



**UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRICA
DEPARTAMENTO DE POTENCIA**



**ANALISIS COMPARATIVO TECNICO Y ECONOMICO
DE DIFERENTES PROPUESTAS DE UN PROYECTO DE
ELECTRIFICACION PARA UN DESARROLLO
HABITACIONAL UNIFAMILIAR**

PEDRO J. PARADA R.

RONALD E. PARADA H.

VALENCIA, JUNIO DE 2012



**UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRIC.
DEPARTAMENTO DE POTENCIA**



**ANALISIS COMPARATIVO TECNICO Y ECONOMICO
DE DIFERENTES PROPUESTAS DE UN PROYECTO DE
ELECTRIFICACION PARA UN DESARROLLO
HABITACIONAL UNIFAMILIAR**

**TRABAJO ESPECIAL DE GRADO PRESENTADO ANTE
LA ILUSTRE UNIVERSIDAD DE CARABOBO PARA
OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO ELECTRICISTA**

PEDRO J. PARADA R.

RONALD E. PARADA H.

VALENCIA, JUNIO DE 2012

**UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRICA
DEPARTAMENTO DE POTENCIA**

CERTIFICADO DE APROBACION

Los abajo firmantes miembros del jurado asignado para evaluar el trabajo especial de grado titulado “ANALISIS COMPARATIVO TECNICO Y ECONOMICO DE DIFERENTES PROPUESTAS DE UN PROYECTO DE ELECTRIFICACION PARA UN DESARROLLO HABITACIONAL UNIFAMILIAR” realizado por los bachilleres: Pedro J. Parada R. Cédula de identidad: 5.389.398, Ronald E. Parada H. Cédula de identidad: 17.282.681, hacemos constar que hemos revisado y aprobado dicho trabajo.

Prof. Leopoldo Romero
TUTOR

Prof. José Raga
JURADO

Prof. Juan Carlos Ataya
JURADO

Valencia, Junio de 2012.



INDICE

INDICE----- I
INTRODUCCION ----- III
CAPÍTULO I ----- 1
1.1 TITULO----- 1
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA----- 1
1.3 JUSTIFICACION----- 3
1.4 OBJETIVOS ----- 5
 1.4.1 Objetivo General ----- 5
 1.4.2 Objetivos Específicos----- 5
1.5 ALCANCE ----- 6
1.6 RESULTADOS ESPERADOS ----- 7
CAPITULO II ----- 8
MARCO TEORICO ----- 8
2.1 ANTECEDENTES ----- 8
2.2 BASES TEORICAS----- 19
2.3 DEFINICION DE TERMINOS----- 34
CAPITULO III ----- 43
MARCO METODOLOGICO ----- 43
3.1 TIPO DE INVESTIGACION ----- 43
3.2 AREA DE LA INVESTIGACION ----- 44
3.3 PROCEDIMIENTO DE LA INVESTIGACION ----- 45
3.4 METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION ----- 46
3.5 TECNICAS DE RECOPIACION Y ANALISIS DE DATOS ----- 47
3.6 FLUJOGRAMA DE FASES DE LA INVESTIGACION----- 49
CAPITULO IV ----- 50
DISEÑO DE LA ALIMENTACION ELECTRICA----- 50
4.1 CALCULO DE LA DEMANDA ----- 50
 4.1.1 Descripción del Conjunto Residencial-----50
 4.1.2 Normas y Criterios Generales del Proyecto de Electrificación-----51



4.1.3	Descripción del Proyecto de Electrificación	52
4.1.4	Estimación de la Demanda Energética Residencial	54
4.1.5	Diseño de la Iluminación Exterior	63
4.1.6	Diseño del Sistema Hidroneumático	70
4.2	DIMENSIONAMIENTO DE LA SUBESTACION DE TRANSFORMACION	71
4.3	PRESENTACION DE LAS OPCIONES DE ALIMENTACION	72
4.3.1	Alta Tensión Subterránea, Baja Tensión Subterránea	75
4.3.2	Alta Tensión Subterránea, Baja Tensión Aérea	100
4.3.3	Alta Tensión Aérea, Baja Tensión Subterránea	133
4.3.4	Alta Tensión Aérea, Baja Tensión Aérea	157
4.4	CUADROS DE COMPARACION TECNICA	187
4.5	CUADROS DE COMPARACION ECONOMICA	191
4.6	VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE CADA PROPUESTA	199
CAPITULO V		201
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		201
5.1	CONCLUSIONES	201
5.2	RECOMENDACIONES	203
BIBLIOGRAFIA		205



INTRODUCCION

En la actualidad se presenta un gran déficit habitacional en nuestro país lo cual demanda un gran aumento en cuanto a la construcción de desarrollos habitacionales. A medida que estos desarrollos habitacionales se llevan a cabo, junto a ellos se exige la realización de un proyecto de electrificación adecuado para ellos, de manera de distribuir la energía eléctrica que estas nuevas viviendas demandan.

En la búsqueda de optimizar esta distribución de energía se presenta una investigación donde se analiza a nivel técnico y a nivel económico el impacto de cada una de las secciones principales de un proyecto de una red de distribución para un complejo de viviendas unifamiliares.

El presente trabajo pretende realizar un estudio sobre como afecta económicamente en las obras de construcción habitacional la electrificación de los complejos y las distintas formas de entregar la energía eléctrica en los niveles de tensión adecuados para el consumo residencial. Se analizan las propuestas que más se adapten a la actual demanda energética y a los dispositivos y materiales existentes en el mercado.

Además se analiza el impacto técnico de cada una de estas propuestas en cuanto a durabilidad, seguridad y confiabilidad y posteriormente se concluye sobre las mejores opciones según sea el caso requerido.

Este trabajo se dividió en cinco capítulos organizados de la siguiente manera:

Capítulo I: En este capítulo se presenta el tema como tal, se introduce a la problemática, se justifica la importancia de la investigación y se puntualiza el alcance que tendrá el trabajo de grado presentado.



Capítulo II: Se refiere a las bases teóricas utilizadas en el estudio eléctrico; En este se definen los términos que serán empleados durante la redacción de este ejemplar, se explica en qué consiste y como está conformado el sistema eléctrico que distribuye la energía a nivel residencial, y se presentan tablas de los niveles de tensión normalizados por las empresas que realizan la distribución de la energía.

Se hace referencia a los títulos de trabajos que han servido de base para realizar el presente trabajo, tomando en cuenta la fecha de su publicación y mencionando tanto la relevancia de la publicación como el aporte que brinda en este caso específico.

También se presentan las bases teóricas sobre las cuales se realizan los cálculos para los diseños que se proponen en la presente investigación.

Otro tópico importante que se desarrolla en este capítulo muestra la manera correcta de presentar un proyecto de electrificación donde se describen cada una de sus partes y el orden en el cual se han de desarrollar para lograr un equilibrio de coexistencia y una presentación final clara y comprensible.

Capítulo III: En esta sección se describen los diferentes métodos que se utilizaron para cumplir con los objetivos de este estudio y se indica a través de un diagrama el proceso que se sigue para llevar a cabo el trabajo y llegar a las conclusiones pertinentes.

Capítulo IV: Se presentan los cálculos, resultados y análisis obtenidos para cada uno de los objetivos cumplidos. Se muestran las tablas comparativas y se presentan los datos recopilados a lo largo de la investigación.

Capítulo V: Por último se presentan las conclusiones y recomendaciones que se han obtenido luego de culminar la investigación logrando a cabalidad el cumplimiento de los objetivos propuestos y desarrollando análisis sobre los resultados finales obtenidos.



CAPÍTULO I

1.1 TITULO

Análisis comparativo técnico y económico de diferentes propuestas de un proyecto de electrificación para un desarrollo habitacional unifamiliar.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la actualidad el crecimiento poblacional obliga al desarrollo habitacional, este a su vez requiere crecimiento en el ámbito energético ya que es de suma importancia poder cumplir con la demanda de energía eléctrica que las nuevas construcciones exigen.

Si bien el crecimiento energético en el ámbito de generación y transmisión es necesario, será enfocado dicho trabajo en lo que respecta al marco de la red de distribución. Si se evalúa adecuadamente el diseño de la alimentación a estas nuevas áreas de construcción para la solución habitacional se podrán minimizar las pérdidas y de esta manera optimizar el sistema eléctrico nacional y regional.

Hasta hace poco tiempo las instalaciones eléctricas a nivel residencial, en cuanto a distribución y emplazamiento de las mismas se hacían de modo aéreo en su totalidad. Este tipo de



instalaciones son susceptibles a fallar debido a numerosos factores que dañan dichas instalaciones (el clima, el robo de los dispositivos que la componen, los choques de automóviles, los animales de la zona, entre otros). Esto revela que las instalaciones aéreas no son del todo confiables para prestar un servicio eléctrico íntegro y continuo.

En la actualidad y debido a que los sistemas aéreos no son confiables por las razones anteriormente expuestas, se llevan a cabo instalaciones subterráneas, donde la energía eléctrica es transportada mediante cables que se colocan en ductos o tuberías envueltas en concreto. Las subestaciones de transformadores de distribución también han sufrido modificaciones, se comienzan a implementar transformadores trifásicos, tanto de pedestal (instalados a ras de suelo), como otros sumergibles (instalados bajo tierra). Estas instalaciones se presentan más confiables que las aéreas.

Si bien están claras las diferencias entre ambos tipos de instalaciones, además de estar muy claras las ventajas de las subterráneas sobre las aéreas, ¿Por qué se siguen realizando estas? La respuesta la encontramos en el ámbito económico, ya que resulta mucho más módico el realizar una instalación aérea para llevar la energía eléctrica a los lugares requeridos.

Entonces el dilema está en verificar lo que conviene ejecutar realmente a largo plazo, si una instalación aérea, mas económica en un principio pero que requerirá de un mayor mantenimiento en el futuro, o una instalación subterránea la cual resulta más costosa inicialmente, pero que a largo plazo requiere menor mantenimiento. Para encontrar dichas respuestas se tiene que realizar



un análisis económico proyectado para evaluar la alternativa más conveniente sin perder el propósito, que es ofrecer un servicio eléctrico continuo y confiable, que pueda satisfacer la demanda de dicho desarrollo habitacional dejando reserva para posibles ampliaciones futuras.

Otro punto importante es que las instalaciones no tienen que implementarse netamente áreas o subterráneas, se pueden implementar híbridos entre ambas tomando en cuenta la evaluación económica para encontrar la opción más factible a implementar.

El diseño de un proyecto eléctrico se lleva a cabo en sentido inverso a su implementación ya que se inicia con un estudio de las cargas individuales y luego todas ellas se van sumando y al totalizarse hacen una demanda total. Para un proyectista es difícil determinar o visualizar en un principio el resultado final de su estudio y por ende las decisiones a tomar acerca del tipo de alimentación más adecuado en su caso específico. Con esta investigación se busca orientar al proyectista en lo que respecta a este tipo de decisiones, que comúnmente se deben tomar antes de tener realizada una parte del diseño que se los facilite.

