45	55	60	60	8
6	80	95	100	105	60	75	80	80	6
4	105	125	135	140	80	100	105	110	4
2	140	170	185	190	110	135	145	150	2
0	195	230	250	260	150	180	195	205	0
00	225	265	290	300	175	210	225	235	00
000	260	310	335	350	200	240	265	275	000
0000	300	360	390	405	235	280	305	315	0000

250	340	405	440	455	265	315	345	355	250
300	375	445	485	505	290	350	380	395	300
350	420	505	550	570	330	395	430	445	350
400	455	545	595	615	355	425	465	480	400
500	515	620	675	700	405	485	525	545	500
600	575	690	750	780	455	540	595	615	600
700	630	755	825	855	500	595	650	675	700
750	655	785	855	885	515	620	675	700	750
800	680	815	885	920	535	645	700	725	800
900	730	870	950	985	585	700	760	785	900
1000	780	935	1020	1055	625	750	815	845	1000
1250	890	1065	1160	1200	710	855	930	960	1250
1500	980	1175	1275	1325	795	950	1035	1075	1500
1750	1070	1280	1395	1445	875	1050	1145	1185	
2000	1155	1385	1505	1560	960	1150	1250	1335	
FACTORES DE CORRECCION									
Temp. Ambiente °C	Para temperatura ambiente sobre 30°C, Multiplique la corriente indicada en la tabla por el factor de corrección adecuado para determinar la máxima corriente permitida.								
31-40	0,82	0,88	0,90	0,91	0,82	0,88	0,90	0,91	
41-45	0,71	0,82	0,85	0,87	0,71	0,82	0,85	0,87	
46-50	0,58	0,75	0,80	0,82	0,58	0,75	0,80	0,82	
51-60	--	0,58	0,67	0,71	--	0,58	0,67	0,71	
61-70	--	0,35	0,52	0,58	--	0,35	0,52	0,58	
71-80	--	--	0,30	0,41	--	--	0,30	0,41	

FUENTE: CODIGO ELECTRICO NACIONAL 1990 COVENIN 200 TABLA 310 - 17 PAG 215

A2. Factores de corrección para tensiones y sistemas distintos a 3 x 208/120 V.

DISPOSICION DE CARGAS EN DISTINTOS SISTEMAS	FACTORES CORRECC.	
	A. m.	KVA. m.
	0,500	0,166
	0,529	0,186
	0,866	0,500
	0,916	0,559
	1,000	0,665
	1,154	0,886
	1,581	1,668
	1,733	2,000
	2,000	2,662
	1,000	1,000
	1,057	1,118
	1,153	1,331
	1,827	3,337
	2,000	4,000
	2,307	5,325

Fuente: COVENIN (2004)

A2. 2 Capacidad de distribución en AM., para conductores monopolares de cobre con aislamiento TW, sistema trifásico 208/120., 60 Hz y temperatura del conductor 60 ° Caída 2%

PARA DUCTOS MAGNETICOS

AWG ° MCM	$\Delta V = 2\%$				
	COS θ				
	1	0,95	0,9	0,8	0,7
14	237	248	261	292	332
12	377	394	414	462	524
10	600	623	653	727	821
8	954	983	1028	1139	1277
6	1461	1488	1549	1698	1893
4	2321	2329	2405	2608	2876
2	3694	3624	3703	3952	4295
1/0	5865	5278	5560	5785	6147
2/0	7178	6633	6615	6800	7148
3/0	9006	8080	7896	8083	8387
4/0	11396	9920	9653	9599	9818
250	13434	11273	10856	10616	10711
300	14399	11951	11500	11200	11263
350	16699	13464	12825	12325	12275
400	19084	14889	14046	13322	13133
500	23575	17475	16204	15057	14627
600	25581	18469	16934	15584	15029
700	28971	20105	18244	16641	15914
750	30058	20694	18771	17018	16247

PARA DUCTOS NO MAGNETICOS

AWG ° MCM	$\Delta V = 2\%$				
	COS θ				
	1	0,95	0,9	0,8	0,7
14	237	248	261	292	333
12	377	394	414	463	526
10	600	624	654	730	826
8	954	987	1033	1146	1292
6	1517	1554	1619	1783	1997
4	2411	2438	2526	2754	3054
2	3838	3806	3909	4204	4602
1/0	6096	5847	5926	6229	6683
2/0	7698	7233	7273	7545	8003
3/0	9685	8881	8823	9046	9479
4/0	12253	10907	10723	10806	11168
250	14384	12425	12084	11994	12245
300	17282	14479	13937	13621	13746
350	20019	16307	15544	16000	14991
400	22870	18063	17045	16238	16075
500	28261	21577	19688	18377	17924
600	33821	23922	21858	19967	19200
700	38734	26263	23715	21390	20373
750	41409	27531	24747	22181	21034

NOTAS: Tablas calculadas en base a la fórmula:
$$Am = \frac{10\Delta V \% KV}{\sqrt{3} (R \cos \theta + X \text{SEN } \theta)}$$

Valores de R a 20°C y C.C. para conductividad de 96,66% tomados del catálogo Burndy OH-57.