1.3 JUSTIFICACION

Actualmente Venezuela presenta un déficit habitacional bastante grande, lo que implica la construcción de viviendas a pasos agigantados y en su mayoría de interés social, el desarrollo energético en las áreas de construcción se ve inminente lo cual es un tema bastante necesario en



estos tiempos. Haciendo a un lado el desarrollo energético a nivel de generación y transmisión es necesario un buen desarrollo de las redes de distribución para lograr llevar buena calidad de energía a las nuevas áreas habitacionales.

En el mismo orden de ideas se toma como consideración que se deben suplir dichas exigencias con el menor costo monetario posible sin descuidar la calidad del servicio, esto requiere de un estudio con el cual los proyectistas encargados del diseño energético para estos nuevos urbanismos puedan determinar con anterioridad cual será la mejor opción para el desarrollo de dichas instalaciones. De esta manera se pueden realizar avances en la ejecución de las obras, lo cual produce mayor rapidez en su culminación y mayor eficiencia disminuyendo así los gastos a nivel económico.

Hoy en día los proyectistas toman este tipo de decisiones mayormente apegados a su experiencia previa y a las necesidades técnicas de lo que se desea desarrollar. Si bien esto representa la opción más viable, sus decisiones son tomadas en base a criterios propios desarrollados a través del tiempo por los trabajos previamente realizados. Esta investigación ofrece una comparación bien fundamentada entre diferentes diseños de un mismo proyecto, evaluado desde un punto de vista técnico y económico, lo cual otorga al proyectista una base para comparar lo que sería de su creación si pusiese de manifiesto otros criterios, nuevos o no para el. Esto sería de gran utilidad para aquellos que aun no poseen vasta experiencia y donde el proyecto a realizar tenga limitaciones tanto por la ubicación, dimensiones o geografía del mismo como también por su presupuesto.



En la línea de dicha investigación asociamos, el cálculo de la demanda total, el diseño de las redes de distribución a partir de la red de alta tensión (13.8 KV), el cálculo de los conductores, las bancadas y ductos y la iluminación exterior, como tópicos del área de la ingeniería eléctrica en la rama de potencia.

Este trabajo podrá ser ampliado proyectando a futuro el presupuesto final de cada una de las opciones presentadas, convirtiéndose en un modelo de proyecto completo para una obra de larga duración. La persona que lleve a cabo esta extensión no necesitará tener conocimiento técnico en el área de la ingeniería eléctrica y solo desarrollará una proyección económica en los años que se desee.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo General

- Establecer comparaciones técnicas y económicas entre las distintas formas de electrificación implementadas en la actualidad para llevar energía eléctrica a zonas residenciales.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Calcular la demanda total que será instalada en el desarrollo habitacional, realizando el diseño de la iluminación y fuerza; seleccionando cables, conductores, lámparas, entre otros, definiendo la bancada y las subestaciones de transformación.



- Definir las distintas presentaciones u opciones del diseño para destacar las diferencias en la implementación técnica y económica que existen entre ellas.
- Elaborar los planos eléctricos de iluminación y fuerza, tomando en cuenta la simbología y normativa vigente, de cada una de las presentaciones definidas.
- Obtener los cálculos métricos de cada uno de los diseños y elaborar un presupuesto detallado con análisis de precio unitario de cada uno de ellos.
- Evaluar las partidas del presupuesto para detallar las diferencias existentes entre los diseños presentados y determinar la mejor opción tentativa a implementar a través de sus respectivos análisis de precio unitario.
- Calificar cada una de las opciones y elaborar un cuadro comparativo con ventajas y desventajas en diversas áreas de estudio.

1.5 ALCANCE

Para los fines de esta investigación se realizara el estudio para un urbanismo privado cerrado, en un conjunto de 38 viviendas unifamiliares. Las parcelas por vivienda son de 230 m², el terreno total es de 13262 m² y está ubicado en el municipio San Diego del estado Carabobo. Según la gaceta municipal, el plan de desarrollo urbano local de San Diego 2000 (PDUL de San Diego), dicta que la zona urbanística será tipo ND4 (nuevos desarrollos tipo 4).

La investigación se limitará a la elaboración del proyecto eléctrico completo del urbanismo seleccionado, el cual incluye, el cálculo de la demanda, la selección de los



conductores, tableros y las unidades de transformación necesarios para cubrir dicha demanda. Se plantearán distintos diseños de dicho proyecto para evaluar la opción más factible técnica y económicamente, haciendo híbridos entre instalaciones aéreas y subterráneas. En esta investigación se presupuestan las opciones presentadas y se realiza una evaluación de ellas sin realizar proyecciones económicas a futuro.

1.6 RESULTADOS ESPERADOS

Se espera determinar los modelos para diseñar las redes de distribución y subestaciones de transformación para alimentar los urbanismos de viviendas unifamiliares. Realizar combinaciones entre instalaciones aéreas y subterráneas señalando las ventajas y desventajas de cada una de ellas y estableciendo las diferencias para definir la mejor opción.

Con la realización de este trabajo se espera orientar a los proyectistas a la hora de tomar sus decisiones, mediante el uso de los cuadros comparativos presentados, ayudándolos a innovar en sus criterios de diseño, tomando en cuenta los aspectos más convenientes desde diversos puntos de vista.



CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1 ANTECEDENTES

1.- *Harper, Enríquez Gilberto “Fundamentos de Instalaciones Eléctricas y Alta Tensión”.* *Limusa México, 1996.* A lo largo de este libro se muestran especificaciones y normas técnicas para las instalaciones eléctricas y se incluyen ejemplos de aplicación con datos actualizados. Se presentan conceptos elementales y se ejemplifican con cálculos matemáticos y físicos. Se muestra la metodología para el diseño de instalaciones eléctricas.

Aporte: En este trabajo se mencionarán conceptos básicos descritos en dicho libro y se utilizarán ciertas modalidades de diseño y cálculos que especifica el mismo.

2.- *Oswaldo Penissi. “Canalizaciones Eléctricas Residenciales”.* *Valencia Venezuela. Sexta Edición. 1998.* Se expone en forma sencilla las herramientas necesarias, para resolver los problemas frecuentes que se presentan en los proyectos de las canalizaciones eléctricas residenciales.

Aporte: El desarrollo de técnicas y procedimientos para la resolución de problemas que se presentan en los proyectos eléctricos, para viviendas de tipo residencial y que perfectamente



pueden ser aplicados a edificaciones de tipo comercial, educacional, industrial y asistencial entre otros.

3.- José A. Gómez M. “Estudio de Cortocircuito y Coordinación de Protecciones en Edificios Bancarios con Generación Propia”. Caracas. Venezuela. Abril 2003.

Basado en un estudio amplio y complejo que se fundamentó principalmente en los niveles de cortocircuito y coordinación de protecciones eléctricas en edificios con generación propia, específicamente ubicado en las oficinas de INTEL SYSTEMS 2000 Caracas Venezuela, se derivaron nuevas propuestas debido a las fallas que se registraban continuamente en dicho lugar, trayendo como consecuencias pérdida de energía eléctrica. Por medio de dicho proyecto el autor plantea soluciones y recomendaciones necesarias en cuanto al dimensionamiento y ajuste de interruptores con la finalidad de optimizar y garantizar una coordinación de protecciones que ofrezca una buena selectividad y sensibilidad ante posibles eventos de fallas en el sistema eléctrico del edificio. A través de la estructura de estudio se extrajo una serie de conclusiones preliminares que dieron pie a un buen funcionamiento del sistema de protecciones, un sistema bien dimensionado ante corrientes de fallas, eficientes y selectivos interruptores y una continuidad en el servicio eléctrico para el funcionamiento de las bases de datos de los servidores y computadores de la entidad bancaria donde se desarrolló dicho proyecto. Estas conclusiones fueron un gran aporte para un mejor funcionamiento en instalaciones eléctricas presentes y futuras.

Aporte: El aporte que deja a esta investigación se sustenta en las nuevas técnicas para coordinación de protecciones planteadas por el autor, en esta investigación se deberá realizar una



coordinación de protecciones desde las acometidas internas de las viviendas hasta la subestación de transformación, que se planteará tomando en cuenta las conclusiones presentadas en el tema.

4.- Susana J. Manrique V. “Remodelación de las Instalaciones Eléctricas del Aeropuerto:

Alberto Carnevali- Mérida” Mérida Venezuela. Octubre, 2003. En este proyecto la autora

hace énfasis principalmente a las aplicaciones de instalaciones eléctricas para dar solución a la problemática que se plantea en dicho trabajo, el cual radica en graves problemas que presentaban las instalaciones eléctricas en el aeropuerto tales como irregularidades de sobrecarga, desbalance y calibres de conductores no adecuados en sus alimentadores y tableros. Tal problemática dio origen a que el estudio se rigiera por las medidas de tensión, corriente y potencia en sus tableros y sub-tableros. La metodología que se utilizó fue la de levantamientos de cargas actuales, la revisión de planos, y el cálculo de las medidas obtenidas en el levantamiento. Estas técnicas arrojaron como conclusión que se debe equilibrar los sistemas eléctricos actuales con miras a futuro, también un cambio de la bancada de transformadores actual y una reestructuración de todos los sistemas eléctricos que los conforman, para así de esta manera evitar un problema mayor que afecte a los sistemas eléctricos y a la colectividad en general. Este tema de estudio tiene relación con el proyecto a desarrollar en el área de las instalaciones eléctricas y sus diferentes maneras de estructurarlas e instalarlas.

Aporte: El aporte de dicha investigación radica en el hecho de que en este estudio se debe realizar un balance de cargas adecuado para poder presentar el rendimiento óptimo del servicio a prestar por la empresa distribuidora de la energía. Se tomará en cuenta durante la elaboración de



dicho proyecto las consideraciones prestadas para el correcto balance de las cargas que demanda este proyecto.

5.- FONDONORMA - CODELECTRA. “Código Eléctrico Nacional”. Venezuela.

Fondonorma 200:2004. La estandarización de todos los procedimientos, materiales e instalaciones tiene una importancia vital para los proyectos y ejecución de las obras de electrificación. Todas estas normas tienen como finalidad crear las condiciones que permitan tener instalaciones eléctricas seguras, eficientes y similares para facilitar las inspecciones de seguridad reglamentarias.

Aporte: Permite establecer los parámetros necesarios a la hora de la realización de un proyecto eléctrico, y nos indica las normativas requeridas para diseñar una instalación segura y eficiente.

6.- Orlene C. Aldana B. y German A. Cortés C. “Evaluación y Diseño de un Sistema de Alimentación Eléctrica en un nivel de tensión de 13,8 KV como Respaldo a las Plantas Compresoras de PDVSA-GAS (Anaco)”. Valencia Venezuela. Marzo, 2005.

Se realizó un levantamiento eléctrico de las plantas compresoras de PDVSA-GAS (Anaco) y se evalúa la calidad del sistema tomando en cuenta las fallas, interrupciones periódicas y no periódicas, y toda la información histórica presentada por la compañía desde enero a diciembre de 2004.

Luego de esto se realiza el análisis de estos datos históricos y se presentan planteamientos para dar con las posibles soluciones a estas interrupciones. Se presentan las distintas alternativas d



alimentación tomando en cuenta la confiabilidad, economía, aprovechamiento de las instalaciones eléctricas existentes y las rutas de acceso al sistema.

Por último se comparan las distintas alternativas presentadas y se seleccionan las más convenientes entre ellas según cada caso.

Aporte: El trabajo contiene elementos de interés para esta investigación desde la perspectiva de una evaluación técnica de alternativas. Se describen procesos y técnicas utilizadas para la evaluación y selección, esto resulta de interés a la hora de comparar las redes de distribución a nivel técnico, lo cual es una de las secciones de este trabajo.

También posee ciertos conceptos útiles para el desarrollo de la investigación los cuales serán verificados y utilizados en el presente trabajo.

7.- Gómez Simón. “Propuesta de Plan de Expansión mediante la revisión de Alternativas de Alimentación de la Demanda Potencial a corto, mediano y largo plazo del eje Guacara del Estado Carabobo”. Valencia Venezuela. Marzo, 2007.

En este trabajo se evalúa la demanda eléctrica actual y se realizan predicciones de la demanda a futuro. Esto se realiza utilizando ciertas herramientas teóricas y métodos cuantitativos y cualitativos de naturaleza univariable y multivariable.

Luego de recolectar toda esta información teórica y técnica, se definen los criterios operativos para realizar el diseño de las nuevas instalaciones y presentar las distintas alternativas para la expansión del sistema, las cuales deberán suplir la demanda energética requerida a futuro.

Por último se evalúan las alternativas y se realiza la elección que deberá resolver la problemática existente y se presenta el proyecto de la expansión que cubrirá con la demanda solicitada.



Aporte: La investigación citada contiene herramientas para la evaluación de sistemas de distribución, pieza fundamental en la presente investigación. Contiene criterios operativos de gran utilidad a la hora de realizar una propuesta factible para la alimentación eléctrica de una zona residencial, donde se incluyen las subestaciones de transformación, lo cual es la base de esta investigación.

8.- Jorge E. Monzón R. y Jesús A. Utrera “Estudio de sistema Eléctrico de la policlínica El Morro”. Valencia Venezuela. Febrero, 2007. El siguiente estudio tiene por objetivo analizar y evaluar en que condiciones se encuentra el sistema eléctrico de la POLICLINICA EL MORRO C.A., se presentan los diagramas unifilares actualizados de la institución, se evalúan los niveles de cortocircuito y se verifican las capacidades de interrupción de los equipos de protección. Se evalúa el sistema de puesta a tierra y descargas atmosféricas. Se evalúan las áreas de cuidado crítico y cuidado general para determinar las deficiencias que presentan con respecto a los requerimientos establecidos en normas. En este proyecto se presentan recomendaciones para garantizar el buen funcionamiento del sistema eléctrico conjuntamente con los diagramas unifilares, de la propuesta, de manera tal que la policlínica cuente con la documentación necesaria para la implementación del mismo, en caso de que decidan hacerlo.

Aporte: aunque en este estudio no se evalúan instalaciones residenciales, nos proporciona una amplia explicación acerca de cómo evaluar los niveles de cortocircuito, detectar y presentar los diagramas unifilares, y los sistemas de puesta a tierra y descargas atmosféricas. Estos aspectos son de gran importancia en la investigación presente.



9.- Jessika D. Yamoza R. *“Estudio de Protecciones en el Sistema de Distribución de la C.A. Elegua Filial de la E.D.C.” Caracas Venezuela. Abril, 2007.* Las instalaciones de los circuitos aéreos necesitan de diferentes aplicaciones y mantenimientos para su buen funcionamiento. En el estudio que se está planteando se basa en realizar una profunda investigación sobre la protección contra sobrecorriente en la red de distribución de circuitos aéreos. La metodología empleada en dicha investigación se fundamentó en una selección de circuitos primarios, en una ubicación de equipos de protección contra sobrecorriente y una coordinación general de los equipos de protección. Por medio del estudio se concluye que para un mejor funcionamiento y cumplimiento de servicios se deben ejecutar una serie de estrategias para mejorar las condiciones de operación y disminuir la energía interrumpida durante fallas, garantizando de esta manera un una mejor calidad del servicio eléctrico. El aporte que ofrece este estudio a la nueva investigación es el de las técnicas que se deben aplicar al realizar instalaciones de circuitos aéreos, ya que su instalación es de forma distinta a los otros circuitos.

Aporte: Esta investigación aporta nuevas técnicas a la hora de plantear una solución aérea a la demanda de cargas en distintas zonas, en esta investigación se utilizará la información suministrada para tomar criterios a la hora de presentar circuitos aéreos y como plantear su mantenimiento.

10.- Erik H. Sulbaran V. *“Estudio del Sistema Eléctrico del Edificio de Gestión y Control Integral Proyecto Gas-Anaco” Mérida Venezuela. Marzo, 2008.* En el presente proyecto expuesto se estudio el manejo y diseño de instalaciones eléctricas en sistemas de red de comunicación para un mejor manejo y empleo en centros operativos adecuados para los edificios



de gestión y control integral, dedicados a la explotación del gas natural. Para que se ejecute mejor esta labor se realizaron estudios de flujo de carga con lo cual se modeló el sistema, verificando que los valores de caída de tensión, corriente en barras y circuitos ramales se enmarquen en los límites previstos por las normas y el cálculo previo del diseño. Para finalizar dicho proyecto se diseñaron una malla puesta a tierra y un sistema de protección contra descargas atmosféricas, de esta manera se garantiza mayor seguridad a las personas que trabajan en dichas zonas. Por medio de este estudio se estableció un parámetro de comparación con los diferentes métodos para un mejor desempeño de los circuitos eléctricos ya sean para instalaciones de tierra o aéreas.

Aporte: En dicha investigación se enmarca de forma completa y diversa la manera de solucionar los problemas de sobretensión y sobrecorriente en circuitos tanto aéreos como subterráneos, para esta investigación es de suma importancia la información señalada en este trabajo ya que se deben realizar este tipo de procedimientos para lograr una máxima eficacia y fiabilidad del sistema evitando la mayor cantidad de interrupciones.

11.- Amarelis Vielma. *“Auditoria Técnica de las Instalaciones Eléctricas de la Torre Sur de los Edificios Siemens” Mérida Venezuela. Abril, 2008.* A través de la auditoria se puede analizar el desempeño y funcionamiento que tienen las diferentes instalaciones eléctricas que poseen dichos edificios, plantas, urbanizaciones, entre otros. En el proyecto expuesto se establece como problemática el hecho que se han realizado diversas modificaciones de instalaciones eléctricas en el edificio donde se desarrolla el presente estudio, pero sin ninguna planificación alguna, ocasionando que se dañen algunos equipos o maquinas conectados a la red. Para dar solución a esta problemática se realizaron una serie de diagnostico de las instalaciones tanto del



punto de vista eléctrico como de condición física, a través de la auditoria técnica. Las conclusiones a las que llegaron fueron de aspecto positivas, por una parte la instalación de tableros resulto ser un sistema bastante flexible para colocar nuevas cargas al sistema, evitando sobrecargas en el sistema y fallas en el neutro. Se estableció un sistema de estudios periódicos para analizar el comportamiento de la demanda de la zona donde se realice el proyecto para llevar un registro que permita adecuar y estudiar la sustitución de los equipos de potencia, protección y control a su debido tiempo. Estas soluciones se plantearon con el fin de poder tener una red limpia y pura para automatizar las instalaciones.

Aporte: Para esta investigación es importante tomar en cuenta los aspectos que fueron expuestos en dicha auditoria, ya que es la manera adecuada para evaluar una instalación eléctrica, y que debe ser un aspecto relevante a la hora de realizar un diseño. Y establecer los estudios periódicos pertinentes para realizar cualquier modificación en un futuro, de estos ser requeridos.

12.- Juana L. Zuñiga A “Proyecto de Instalación Eléctrica del Sistema Transmisor de Televisora del Valle de México – Canal 40”. México, D.F. Agosto 2008. Estableciendo una investigación, la autora del trabajo de grado enunciado establece un estudio relacionado con las instalaciones eléctricas enfocado al área de las estaciones transmisoras de televisión en el mismo plantea los conceptos técnicos, básicos, primordiales y fundamentales para dichas instalaciones. Del tema expuesto se concluye que las instalaciones eléctricas deben ser seguras, robustas y a la vez flexibles, cuando dichas instalaciones son del tipo expuesta en el presente proyecto se deben considerar canalizaciones independientes para cada uno de los sistemas existentes para evitar



ruido en audio o video, ya que en este caso no se pueden suspender sus transmisiones, salvo de hechos fortuitos o causas de fuerza mayor.

Aporte: Esta investigación aporta los conceptos básicos que deben ser conocidos a la hora de realizar una instalación eléctrica eficaz, mencionando la importancia técnica de los mismos para la fiabilidad del sistema, detallando cada una de sus componentes y elementos utilizados.

13.- Emiro J Ibarra S. “Diseño de Instalaciones Eléctricas Para el Centro Diagnostico Integral de Especialidades Medicas, PDVSA División Centro Sur, Sector Campo La Mesa, Barinas, Estado Barinas”. Mérida Venezuela. Enero, 2009. Ante diversos cambios que ocurren en la actualidad, y los avances tecnológicos, es necesario que grandes edificaciones que requieren de instalaciones se adapten a ello. En este estudio se hace énfasis en el diseño de instalaciones eléctricas para centros médicos especiales que requieren de la incorporación de nuevas tecnologías para cumplir y establecer altos niveles de seguridad y mejor seguridad para las personas que utilizan el servicio.

El suministro eléctrico en estos centros se ha convertido en un segmento fundamental para el desarrollo de la mayoría de sus actividades por tal motivo el ajuste correcto de instalaciones eléctricas mejora las acciones que se puedan realizar en estos centros. Para un mejor funcionamiento se diseñaron sistemas de iluminación para el mejor desempeño en la labor de los médicos, a su vez mejores quirófanos, sala de emergencias y de parto. A modo de conclusión, el desarrollo de este proyecto dio como resultado especificaciones, detalles, y criterios técnicos, que se utilizaran en las nuevas edificaciones y reestructurar a estos centros de salud pública.



Aporte: El aporte que deja este estudio al que se desarrollará es de gran importancia ya que se deben tomar en cuenta los diferentes lugares donde se realizarán las instalaciones eléctricas, la utilidad de los mismos, la estructura, el tamaño, el lugar entre otros, para realizar el mejor diseño que garantice el correcto funcionamiento del sistema eléctrico y a su vez para mayor y mejor comodidad de los que lo habitan y consumen de este servicio.

14.- PROCOBRE. “Conductores Eléctricos”. Lima Perú. Manual que explica acerca de los conductores eléctricos, su definición, su clasificación, y sus partes. Además se encuentra una explicación del dimensionamiento de los mismos, por el método de la capacidad de corriente y el método de la caída de tensión. Finalmente se describen varios tópicos acerca de cómo realizar una inspección a una instalación eléctrica.

Aporte: Se encuentra en este documento información importante en cuanto a la selección de los conductores a utilizar en la fase de diseño de nuestra investigación y al cálculo de los mismos. También en la fase de comparación y evaluación se tomaran en cuenta criterios mencionados en las descripciones presentadas en dicho manual.