Factores de corrección para otras temperaturas y C.A. en ductos no magnéticos tomados del Manual Técnico Rome Co.

Valores de X para ducto no magnético tomados de Tablas Kaiser Aluminium.

Para otras tensiones multiplicar los valores de Am por los coeficientes de la tabla de factores de corrección.

Para otros valores de ΔV dividir los valores de Am calculados para el 2% por $\frac{\text{Nuevo } \Delta V}{2}$ y compararlos con los datos de estas tablas.

ΔV = Caída de tensión

Para obtener la caída de Tensión real o exacta se procede de la forma siguiente:

$$\Delta V \text{ real} = 2\% \frac{\text{KVAm Calculados}}{\text{KVAm de Tablas}} \quad \text{o bien} \quad \Delta V \text{ real} = \frac{2\% \text{ Am Calculados}}{\text{Am de Tablas}}$$

Cuando los Am o KVAm calculados sean mayores que los indicados en tablas se tomarán más de un conductor por fase.

Fuente: COVENIN (2004)

A2. 3 Capacidad de distribución en AM., para conductores monopolares de cobre con aislamiento TTU, sistema trifásico 208/120., 60 Hz y temperatura del conductor 75 ° Caída 2%

PARA DUCTOS MAGNETICOS

AWG o MCM	$\Delta V = 2\%$				
	COS θ				
	1	0,95	0,9	0,8	0,7
14	226	236	249	278	317
12	359	375	394	439	498
10	571	593	622	687	780
8	908	934	975	1076	1207
6	1392	1417	1473	1616	1800
4	2210	2216	2288	2481	2735
2	3521	3448	3526	3762	4086
1/0	5592	5246	5269	5470	5796
2/0	6812	6267	6247	6411	6726
3/0	8808	7702	7590	7665	7933
4/0	10881	9408	9164	9095	9284
250	12790	10759	10378	10163	10267
300	13741	11450	11015	10740	10812
350	15925	12873	12250	11781	11735
400	18217	14279	13456	12770	12596
500	22473	16538	15306	14186	13756
600	24289	17539	16138	14852	14330
700	27639	19206	17488	15893	15209
750	28289	19566	17786	16149	15434

PARA DUCTOS NO MAGNETICOS

AWG o MCM	$\Delta V = 2\%$				
	COS θ				
	1	0,95	0,9	0,8	0,7
14	226	236	249	278	317
12	359	375	394	440	500
10	571	594	623	694	786
8	908	937	981	1086	1223
6	1444	1479	1541	1697	1898
4	2294	2319	2403	2620	2904
2	3653	3621	3720	4001	4377
1/0	5797	5540	5606	5585	6300
2/0	7317	6854	6879	7134	7557
3/0	9231	8430	8377	8559	8949
4/0	11650	10336	10161	10217	10545
250	13714	11875	11572	11489	11742
300	16438	13820	13326	13050	13179
350	19048	15551	14842	14345	14337
400	21818	17277	16338	15574	15414
500	26966	20085	18633	17353	16878
600	32432	22920	20961	19154	18391
700	36923	25062	22663	20460	19480
750	39344	26186	23576	21145	20050

Fuente: COVENIN (2004)

A2. 4 Calibre mínimo para conductores de puesta tierra.

Capacidad nominal o ajuste del dispositivo automático de sobrecorriente ubicado antes del equipo, tubería etc. No mayor de (Amperios)	Calibre del conductor de puesta a tierra	
	Alambre de cobre N°.	Alambre de aluminio, o con recubrimiento de cobre N°.
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	2	1/0
500	2	1/0
600	0	2/0
800	0	3/0
1000	2/0	4/0
1200	3/0	250
1600	4/0	350
2000	250	400
2500	350	600
3000	400	600
4000	500	800
5000	700	1200
6000	800	1200

Fuente: COVENIN (2004)