2.2 BASES TEORICAS

Instalación Eléctrica

Se le llama instalación eléctrica al conjunto de elementos que permite transportar y distribuir la energía eléctrica desde el punto de suministro hasta los equipos que la utilizan. Entre estos elementos se incluyen: tableros, interruptores, transformadores, bancos de capacitores, dispositivos sensores, dispositivos de control local o remoto, cables, conexiones, contactos, canalizaciones, soportes, entre otros.

Las instalaciones eléctricas pueden ser aéreas (conductores visibles), canalizadas (en ductos o tubos), ocultas (dentro de paneles o falsos plafones), o ahogadas (en muros, techos o pisos).

Una instalación eléctrica debe distribuir la energía eléctrica a los equipos de una manera segura y eficiente. Además debe ser económica, flexible y de fácil acceso. [1]

Proyecto Eléctrico

Se entiende por Proyecto Eléctrico al conjunto de documentos, planos, gráficos y escritos que definen con precisión el carácter y finalidad de la obra eléctrica y permiten ejecutarla bajo la dirección de un profesional matriculado. [11]

Normalización de un Proyecto Eléctrico

Con la finalidad de que todas las instalaciones eléctricas que se diseñen y construyan cumplan con las condiciones mínimas de seguridad, tanto para las personas como para los bienes



materiales, se ha elaborado el CODIGO ELECTRICO NACIONAL (CEN) que rige los lineamientos de toda obra eléctrica.

Es importante destacar que el CEN no es un manual de diseño, sino un manual de seguridad; los valores que en él figuran, son los mínimos que garantizan la salvaguardia deseada en las instalaciones eléctricas para proteger vidas y bienes materiales. [11]

Especificaciones que debe contener un proyecto eléctrico

Todo proyecto eléctrico debe contener los siguientes requisitos mínimos para su aprobación.

Diagrama Unifilar

En el diagrama unifilar se indican:

- La acometida.
- La subestación, donde se indican las características principales de los equipos que la integran.
- Alimentadores hasta los centros de carga, tableros de fuerza y alumbrado; indicando calibre, tipo de material y aislamiento del conductor.
- Alimentadores y circuitos derivados excepto los controlados desde tableros de alumbrado; indicando calibre, tipo de material y aislamiento del conductor.
- Tipo, capacidad interruptora y rango de ajuste de cada una de las protecciones de los alimentadores principales y derivados.



- Tipo y dimensiones de la canalización empleada en cada alimentador y circuito derivado.

[8]

Cuadro de distribución de cargas

En el cuadro de cargas se indica:

Número de circuitos, fases del circuito; características de los motores o aparatos y sus dispositivos de protección y control, así como la indicación del circuito al que está conectado y el nombre de la máquina o máquinas que accionen; calibre de conductores, diámetro y tipo de canalizaciones y el resumen de cargas indicando el desbalance entre fases expresado en por ciento. [9]

Croquis de localización

Se indica la manzana y las calles circundantes, así como la ubicación del predio dentro de la manzana, número de lote o número oficial, orientación, colonia, población y otras referencias que faciliten su ubicación. [9]

Planos de planta y elevación

Los planos deben contener la siguiente información:

- Localización del punto de acometida, del interruptor general y del equipo principal incluyendo el tablero o tableros generales de distribución.



- Indicar los centros de control de motores, tableros de fuerza, alumbrado y contactos, así como las concentraciones de interruptores.
- Trayectoria horizontal y vertical (cuando exceda 4 metros) de alimentadores y circuitos derivados, tanto de fuerza como de alumbrado; identificar cada uno de los circuitos, indicando calibre de conductor y canalización; localización de contactos y unidades de alumbrado con sus respectivos controladores, así como las cargas del circuito y tablero correspondiente. [9]

Planos de alta tensión

Los planos consideran la siguiente información:

- Subestación eléctrica.

Mostrar el arreglo del equipo eléctrico que integra la subestación, indicando distancias entre cada una de las partes energizadas así como de tierra. Cuando se trate de subestaciones abiertas, indicar la altura de montaje, de cuchillas, interruptores, pararrayos, postes y otros.

Indicar la vista de planta, elevación y detalles de la subestación, mostrando con claridad la acometida del servicio, subidas y bajadas de conductores, cruzamiento entre líneas, instalaciones de aisladores de suspensión, de alfiler de tensores y retenidas, entre otras.

- Trayectoria horizontal y vertical (cuando exceda 4 metros) de alimentadores y circuitos derivados, tanto de fuerza como de alumbrado; identificar cada uno de los circuitos, indicando calibre de conductor y canalización; localización de contactos y unidades de



alumbrado con sus respectivos controladores, así como las cargas del circuito y tablero correspondiente. [9]

Planos de detalles

Los planos de detalles consideran la siguiente información:

- Se debe indicar donde se encuentra, el drenaje, la ventilación, extintores, accesorios de seguridad, accesos del local, cercas protectoras, sistema de tierras, anuncios de peligro, tarima aislante, pendiente en piso, registros, tapas, contenedores de líquido, y unidades de alumbrado normal y de emergencia.
- Mostrar la localización e instalación de conductores en ductos, indicando las características de la tubería, registros, trincheras, acomodo de conductores, factor de relleno, factor de agrupamiento, entre otros.
- Indicar el tipo de pararrayos y su tensión nominal de operación en volts, calibración y ajuste de disparo, así como su capacidad interruptora.
- Cuando se utilicen fusibles se indicarán las características de los mismos como son tensión, si son de expulsión o no, si son limitadores de corriente o de potencia, del tipo indicador, así como el valor del elemento fusible y el valor de su capacidad interruptora.
- Indicar tipo y mecanismo de desconexión e interruptores; tipo y tensión de operación de aisladores utilizados; características de capacitores, puesta a tierra y sus medios de desconexión.



- Indicar la conexión realizada entre el interruptor de alta tensión y el primario del transformador, incluyendo medios de soporte y terminales adecuadas.
- Anotar la capacidad de corto circuito disponible en el punto de suministro, dato que se debe consultar con la compañía suministradora de energía. En zonas de mayor presencia de peligro presentar la capacidad en barras de alimentación en alta y baja tensión e interruptores.
- Anotar los datos de placa del transformador.
- Protecciones contra sobrecorriente.

Indicar el tipo de protección si es fusible anotar el tipo si es de doble elemento, imitador de corriente o del tipo convencional; tensión y corriente nominal; marco y capacidad interruptora en amperes simétricos y tipo de cubierta. En caso de utilizar relevadores se indicará su tipo y rango de ajuste.

- Conductores.

Se debe indicar el calibre, tipo de material, clase de aislamiento y tensión en volts, mencionando si es cable o alambre, así como el tipo y material de sus cubiertas, si cuenta con pantalla semiconductor y otras características.

- Canalizaciones.

Ducto: Indicar el tipo de material, espesor de la pared, recubrimiento, diámetro nominal y si es flexible.

- Motores.

Indicar placa de datos.



Anotar el valor en amperes de la protección contra sobre corriente del motor.

Indicar el medio de desconexión anotando tipo, capacidad y tensión nominal.

Indicar todos los motores que aparecen en el diagrama unifilar, vistas físicas y sus cuadros de carga.

- Para alumbrado y contactores.

Indicar los datos de las luminarias y portalámparas, tipo, tensión nominal; capacidad en watts, pérdidas en watts del balastro o reactor, mencionando el número de lámparas que dependen de cada reactor y si éste es parte integrante del portalámparas o no; especificar el tipo de cubierta, catálogo, marca y toda la información que indique el fabricante de la luminaria.

Los contactores deben indicarse en watts, mencionando el número de fases, especificando si es aterrado o no, si es de falla a tierra, la tensión nominal, tipo de cubierta, marca y catálogo.

- Sistemas de puesta a tierra.

La puesta a tierra del sistema eléctrico y las partes metálicas no conductoras de corriente del equipo eléctrico, pueden representarse en planos o memorias descriptivas, pero en cualquier caso contendrán las características de los electrodos, dimensiones, tipo de material, catálogo y longitud enterrada; especificando el puente de unión que conecta al electrodo con los conductores de tierra, tanto del sistema como del equipo.

Indicar las características del conductor de tierra del sistema, las correspondientes al medio de conexión de los equipos y aparatos al sistema de tierra, señalando las características de los conectores empleados, incluyendo si son de tipo soldable o atornillable; se anotarán los criterios y cálculos, que dieron base a la elección del sistema de puesta a tierra.



Mostrar todos los detalles de registros, empalmes en la malla y la conexión a los equipos.

Incluir notas generales en cada plano. [9]

Elementos de una red de distribución

Los principales elementos componentes de un sistema de distribución son:

- a) Alimentadores primarios de distribución.
- b) Transformadores de distribución.
- c) Alimentadores secundarios.
- d) Acometidas.
- e) Equipo de medición.

Los alimentadores primarios por el número de fases e hilos se pueden clasificar en:

- Trifásicos tres hilos.
- Trifásicos cuatro hilos.
- Monofásicos dos hilos.
- Monofásicos tres hilo.

Los alimentadores primarios trifásicos con tres hilos requieren una menor inversión inicial, en lo que a material del alimentador se refiere, sin embargo debido a que estos sistemas de distribución tienen un coeficiente de aterramiento mayor que uno trifásico cuatro hilos, permiten que los equipos que se instalen en estos sistemas de distribución tengan niveles de aislamiento mayores con costos mayores. Una característica adicional de estos



sistemas es que los transformadores de distribución conectados a estos alimentadores son de neutro flotante en el lado primario.

Por lo que se refiere a detección de fallas de fase a tierra en estos sistemas de distribución es más difícil detectar estas corrientes, en comparación con los sistemas trifásicos cuatro hilos ya que al ser mayor la impedancia de secuencia cero de los alimentadores, las corrientes de falla son menores.

Los alimentadores primarios trifásicos con cuatro hilos requieren una mayor inversión inicial, ya que se agrega el costo del cuarto hilo (neutro) al de los tres hilos de fase, sin embargo debido a que estos sistemas de distribución tienen un coeficiente de aterramiento menor de la unidad, los equipos que se conecten a estos alimentadores requieren de un menor nivel de aislamiento con menor costo de inversión. Estos sistemas se caracterizan por que a ellos se conectan transformadores con el neutro a tierra en el devanado primario y transformadores monofásicos cuya tensión primaria es la existente entre fase y neutro.

En estos sistemas de distribución es más fácil detectar las corrientes de falla de fase a tierra ya que estos pueden regresar por el hilo neutro. [13]



Calculo de caída de tensión

La formula a utilizar en el cálculo es la siguiente según norma:

$$E\% = \frac{kVa * l * (R * \cos(\theta) + X * \text{sen}(\theta))}{10kV^2} \quad (2.1)$$

Donde se debe conocer las siguientes variables:

KVA = Potencia aparente de la carga.

L = Longitud del conductor.

R = Resistencia del conductor.

X = Reactancia del conductor.

Cos (θ) = Factor de potencia.