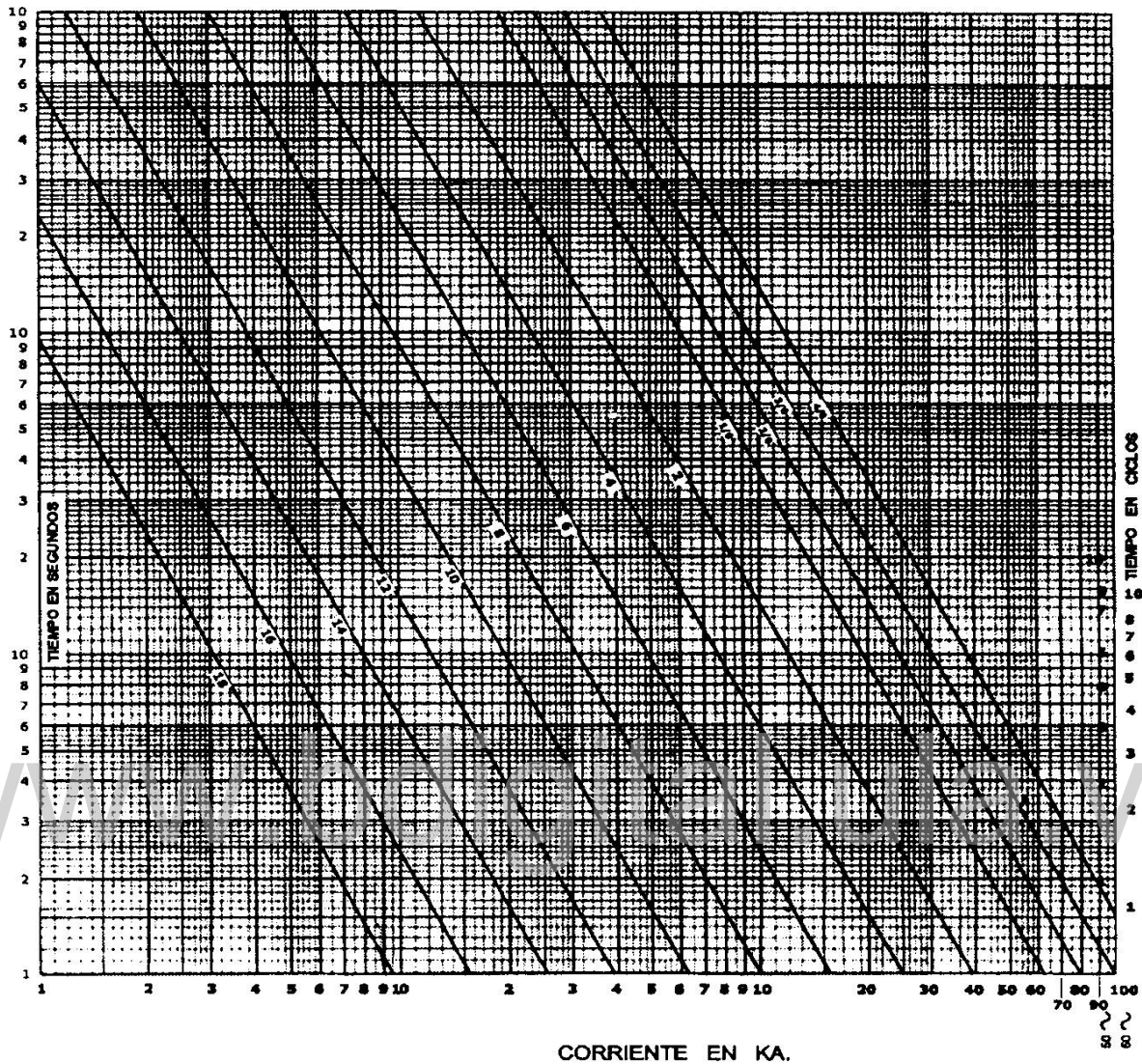


GRÁFICO OBTENIDO DE LA FÓRMULA

$$\left(\frac{I}{A}\right)^2 t = 0.0297 \cdot \lg\left(\frac{T_2 + 234}{T_1 + 234}\right)$$

$$I = A \frac{0.0592}{\sqrt{t}}$$

- I = CORRIENTE DE CC. EN AMP.
- A = ÁREA DEL CONDUCTOR EN CIRCULAR MIL.
- T₁ = 60 °C.
- T₂ = 150 °C.
- t = TIEMPO DEL CC. EN SEGUNDOS.

Gráfica N° 1 Corriente de cortocircuito simétrica permisible en conductores de cobre con aislante TW (1-100KA).
Fuente: COVENIN (2004)

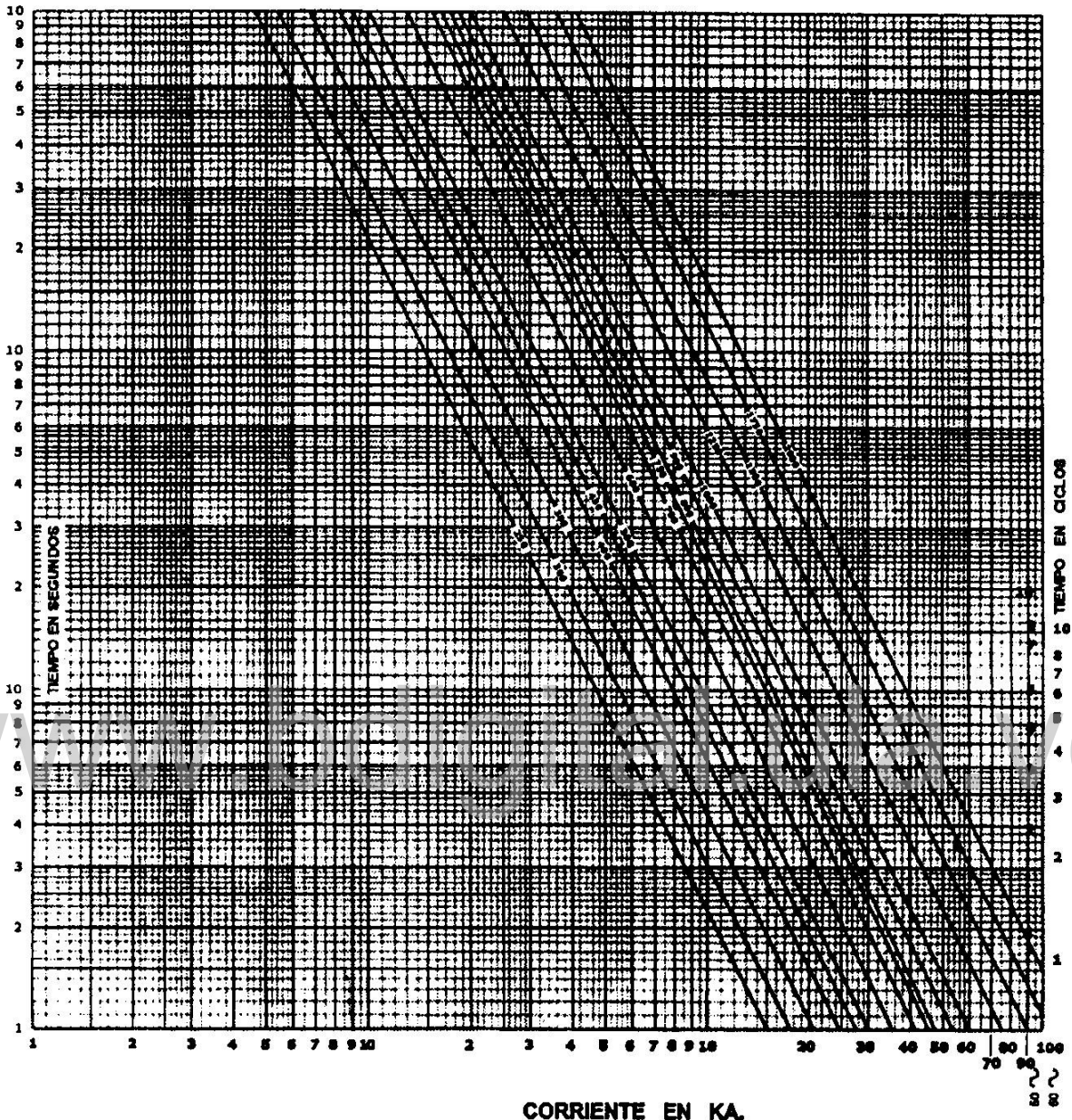


GRÁFICO OBTENIDO DE LA FÓRMULA

$$\left(\frac{I}{A}\right)^2 t = 0.0297 \cdot \lg\left(\frac{T_2 + 234}{T_1 + 234}\right)$$

$$I = A \frac{0.0592}{\sqrt{t}}$$

- I = CORRIENTE DE CC. EN AMP.
- A = ÁREA DEL CONDUCTOR EN CIRCULAR MIL.
- T₁ = 60 °C.
- T₂ = 150 °C.
- t = TIEMPO DEL CC. EN SEGUNDOS.

Grafica N° 2 Corriente de cortocircuito simétrica permisible en conductores de cobre con aislante TW (1—1000KA). Fuente: COVENIN (2004)