KV = tensión de alimentación.

(R y X se obtienen de la tabla de conductores normalizados).

Se debe realizar el estudio por caída de tensión para verificar si los conductores fueron seleccionados adecuadamente, comprobando con esto que la caída de tensión no sea excesiva en el sistema eléctrico del edificio y se mantenga dentro de los parámetros establecidos por el manual del Código Eléctrico Nacional.

En el alimentador principal es conveniente que la caída de tensión no sea mayor de 2% en los sub-alimentadores 3% en los circuitos derivados del tablero principal a la carga de consumo, pudiendo ser aceptado un 5% (según criterio del código Eléctrico Nacional). Se puede considerar, que en un circuito que alimenta cualquier tipo de carga, la caída de tensión hasta la salida más



lejana del circuito no debe exceder del 3% como se mencionó anteriormente. (Código eléctrico nacional, 2004). [5]

Determinación de calibres de los conductores

Para verificar el tamaño de los conductores de un circuito alimentador, se debe tomar en cuenta la corriente total de la carga conectada y a partir de este dato se calcula el tamaño el conductor, considerando el cálculo por capacidad de corriente y por caída de tensión, en donde debe ser considerada las especificaciones técnicas establecidas por el Código eléctrico Nacional. (Código eléctrico nacional, 2004).

El tamaño del conductor de la acometida se calcula de la siguiente manera:

$$I_{acom_{alta}} = \frac{\text{Capacidad del transformador (kVA)}}{\sqrt{3} * V_n \text{ (kV)}} \quad (A) \quad (2.2)$$

En los circuitos ramales se selecciona el conductor por capacidad de corriente hallando la corriente de carga, según las norma establecidas por el C.E.N. se tienen las siguientes expresiones:

$$I_{cond} \geq 1,25 I_{carga} \quad (2.3)$$

$$I_{carga(2\phi)} = \frac{\text{Potencia(kVA)}}{Vl} = \frac{\text{Potencia(kW)}}{Vl * fp} \quad (2.4)$$



$$I_{c \text{ arg } a(3\phi)} = \frac{\text{Potencia}(kVA)}{Vl * \sqrt{3}} = \frac{\text{Potencia}(kW)}{Vl * fp * \sqrt{3}} \quad (2.5)$$

Donde Vl es el voltaje de línea y fp el factor de potencia de la carga conectada. [5]

Factor de potencia $f.p.$

Para entender por qué aparece el $f.p.$ en las instalaciones eléctricas, se hace el análisis de los diferentes elementos que constituyen la carga de una instalación, incluyendo su participación en el consumo o aporte de energía.

En las instalaciones eléctricas normalmente se encuentran dispositivos lineales que transforman la energía en calor o en trabajo junto con los elementos inductivos y capacitivos que no desarrollan trabajo alguno como circuitos equivalentes. Entonces prácticamente siempre existe un ángulo entre el voltaje y la corriente que se conoce como ángulo de fase. Es importante hacer notar que este ángulo está medido en el tiempo y no en el espacio. Por lo tanto el $f.p.$ es el factor que debe aplicarse a la potencia aparente para conocer la cantidad de ésta que se está utilizando para producir trabajo y/o calor.

$$P = V * I * \cos(\Phi) \quad (2.6)$$

Donde Φ es el ángulo de fase entre el voltaje y la corriente. [2]

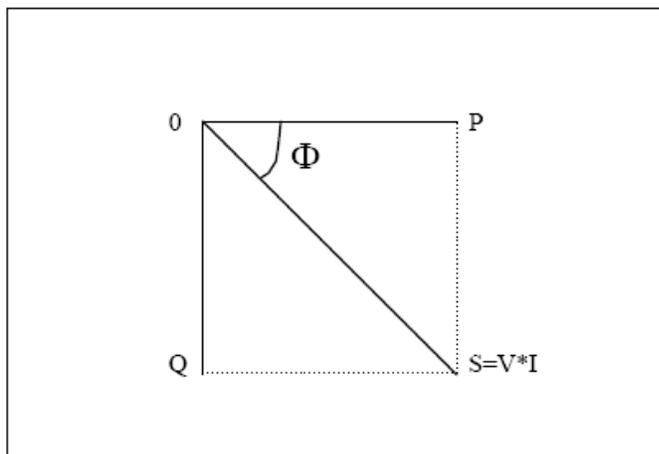


Figura 2.1 Diagrama Vectorial de Potencias. [2]

Potencia Activa: Si se hace circular una corriente directa de valor constante a través de una resistencia (R), la energía se transforma en energía térmica. De acuerdo con la Ley de Joule, la energía calorífica es igual a la potencia por unidad de tiempo.

$$\text{Energía calorífica} = R \cdot I^2 \cdot t = P \cdot t \quad (2.7)$$

A esta potencia P que interviene en el proceso de conversión de energía eléctrica a otra forma de energía, se le conoce como potencia activa. [12]

$$P = R \cdot I^2 \quad (2.8)$$

Potencia Reactiva: A la energía asociada a un capacitor ideal o a un inductor ideal se le conoce como potencia reactiva. [2]



Potencia aparente: Es la combinación de los elementos resistivos, inductivos y capacitivos, por lo que la potencia que se requiere tiene una componente activa y una reactiva. La suma vectorial de estas dos componentes se conoce con el nombre de potencia aparente.

$$S=V*I \quad (2.9)$$

El dimensionamiento de los transformadores se realiza en potencia aparente. [2]

Tabla 2.1 Tensiones Normalizadas Baja Tensión

SERVICIO	NUMERO DE HILOS	TENSION NORMAL (v)	USOS Y APLICACIONES
1Φ	2	120	Residencial
1Φ	3	120/240	Residencial, pequeño comercio y alumbrado público
1Φ	3	240/480	Alumbrado público y Campos deportivos
3Φ	4	208/120	Residencial, comercial, edificaciones públicas y pequeñas industrias, hoteles, hospitales.
3Φ	3	240	Uso restringido en cargas trifásicas balanceadas, bombas línos, etc.
3Φ	4	480/277	Comercial, industrial y edificios públicos.
3Φ	3	600	Industrial en casos especiales.

Tensiones normalizadas por CADAPE en redes de distribución, ampliamente utilizadas en el medio rural y urbano.

Tabla 2.2 Tensiones Normalizadas Alta Tensión

SERVICIO	NUMERO DE HILOS	TENSION NOMINAL EN VOLTIOS
3Φ	3 -	2400
3Φ	3 -	4800
3Φ	- 4	8320 Y/4800
3Φ	- 4	12470 Y/7200
3Φ	3 -	13800 (*)
3Φ	- 4	24000 Y/13800
3Φ	- 4	34500 Y/19920
3Φ	3 -	34500 (*)

Tensiones normalizadas por CADAPE en redes de distribución, ampliamente utilizadas en el medio rural y urbano.



2.3 DEFINICION DE TERMINOS

Accesibilidad al equipo e instalaciones.

Se debe prever el fácil acceso a todos los equipos e instalaciones, dando el espacio requerido para el mantenimiento, supervisión y operación, sin interferir en otros equipos o servicios. [8]

Acometida

Se entiende por acometida el punto donde se hace la conexión entre la red, propiedad de la compañía que suministra la energía y el alimentador que abastece al usuario. También puede entenderse como la línea aérea o subterránea que conecta al usuario a la red eléctrica de donde se va a surtir la energía. [5]

Alimentadores

Circuitos de distribución en media tensión. [3]

Los alimentadores son circuitos que conectan los sub-tableros con los tableros generales, sectoriales y principales, en donde los conductores empleados deben cumplir con lo tipificado en la sección 215 del Código Eléctrico Nacional. [7]



Bajo costo de mantenimiento

Al seleccionar el equipo y la disposición del mismo para una instalación eléctrica, debe cuidarse que el mantenimiento sea el mínimo indispensable, que las refacciones sean de fácil adquisición y económicas, esto redundará en costos de mantenimiento bajos. [6]

Bajo costo inicial

El bajo costo de una instalación es importante, pero al momento de abatirlo se debe tener mucho cuidado de no hacerlo en detrimento de la calidad o de aumentar los costos de operación y mantenimiento. [6]

Caída de tensión

Se llama caída de tensión a la diferencia de voltaje que existe entre el voltaje aplicado al extremo alimentador de una instalación y el obtenido en cualquier otro punto de la misma, cuando está circulando la corriente nominal. [5]

Capacidad para expansión o ampliación

Al momento de proyectar se deben considerar posibles ampliaciones y el sistema debe tener la capacidad suficiente para absorber esta expansión. Si desde la proyección se especifica y se considera un crecimiento a futuro, esto lleva a que en el momento de la expansión, esta resulte más económica en términos generales. [7]



Circuitos Ramales

Son los circuitos que conforman la última parte de las instalaciones eléctricas y están conectados a los dispositivos de protección, su función principal es llevar la energía eléctrica desde los tableros de distribución hasta los dispositivos de conexión. [7]

Confiabilidad de un Sistema

Se define como la probabilidad de que un sistema o un equipo funcione adecuadamente (sin fallas), cuando trabaja en condiciones nominales de operación, durante un tiempo establecido, o de manera permanente. [6]

Cortocircuito

Es un fenómeno eléctrico que ocurre cuando dos puntos de distinto potencial son puestos en contacto entre si, caracterizándose por elevadas corrientes circulantes que llevan al sistema hasta el punto de falla. [1]

Demanda

Se entiende por demanda la carga utilizada, promediada durante un periodo de tiempo determinado. Puede ser uno de los diferentes tipos de potencia: potencia activa, potencia reactiva o potencia aparente y normalmente se expresa en KW, KVA, amperios. Se acostumbra representar la demanda en gráficos. [5]



Desbalance

Es la existencia de asimetría en alguna de las fases de un sistema trifásico. Se debe, en general, a que la carga está conectada fundamentalmente en una de las fases. [6]

Distorsión Armónica

Se caracteriza por una deformación de la señal senoidal del voltaje o la corriente en la alimentación de los equipos, el cual produce que la onda deje de ser perfectamente senoidal. Se debe fundamentalmente a la conexión en el sistema de cargas no lineales, tales como equipos electrónicos, industriales (puentes rectificadores, inversores, variadores de velocidad de motores, arrancadores suave, entre otros), o domiciliarios (televisores, reproductores de video, computadores, entre otros). [6]

Eficiencia

La eficiencia depende del buen funcionamiento de los equipos y de la misma instalación, respetando los datos de placa del fabricante, conectando adecuadamente y suministrando la tensión adecuada. [6]

Elevación de los Voltajes de Neutro y Tierra

Se caracteriza por una diferencia de voltaje entre el neutro y la tierra de un sistema. Se debe fundamentalmente a la circulación de una corriente de gran magnitud por el conductor de neutro o tierra, o bien porque su dimensionamiento es inadecuado. [6]



Factor de Potencia

Es un indicador del correcto aprovechamiento de la energía eléctrica. Puede tomar valores de 0 hasta 1, siendo esta la relación entre la potencia activa (P) y la potencia aparente (S). [3]