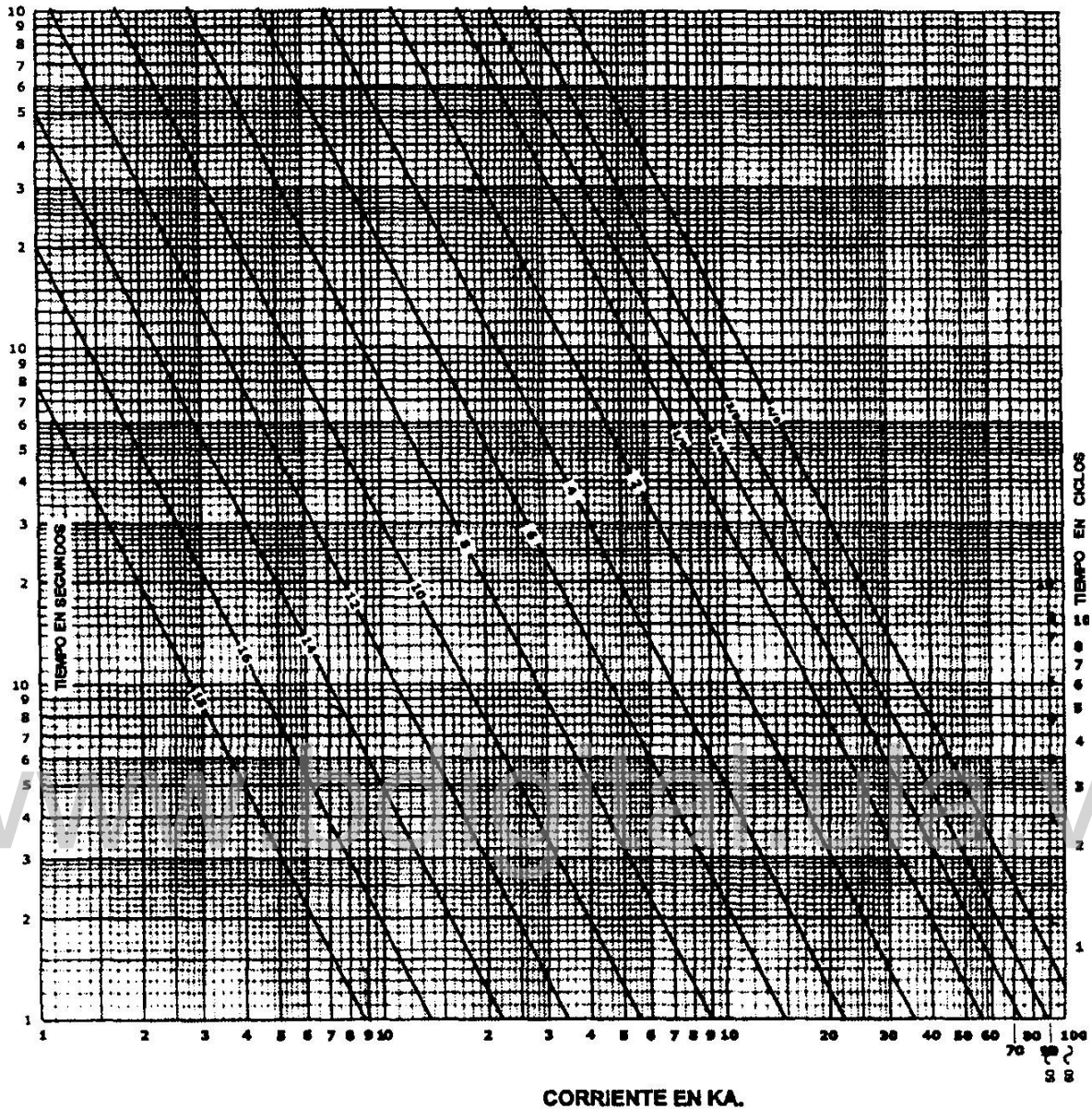


GRÁFICO OBTENIDO DE LA FÓRMULA

$$\left(\frac{I}{A}\right)^2 t = 0.0297 \cdot 10^6 \left(\frac{T_2 + 234}{T_1 + 234}\right)$$

$$I = A \frac{0.0592}{\sqrt{t}}$$

- I = CORRIENTE DE CC. EN AMP.
- A = ÁREA DEL CONDUCTOR EN CIRCULAR MIL.
- T₁ = 60 °C.
- T₂ = 150 °C.
- t = TIEMPO DEL CC. EN SEGUNDOS.

Grafica N° 3 Corriente de cortocircuito simétrica permisible en conductores de cobre con aislante TTU-THW (1-100KA). Fuente: COVENIN (2004)

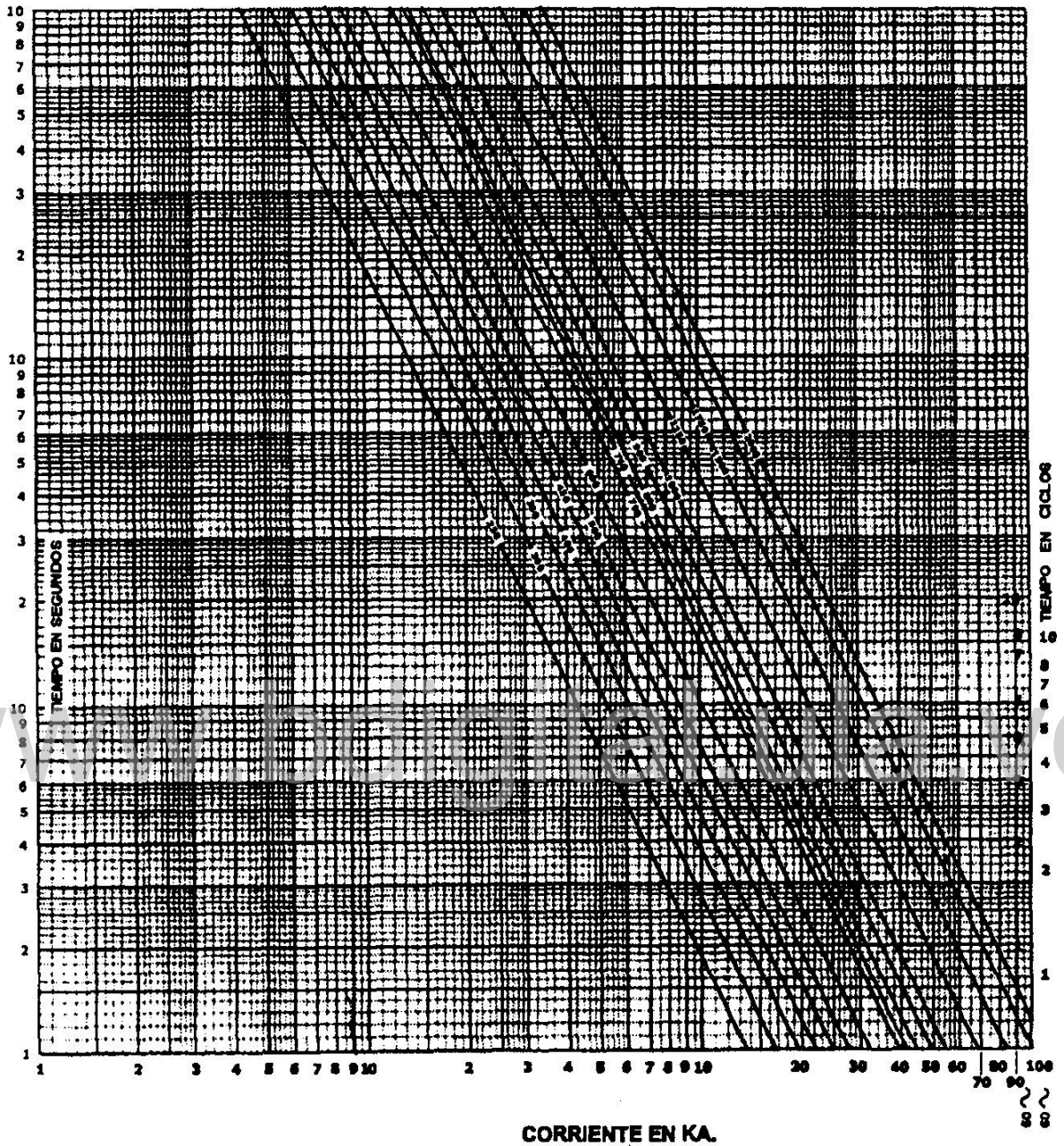


GRÁFICO OBTENIDO DE LA FÓRMULA

$$\left(\frac{I}{A}\right)^2 t = 0.0297 \cdot \lg\left(\frac{T_2 + 234}{T_1 + 234}\right)$$

$$I = A \frac{0.0592}{\sqrt{t}}$$

- I = CORRIENTE DE CC. EN AMP.
- A = ÁREA DEL CONDUCTOR EN CIRCULAR MIL.
- T₁ = 80 °C.
- T₂ = 150 °C.
- t = TIEMPO DEL CC. EN SEGUNDOS.

Grafica N° 4 Corriente de cortocircuito simétrica permisible en conductores de cobre con aislante TTU - THW (1—1000KA). Fuente: COVENIN (2004)

A4.1 *Máximo número de conductores del mismo calibre en tuberías con aislamiento TW-TTU-THW*

AWG O MCM	½"	¾"	1"	1 ½"	2"	3"	4"	5"	6"
14	4	6	10	25	41	90	155	-	-
12	3	5	8	21	34	76	132	208	-
10	1	4	7	17	29	64	110	173	-
8	1	3	4	10	17	38	67	105	152
6	1	1	3	6	10	23	41	64	93
4	1	1	3	5	8	18	31	49	72
2	-	1	1	3	6	14	24	38	55
1/0	-	-	1	2	4	9	16	25	37
2/0	-	-	1	1	3	8	14	22	32
3/0	-	-	1	1	3	7	12	19	27
4/0	-	-	-	1	2	6	10	16	23
250	-	-	-	1	1	5	8	13	19
300	-	-	-	1	1	4	7	11	16
350	-	-	-	1	1	3	6	10	15
400	-	-	-	1	1	3	6	9	13
500	-	-	-	1	1	3	5	8	11
600	-	-	-	-	1	1	4	6	9
700	-	-	-	-	1	1	3	6	8
750	-	-	-	-	1	1	3	5	8

Fuente: COVENIN (2004)

A4. 2 Combinación conductores de distintos calibres en tuberías. Las áreas para los conductores corresponden al tipo TW, THW y TTU.