Fiabilidad

Dependiendo de la naturaleza de las actividades de la edificación la continuidad del servicio y la confiabilidad del diseño son muy importantes. En caso de interrupción del servicio se puede producir pérdidas ya sea de información o monetarias. [5]

Flexibilidad

El sistema eléctrico debe proyectarse de tal manera que proporcione la flexibilidad requerida en el sistema del que forma parte. La disposición de equipos, tableros e interruptores debe permitir hacer cambios en la instalación eléctrica o realizar mantenimientos, sin interrumpir o afectar otras áreas del sistema. [5]

Fliker o Parpadeo

Se caracteriza por una fluctuación de voltaje que ocasiona el centelleo de la iluminación, y este centelleo es visible por el ojo humano. Se debe a la conexión y desconexión de consumos relevantes, tales como un refrigerador o un aire acondicionado, hornos eléctricos y maquinas de soldadura de arcos, entre otros tantos. [6]



Fusibles

Se puede decir que los fusibles son el elemento de protección más utilizado en las instalaciones eléctricas. Las protecciones fusibles son partes conductoras de cierto metal que con el paso de una determinada corriente, para la cual han sido diseñados, se funden por exceso de temperatura y abren el circuito. Pueden operar en baja y alta tensión, tienen un tiempo de respuesta mayor que la del interruptor automático en casos de cortocircuito. [7]

Impedancia

La impedancia es una magnitud que establece la relación (cociente) entre la tensión y la intensidad de corriente. Tiene especial importancia si la corriente varía en el tiempo, en cuyo caso, ésta, la tensión y la propia impedancia se describen con números complejos o funciones del análisis armónico. Su módulo (a veces impropriamente llamado impedancia) establece la relación entre los valores máximos o los valores eficaces de la tensión y de la corriente. La parte real de la impedancia es la resistencia y su parte imaginaria es la reactancia. [4]

Interruptores

Un interruptor es un dispositivo que está diseñado para abrir o cerrar un circuito eléctrico por el cual está circulando una corriente. Puede utilizarse por medio de desconexión o conexión y, si está provisto de los dispositivos necesarios, también puede cubrir la función de protección contra sobrecargas y/o cortocircuitos. [7]



Seguridad

Al proyectar una instalación eléctrica, se debe tener particular cuidado tanto en las instalaciones como en los equipos que suministran, distribuyen o demandan energía eléctrica, con el objeto de que partes peligrosas queden perfectamente protegidas y sean colocadas en lugares adecuados, para evitar accidentes y salvaguardar la vida de los usuarios. [2]

Simplicidad

La operación debe ser sencilla como sea posible para satisfacer los requerimientos del sistema. [6]

Sistemas de Distribución

Desde las subestaciones ubicadas cerca de las áreas de consumo, el servicio eléctrico es responsabilidad de la compañía suministradora (distribuidora), esta ha de construir y mantener las líneas necesarias para llegar a los clientes y las subestaciones necesarias para transformar los niveles de tensión en los valores nominales de consumo.

Estas líneas, y las instalaciones donde se reduce la tensión hasta los valores utilizables por los usuarios, constituyen la red o el sistema de distribución. Estas líneas e instalaciones pueden ser aéreas o subterráneas. [6]

Es el conjunto de instalaciones desde 34.5 KV hasta 120 V, encargadas de entregar energía eléctrica a los usuarios, en los niveles de tensión normalizados y en las condiciones de seguridad exigidas por las normas. [7]



Sobrecargas

En electricidad se entiende por sobrecargas a las corrientes que exceden el valor nominal. El origen de las sobrecargas es una demanda de potencia mayor que la nominal, o alguna deficiencia en la instalación. [2]

Sobrecorriente

Es una condición que se presenta en un circuito, cuando la corriente que fluye a través del mismo excede a la corriente nominal continua de cualquier componente del sistema. La sobrecorriente puede existir por una sobrecarga, por una falla o por una descarga anormal. [3]

Sub-Estaciones

Son los puntos críticos específicos de un sistema de potencia para el adecuado suministro de electricidad y control de operaciones del sistema.

Están conformadas con el equipamiento necesario para la transformación de los niveles de de tensión para su transmisión a los niveles de tensión para el consumo. [6]

Tableros

El tablero de distribución es un equipo que recibe la energía eléctrica de un circuito y la entrega a varios circuitos, a través de conductores rígidos denominados barras. En los tableros también se colocan los interruptores de protección de todos circuitos. [7]



Transformador

Es una máquina electromagnética que transforma la tensión de un circuito a otro, a través de un flujo magnético, manteniendo los circuitos eléctricamente aislados. La potencia que ingresa al equipo, en el caso de un transformador ideal, es igual a la que se obtiene a la salida, pero en las máquinas reales presentan un pequeño porcentaje de pérdidas, dependiendo de su diseño, material y tamaño, entre otros. En términos generales el transformador se utiliza para cambiar el voltaje de suministro al voltaje requerido. [7]

El transformador eléctrico es un equipo que se utiliza para cambiar el voltaje de suministro al voltaje requerido. En instalaciones grandes (o complejas) pueden necesitarse varios niveles de voltajes, lo que se logra instalando varios transformadores (normalmente agrupados en subestaciones). [2]

Voltaje o Tensión

La tensión, voltaje o diferencia de potencial es una magnitud física que impulsa a los electrones a lo largo de un conductor en un circuito eléctrico cerrado, provocando el flujo de una corriente eléctrica. La diferencia de potencial también se define como el trabajo por unidad de carga ejercido por el campo eléctrico, sobre una partícula cargada, para moverla de un lugar a otro. [4]



CAPITULO III

MARCO METODOLOGICO

En este capítulo se definen los detalles metodológicos utilizados en la elaboración de esta investigación, se describen las etapas de la investigación y se indica en cada una de ellas el método utilizado según su tipo.

3.1 TIPO DE INVESTIGACION

Esta investigación se realiza en varias etapas, cada una de ellas enmarcadas en un ámbito distinto y por consiguiente se procederá con distintas técnicas y metodologías. Se mencionará el tipo de investigación en cada etapa según el libro, “*METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION HOLISTICA*” de la autora *JACQUELINE HURTADO DE BARRERA*.

En una primera etapa se realiza una investigación proyectiva, también conocida como proyecto factible, donde se elabora una propuesta o modelo para solucionar una problemática. En esta etapa se realiza el diseño de la alimentación de diversas maneras, para presentar distintas soluciones a la alimentación de energía eléctrica de zonas urbanísticas. Se utiliza información teórica que describe los cálculos necesarios para realizar el diseño de las tuberías, cables, transformadores, postes, entre otros. La iluminación también requiere de un diseño especializado, donde se describen las luminarias utilizadas en cada sección para lograr los niveles requeridos según la normativa.



En una segunda etapa, se realiza una investigación de tipo comparativa, donde se asocian, interpretan y comparan las soluciones obtenidas en la primera etapa. Se identifican las diferencias y semejanzas entre cada una de las soluciones planteadas con respecto a diversos aspectos del diseño. Para esto es necesaria la correcta interpretación de los elementos y se trabaja con los elementos obtenidos en la primera etapa.

En la tercera etapa la investigación es de tipo evaluativa, la cual está asociada a la valoración de las soluciones. Se realizan evaluaciones sobre la efectividad y la eficiencia de las soluciones planteadas. Se trabaja con los datos obtenidos en la primera y segunda etapa, valorando cada uno por separado y realizando luego cuadros comparativos. De esta etapa saldrán las conclusiones de la investigación ya que analizando estos resultados se lograrán los objetivos propuestos.

3.2 AREA DE LA INVESTIGACION

El área de la investigación es, en general, cualquier área donde se desarrollen nuevas edificaciones habitacionales. El desarrollo de la investigación cubre los aspectos relacionados en el sistema eléctrico de distribución. Se describen las características de distintas presentaciones para un mismo desarrollo en referencia con esta área de estudio, la cual comprende el sistema eléctrico en su aspecto de distribución y transformación de los niveles de tensión a los adecuados para el consumo residencial.



3.3 PROCEDIMIENTO DE LA INVESTIGACION

Cuando se realiza un trabajo de grado se debe seguir un procedimiento para realizar la investigación.

Dicho procedimiento está enfocado en la recopilación de toda información teórica referente a las redes de distribución en media y baja tensión, parte de esta información está basada en el Código Eléctrico Nacional (C.E.N.), en normas establecidas por las empresas encargadas de la distribución energética en el país, y en trabajos realizados anteriormente donde se presenta información sobre redes de distribución.

Se procede a la realización de diseños factibles basados en el material bibliográfico revisado y en las características de los materiales y equipos disponibles en el mercado actual.

Se comparan las presentaciones factibles desde el punto de vista técnico y económico presentando tablas comparativas y aportando diversas diferencias en algunas partes de importante relevancia.

Finalmente se realiza una evaluación de los resultados obtenidos, presentando conclusiones, predicciones y comparaciones entre los sistemas estudiados dando comentarios finales sobre cada una de las opciones presentadas.



3.4 METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION

Como ya se ha mencionado la investigación se realiza en tres etapas, cada una necesita de distinta metodología para cumplir su función en el alcance de los objetivos de esta investigación.

Esta primera etapa es una fase exploratoria donde se debe realizar una revisión de la literatura para dar con las normativas a respetar en el diseño de las distintas soluciones. Además de dicha teoría se tomaran como referencia los procedimientos tanto para el cálculo de la demanda energética, como el de los elementos necesarios en la instalación que deberá satisfacer la demanda.

En una segunda etapa se harán comparaciones a nivel técnico y económico donde se relaciona cada una de las alternativas y prepara los datos obtenidos para una tercera etapa.

En este punto se analizan las variables para establecer comparaciones entre las distintas alternativas planteadas.

Finalmente en una última etapa se realiza la evaluación de cada una de las alternativas y se analiza de una manera directa los indicios o indicadores obtenidos en la segunda etapa. De esta evaluación se obtienen los resultados que llevaran a concluir la investigación.



3.5 TECNICAS DE RECOPIACION Y ANALISIS DE DATOS

Para realizar este proyecto de investigación se utilizaran las siguientes técnicas e instrumentos que como base para recabar la información y datos del tema en estudio.

➤ **Revisión Bibliográfica.**

Lectura y análisis de textos, trabajos de investigación, artículos de páginas Web y diferentes publicaciones relacionadas al tema de la investigación que describen las características básicas de cada sistema en estudio para la realización de una comparación y conclusiones del presente trabajo.

➤ **Revisión Documental.**

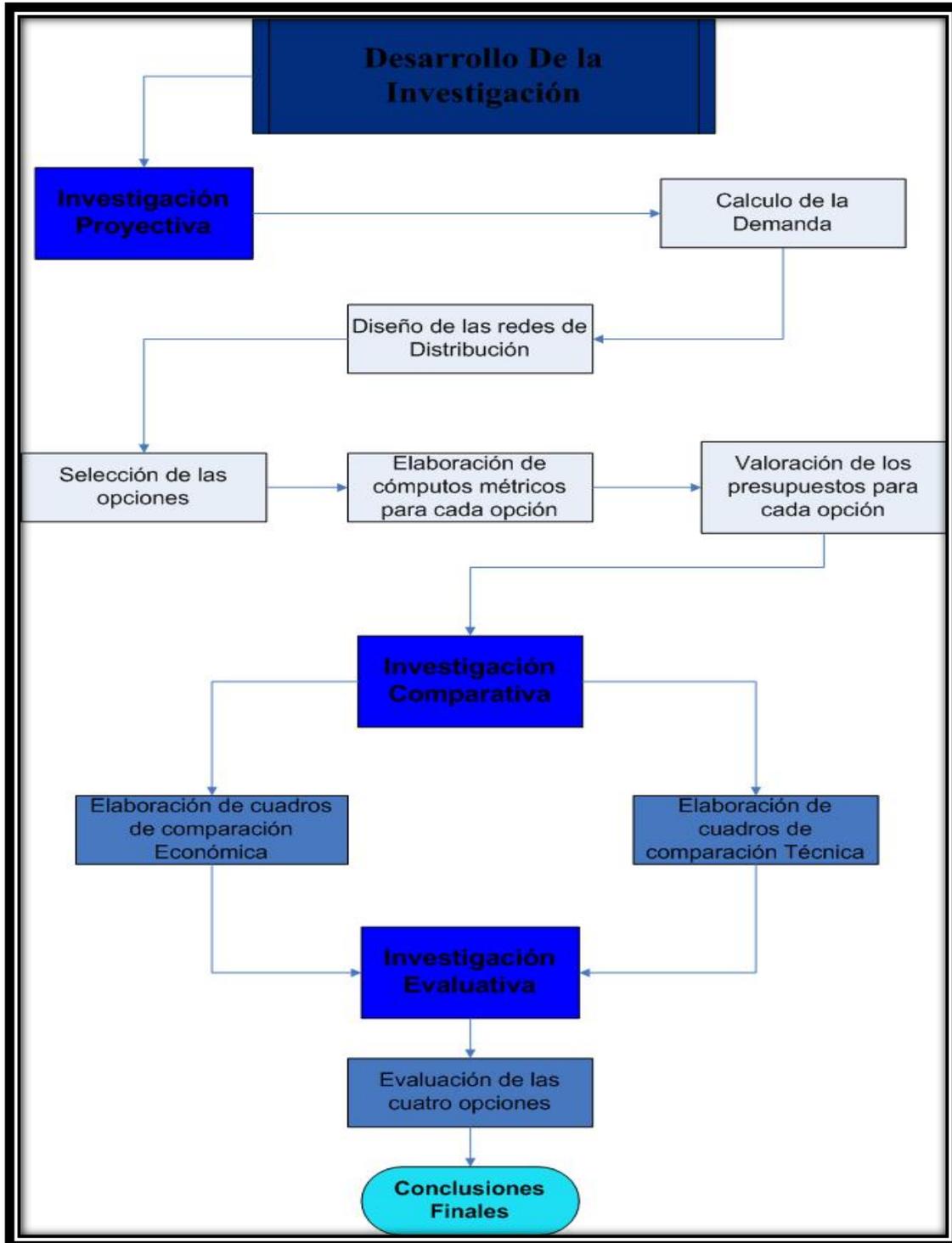
Se realizara un análisis de datos de interés como valores nominales comerciales de los elementos de cada sistema, sus curvas características, presentación y accesibilidad de los mismos entre otras características. Para realizar esta tarea se consultaran manuales de fabricantes como: Shneider Electric, ABB, Merling Gering, General Electric, Westinghouse. Además se investigará acerca de las Normas de seguridad establecidas en el C.E.N (FONDONORMA 200:2004) y Normas Americanas (IEEE).



➤ **Observación Directa.**

Se obtendrán datos que permitirán conocer con exactitud las condiciones operativas de la red de distribución así como la de sus componentes (conductores, protecciones, transformadores, entre otros).

3.6 FLUJOGRAMA DE FASES DE LA INVESTIGACION





CAPITULO IV

DISEÑO DE LA ALIMENTACION ELECTRICA

4.1 CALCULO DE LA DEMANDA

4.1.1 Descripción del Conjunto Residencial

- El conjunto residencial se construirá en una parcela de 13.262 m² cuyo terreno es plano y apto para la construcción de viviendas. La ubicación del terreno es en el municipio San Diego, del estado Carabobo. Según la gaceta municipal, el plan de desarrollo urbano local de San Diego 2000 (PDUL de San Diego), dicta que la zona urbanística será tipo ND4. (Ver Anexo A).
- En el terreno se construirán 38 viviendas con parcelas de 230.21 m² cada una, contando con los servicios básicos para cada vivienda. Se destina un espacio de 50.70 m² para construcción, el espacio restante se destina para jardín, garaje, y patio de cada vivienda respectivamente. Cada vivienda posee dos plantas de construcción completas lo cual refleja un espacio total para habitabilidad de 101.40 m² de construcción.



- El conjunto residencial cuenta con una vialidad interna y 22 puestos de estacionamiento para visitantes. Además posee una caseta de vigilancia con baño, y un cuarto para servicios básicos, tales como: cuarto de basura y cuarto de hidroneumático.
- Las 38 viviendas tienen la misma distribución interior y se describe de la siguiente manera: en la planta baja se encuentra un área de servicio con lavadero y acceso al patio, una cocina la cual se encuentra en el mismo ambiente que la sala y el comedor, un baño y el acceso a las escaleras para ir a la segunda planta. En la planta alta se encuentran las tres habitaciones de la vivienda, la habitación principal con su closet y baño interno y las otras dos habitaciones con su closet y un baño externo común.

4.1.2 Normas y Criterios Generales del Proyecto de Electrificación

- Código Eléctrico Nacional (C. E. N.) año 2004. FONDONORMA 200:2004
- Reglamento y Normas Generales para Redes de Distribución y Líneas de Alimentación. CADAPE.
- Normas para Diseño de Redes de Distribución Subterráneas, CADAPE.



- ICONEL. Catalogo de Cables de Media Tensión.
- Norma Venezolana COVENIN 2249-93 para iluminación 1993.

4.1.3 Descripción del Proyecto de Electrificación

El servicio de energía eléctrica será suplido en media tensión (13.8 KV) por la compañía distribuidora de la zona, Corporación Eléctrica Nacional de Venezuela (CORPOELEC) y por lo tanto el presente proyecto se ajusta al reglamento y normas generales para redes de distribución y líneas de alimentación, establecido por dicha compañía.

La parcela objeto de este proyecto, cuenta actualmente con una línea aérea, en el nivel de tensión de 13,8 KV que pasa por una vía principal cercana a la entrada del conjunto residencial a ser construido. Este sistema de media tensión, actualmente es del tipo radial, aéreo, utilizando conductores desnudos de aleación de aluminio tipo AA-6201 del calibre adecuado.

A partir de esta línea existente se realizará la alimentación de dicho conjunto residencial. La manera como se realizará será explicada al presentar las opciones de diseño posteriormente.



La iluminación exterior del conjunto residencial se realizara a través de luminarias con lámparas de vapor de sodio a alta presión, montadas en postes y será reflejada en el proyecto dentro de los servicios del conjunto donde además estará la alimentación del hidroneumático, portón eléctrico para entrada y salida, y la electrificación de las áreas comunes.

Para la determinación de los conductores de alimentación y la capacidad de las unidades de transformación es necesario conocer la demanda energética que tendrá el conjunto residencial. Primero se efectúa un estudio de cargas por unidad de vivienda, con esto se puede inferir la demanda energética unitaria a la cual se le aplicaran una serie de factores para llegar a la demanda energética total del conjunto. Luego se anexan las cargas de servicios generales e iluminación exterior, y con todas estas cargas se obtiene la demanda total estimada a ser instalada para el servicio eléctrico.

La demanda que será calculada se refiere a la etapa de saturación, esto se realiza para asegurar que la capacidad, tanto de los alimentadores, así como las unidades de transformación, cumplan a cabalidad con el suministro de la energía requerida por el sistema en todo momento.



4.1.4 Estimación de la Demanda Energética Residencial

La metodología utilizada para estimar la demanda de energía eléctrica del conjunto residencial, está basada en las curvas de demanda diversificada del libro “Distribution System” de la Westinghouse.

El método de la Westinghouse dicta que la demanda de un grupo residencial es la combinación de demandas de artefactos distintos en proporciones variables.

Este método es muy utilizado y considera la diversidad entre cargas similares y la no coincidencia entre los picos de los diferentes tipos de carga, a través del Factor de Variación horaria que indica el porcentaje en que cada tipo de carga (artefacto) contribuye a la demanda máxima.

El método utiliza una familia de curvas, que representan la demanda máxima por artefacto contra el número de artefactos para varias cargas residenciales típicas. Las curvas están graficadas hasta para un máximo de 100 artefactos.

El método considera un factor de diversidad entre cargas y un factor de variación horaria que se define como la relación existente entre la demanda de un tipo de carga y que coincide con la demanda máxima de un grupo y la demanda máxima de aquel tipo de carga.



En la tabla 4.1 se muestran los artefactos que posiblemente serán instalados en cada vivienda, la carga promedio que representa cada uno de ellos y el porcentaje de saturación.

Tabla 4.1 Consumo de Artefactos por Unidad de Vivienda

Artefacto	Carga promedio Instalada (KVA)	Porcentaje (%) Saturación
Luz y Misceláneos	1,07	100
Refrigeración	0,17	100
Calentador Eléctrico	1,50	80
Cocina Eléctrica	2,28	80
Aire Acondicionado	3,60	60
Secadora Eléctrica	4.27	80

Utilizando la información del porcentaje de saturación suministrada en la tabla 4.1 y conociendo la cantidad de viviendas podemos construir la tabla 4.2 que determina la cantidad de artefactos totales en el conjunto residencial al cual se le debe suministrar energía eléctrica a través de la ecuación 4.1.

$$CA = CV \times PS \quad (4.1)$$

CA: Cantidad de Artefactos Total

CV: Cantidad de Viviendas

PS: Porcentaje de Saturación

**Tabla 4.2** Cantidad Total de Artefactos para el Conjunto Residencial

Artefacto	Porcentaje (%) Saturación	Número de Viviendas	Total Artefactos en el Conjunto
Luz y Misceláneos	100	38	38
Refrigeración	100	38	38
Calentador Eléctrico	80	38	30.4
Cocina Eléctrica	80	38	30.4
Aire Acondicionado	60	38x2	45.6
Secadora Eléctrica	80	38	30.4