AWG o MCM	AREA OCUPADA POR LOS CABLES (PULGADAS ²)								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
14	0,0327	0,0654	0,0981	0,1308	0,16354	0,1962	0,2289	0,2616	0,2943
12	0,0384	0,0768	0,1152	0,1536	0,1920	0,2304	0,2688	0,3072	0,3456
10	0,0460	0,0920	0,1380	0,1840	0,2300	0,2760	0,3220	0,3680	0,4140
8	0,0760	0,1520	0,2280	0,3040	0,3800	0,4560	0,5320	0,6080	0,6840
6	0,1238	0,2476	0,3714	0,4952	0,6190	0,7428	0,8666	0,9904	1,1142
4	0,1605	0,3210	0,4815	0,6420	0,8025	0,9630	1,1235	1,2840	1,4445
2	0,2067	0,4134	0,6201	0,8268	1,0335	1,2402	1,4469	1,6536	1,8603
1/0	0,3107	0,6214	0,9321	1,2428	1,5535	1,8642	2,1749	2,4856	2,7963
2/0	0,3578	0,7156	1,0734	1,4312	1,7890	2,1468	2,5046	2,8624	3,2202
3/0	0,4151	0,8302	1,2453	1,6604	2,0755	2,4906	2,9057	3,3208	3,7359
4/0	0,4840	0,9680	1,4520	1,9360	2,4200	2,9040	3,3880	3,8720	4,3560
250	0,5917	1,1834	1,7751	2,3668	2,9585	3,5502	4,1419	4,7336	5,3253
300	0,6837	1,3674	2,0511	2,7348	3,4185	4,1022	4,7859	5,4696	6,1533
350	0,7620	1,5240	2,2860	3,0480	3,8100	4,5720	5,3340	6,0960	6,8580
400	0,8365	1,6730	2,5095	3,3460	4,1825	5,0190	5,8555	6,6920	7,5285
500	0,9834	1,9668	2,9502	3,9336	4,9170	5,9004	6,8838	7,8672	8,8506
600	1,1940	2,3880	3,5820	4,7760	5,9700	7,1640	8,3580	9,5520	10,7460
700	1,3355	2,6710	4,0065	5,3420	6,6775	8,0130	9,3485	10,6840	12,0195
750	1,4082	2,8164	4,2246	5,6328	7,0410	8,4492	9,8574	11,2656	12,6738

% del área	Nº de Cables	AREA UTILIZABLE (PULGADAS ²)								
		½"	¾"	1"	1 ½"	2"	3"	4"	5"	6"
53	1	0,16	0,28	0,46	1,08	1,78	3,91	6,74	10,60	15,31
31	2	0,09	0,16	0,27	0,63	1,04	2,29	3,94	6,20	8,96
41	3 ó más	0,12	0,21	0,34	0,82	1,34	2,95	5,09	8,00	11,56

Fuente: COVENIN (2004)

A4. 3 Número máximo de conductores en cajas normalizadas COVENIN 2004.

Tipo	Dimensiones (1)						#14	#12	#10	#8	
	Pulgadas			Centímetros							
	h	Dc	v	h	Dc	v					
PROFUNDA (h ≥ 3,81 cm.)*	Octogonal	1 ½	3 ¼	10,9	3,81	8,25	178,7	5	4	4	3
		1 ½	3 ½	11,9	3,81	8,89	195,0	5	5	4	3
		1 ½	4	17,1	3,81	10,16	280,3	8	7	6	5
		2 1/8	4	23,6	5,40	10,16	386,8	11	10	9	7
	Cuadrada	1 ½	4	22,6	3,81	10,16	370,4	11	10	9	7
		2 1/8	4	31,9	5,40	10,16	522,8	15	14	12	10
		1 ½	4 11/16	32,2	3,81	11,90	527,8	16	14	12	10
		2 1/8	4 11/16	46,4	5,40	11,90	760,5	23	20	18	15
	Dispositivos	1 ½	3x2	7,9	3,81	7,62x5,08	129,5	3	3	3	2
		2 ¼	3x2	10,7	5,08	7,62x5,08	175,4	5	4	4	3
		2	3x2	11,3	5,71	7,62x5,08	185,2	5	5	4	3
		2 ½	3x2	13	6,35	7,62x5,08	213,1	6	5	5	4
		2 ¾	3x2	14,6	6,99	7,62x5,08	239,3	7	6	5	4
		3 ½	3x2	18,3	8,89	7,62x5,08	300,0	9	8	7	6
		1 ½	4x2 1/8	11,1	3,81	10,16x5,40	182,0	5	4	4	3
1 7/8		4x2 1/8	13,9	4,76	10,16x5,40	227,8	6	6	5	4	
2 1/8	4x2 1/8	15,6	5,40	10,16x5,40	255,7	7	6	6	5		
POCO PROFUNDA (h < 3,81 cm.)		3 ¼			8,25		4	4	3	-	
		4			10,16		6	6	4	-	
	1 ¼	4x4		3,17	10,16 x 10,16		9	7	6	-	
		4 11/16			11,90		8	6	6	-	

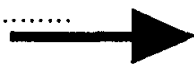
(1) Tamaño comercial

h: Profundidad

Dc: Dimensión característica

V: Volumen útil

Para otras combinaciones que no figuran en la tabla se aplicará:.....



* Cuando sean usadas como cajas de paso y empalme regirá el Art. 370-18 CEN

Calibre del conductor	Espacio necesario en la caja por cada conductor	
	Pulg. ³	cm ³
#14 NORVEN	2,00	32,8
#12	2,25	36,9
#10	2,50	40,9
#8	3,00	49,2
#6	5,00	81,8

Fuente: COVENIN (2004)

A5. 1 Densidad de carga de alumbrado general de acuerdo al tipo de Local

Tipo de Local	Carga Unitaria en Vatios por m ²
Auditorios	10
Bancos	35**
Barberías, peluquerías y salones de belleza	30
Iglesias	10
Clubes o casinos	20
Tribunales	20
* Unidades de vivienda	30
Garajes comerciales	5
Hospitales	20*
* Hoteles y moteles incluyendo apartamentos sin cocina	20
Inmuebles comerciales e industriales	20
Hospedajes	15
Inmuebles de oficinas	35**
Restaurantes	20
Escuelas	30
Tiendas	30
Depósitos	2.5
Para locales citados y con excepción de las viviendas unifamiliares y apartamentos individuales de viviendas multifamiliares, se aplicará lo siguiente	
Sala de reuniones y auditorios	10
Recibos, corredores y roperos	5
Espacios para almacenamiento	2.5

Fuente: COVENIN (2004)

-Todos los tomacorrientes de 20 A o menos en viviendas unifamiliares, multifamiliares y habitaciones de hoteles y moteles pueden considerarse como salidas para iluminación general y no es necesario incluir carga adicional alguna para ellos, se exceptúan los tomacorrientes especificados en el artículo 220-3b.

- Cuando la cantidad real de tomacorriente de uso general es desconocida, se incluirá 10 W/m² adicionales por ese concepto.

A5. 2 Factores de demanda para alimentadores con cargas de alumbrado, tomas de uso general y lavadero

Tipo de Local	Parte de la carga de iluminación a la que se aplica el factor de demanda (en Voltampere)	Factor de Demanda %
Unidades de vivienda	Primeros 3.000 o menos	100
	De 3.001 a 120.000	35
	A partir de 120.000	25
Hospitales*	Primeros 50.000 ó menos	40
	A partir de 50.000	20
Hoteles y moteles, incluyendo los de apartamentos sin previsión para que los inquilinos cocinen*	Primeros 20.000 ó menos	50
	De 20.001 a 100.000	40
	A partir de 100.000	30
Almacenes, depósitos	Primeros 12.500 ó menos	100
	A partir de 12.500	50
Todos los demás	Total de Voltampere	100

Fuente: COVENIN (2004)

Los factores de demanda de esta tabla no se aplican a la carga de los alimentadores de las áreas de hospitales, hoteles y moteles donde toda la iluminación pueda estar utilizada al mismo tiempo, como quirófanos, comedores y sala de baile.

A5.3 Capacidades de corriente normalizada para protecciones eléctricas

CAPACIDAD NORMALIZADA EN AMPERES
15 – 20 – 25 30 – 35 – 40 – 45 50 – 60 – 70 – 80 – 90
100 – 110 – 125 – 150 – 175 – 200 – 225 – 300 – 350 – 400 – 450
500 – 600 – 700 – 800 – 100 – 1.200 – 1.600
2.000 – 2.500 – 3.000 – 4.000 – 5.000 – 6.000

Fuente: COVENIN (2004)

www.bdigital.ula.ve