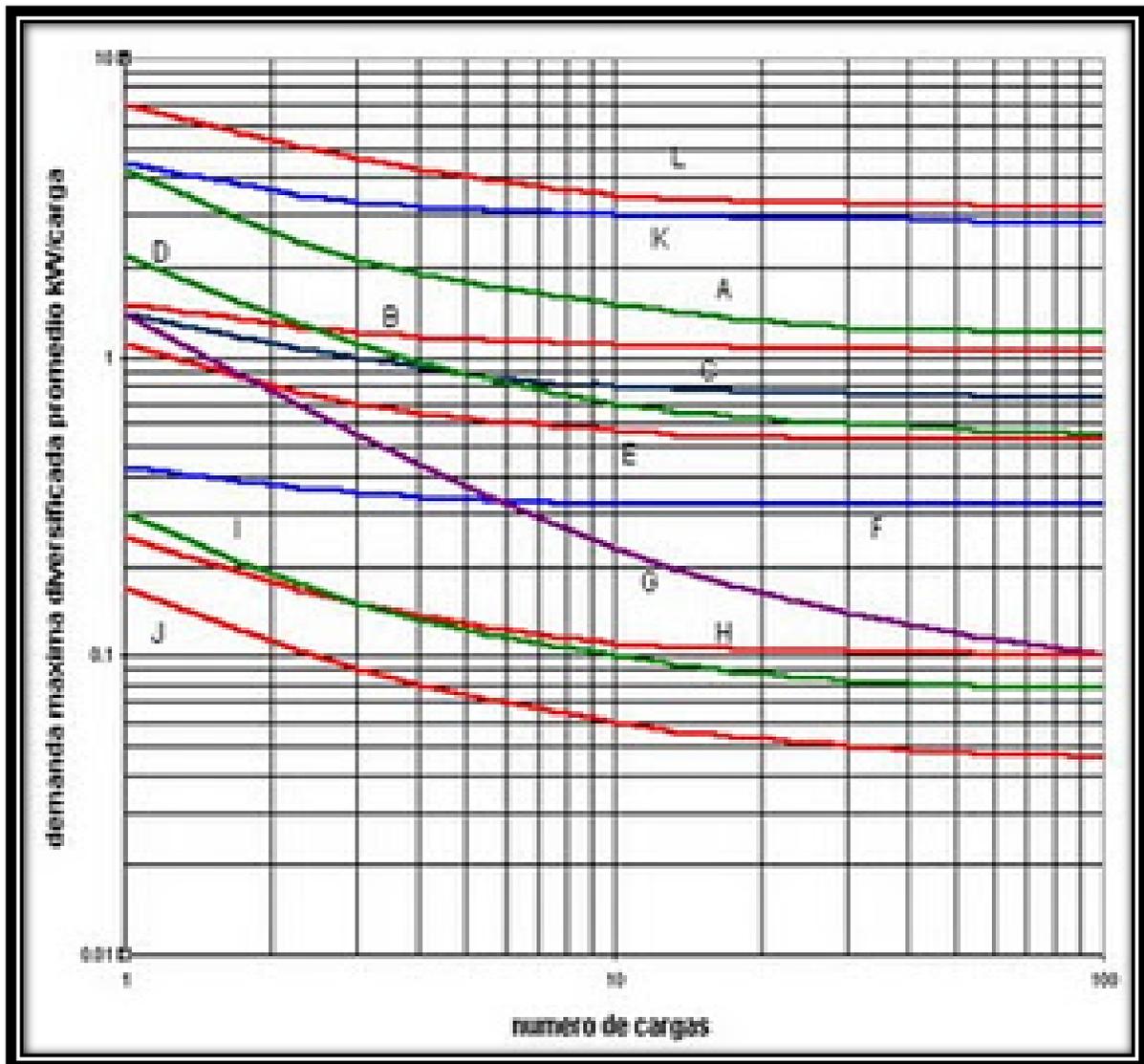
Luego se emplea la Grafica 4.1 de donde se obtiene la demanda diversificada para cada uno de los artefactos. Para obtener estos valores se ingresa en la grafica con el número total de artefactos obtenido en la tabla 4.2 y se sube por la grafica hasta llegar a la curva del tipo de carga seleccionado. Una vez en la curva se revisa el valor dado en el eje vertical de la grafica y esto nos revela el valor de la demanda diversificada para ese tipo de carga y esa cantidad de artefactos.

Una vez obtenida la demanda diversificada para cada tipo de carga, se requieren los factores de la variación horaria por cada tipo carga, los cuales se indican en la Tabla 4.3 y se procede a construir la Tabla 4.4 donde se introducen dichos valores.

Con los valores de la Tabla 4.4 se puede calcular la demanda total habitacional requerida por el conjunto residencial, la cual solo comprende únicamente el consumo interno de cada vivienda.

Luego se procederá al cálculo de los servicios generales que comprenden el servicio de hidroneumático, la iluminación exterior y otros servicios de las áreas comunes del conjunto residencial.

Grafica 4.1 Familia de Curvas de la Westinghouse para Viviendas Unifamiliares





Grafica 4.1 Leyenda (tipos de carga)

- A.- Secador de ropas (Verde)
- B.- Calentador de agua fuera de pico, carga fuera de pico (Rojo)
- C.- Calentador de agua no controlado (Azul)
- D.- Cocinas eléctricas (Verde)
- E.- Iluminación y aplicaciones misceláneas (Rojo)
- F.- Enfriador de Ambiente 0.5 HP (Azul)
- G.- Calentador de agua fuera de pico, carga de pico, elemento superior no controlado (Morado)
- H.- Quemador de calefactor (Rojo)
- I.- Congelador, freezer tipo residencial (Verde)
- J.- Refrigerador (Rojo)
- K.- Aire acondicionado central que incluye bomba de enfriamiento y bomba de calor 5HP (Azul)
- L.- Calefactor de casa que incluye bomba de calor, calefacción conectada 15KW (Rojo)

Tabla 4.3 Factor de Variación Horaria para cada Tipo de Carga

Hora	Luz y Misceláneos	Refrigeración	Calentador Eléctrico	Cocina Eléctrica	Aire Acondic.	Secadora Eléctrica
12am	0.32	0.93	0.51	0.02	0.40	0.03
1am	0.12	0.89	0.37	0.01	0.39	0.02
2am	0.10	0.80	0.30	0.01	0.36	0.00
3am	0.09	0.76	0.22	0.01	0.35	0.00
4am	0.08	0.79	0.15	0.01	0.35	0.00
5am	0.10	0.72	0.14	0.02	0.33	0.00
6am	0.19	0.75	0.16	0.05	0.30	0.00
7am	0.41	0.75	0.46	0.30	0.41	0.00
8am	0.35	0.79	0.70	0.47	0.53	0.08
9am	0.31	0.79	1.00	0.28	0.62	0.20
10am	0.31	0.79	1.00	0.22	0.72	0.65
11am	0.30	0.85	0.99	0.22	0.74	1.00
12pm	0.28	0.85	0.98	0.33	0.80	0.98
1pm	0.26	0.87	0.86	0.25	0.86	0.70
2pm	0.29	0.90	0.82	0.16	0.89	0.65
3pm	0.30	0.90	0.81	0.17	0.86	0.63
4pm	0.32	0.90	0.79	0.24	0.97	0.37
5pm	0.70	0.90	0.75	0.80	0.99	0.30
6pm	0.92	0.90	0.75	1.00	1.00	0.22
7pm	1.00	0.95	0.80	0.44	0.91	0.36
8pm	0.95	1.00	0.81	0.12	0.79	0.20
9pm	0.85	0.95	0.73	0.09	0.71	0.18
10pm	0.72	0.88	0.67	0.05	0.64	0.10
11pm	0.50	0.88	0.59	0.04	0.55	0.04
12am	0.32	0.93	0.51	0.02	0.40	0.03

Fuente: Alcaldía de San Diego. Registros del consumo energético en zonas aledañas al conjunto residencial.

El factor horario que se utilizara para el diseño será el máximo, ya que se estará diseñando para la etapa de saturación, de esta manera se asegura el dimensionamiento de los alimentadores y trasformadores del sistema. La hora de carga pico es las 7:00 pm.

Tabla 4.4 Datos para el Cálculo de la Demanda Total

Artefacto	Total Artefactos en el Conjunto Residencial	Demanda Diversificada (KW)	Factor de Variación Horaria
Luz y Misceláneos	38	0.550	1.00
Refrigeración	38	0.093	0.95
Calentador Eléctrico	30.4	0.782	0.80
Cocina Eléctrica	30.4	0.708	0.44
Aire Acondicionado	45.6	0.317	0.91
Secadora Eléctrica	30.4	1.255	0.36

Con los datos contenidos en la Tabla 4.4 se puede obtener la demanda total por artefacto, la cual será igual al producto del número total de artefactos, la demanda diversificada y el factor de variación horario para cada tipo de carga.

$$DT = CA \times DV \times FVH \quad (4.2)$$

CA: Cantidad de Artefactos Total

DT: Demanda Total por Artefacto

DV: Demanda Diversificada (obtenida de la curva de Westinghouse)

FVH: Factor de Variación Horaria (obtenida de la tabla a las 7:00 pm)

La sumatoria de las demandas totales por artefacto nos ofrece la demanda total del conjunto residencial en cuanto a demanda habitacional. Los resultados serán presentados en la tabla 4.5 y la unidad de la demanda se presenta en kilovatios (KW).

Luego dividiendo este resultado entre la cantidad de viviendas se puede obtener la demanda individual por cada vivienda.

Tabla 4.5 Demanda Total del Conjunto Residencial
(Servicios Residenciales)

Artefacto	Total Artefactos en el Conjunto Residencial	Demanda Diversificada (KW)	Factor de Variación Horaria	Demanda Total (KW)
Luz y Misceláneos	38	0.550	1.00	20.900
Refrigeración	38	0.093	0.95	3.357
Calentador Eléctrico	30.4	0.782	0.80	19.018
Cocina Eléctrica	30.4	0.708	0.44	6.456
Aire Acondicionado	45.6	0.317	0.91	13.154
Secadora Eléctrica	30.4	1.255	0.36	9.919

TOTAL CARGA (KW): 79.633 KW \cong 80 KW

Asumiendo un factor de potencia (FP) de 0,9, lo cual a nivel residencial es aceptable, se puede determinar la demanda total en cuanto a cargas residenciales en KVA. Para realizar este cálculo se utiliza la ecuación 4.3 donde se obtiene la relación de la potencia aparente con la potencia activa y el factor de potencia.

$$P = S \times FP \quad (4.3)$$

P: Potencia activa en Vatios (W)

S: Potencia Aparente en Voltio-Amper (VA)

FP: Factor de Potencia

$$S = \frac{P}{FP} \quad (4.4)$$

$$S = \frac{80 \text{ KW}}{0,9} = 88.888 \text{ KVA} \cong 89 \text{ KVA}$$

**TOTAL CARGA (KVA): 88.888 KVA \cong 89 KVA**

La demanda total calculada hasta ahora representa el consumo residencial, para los efectos del diseño eléctrico interno de las viviendas se hace necesario el cálculo de la demanda por unidad de vivienda. Para esto dividimos el valor de la demanda total calculada entre el número de viviendas.

$$D_{und} = \frac{DT}{N_{und}} \quad (4.5)$$

D_{und}: Demanda por Unidad de Vivienda

DT: Demanda Total Residencial

N_{und}: Número Total de Viviendas

$$D_{und} = \frac{89 \text{ KVA}}{38} = 2.342 \text{ KVA}$$

TOTAL CARGA POR SUSCRIPTOR (KVA): 2.4 KVA

Se propone alimentar con una reserva del 20% a cada suscriptor, para garantizar el correcto funcionamiento a pesar de la conexión de futuras cargas o un aumento de la capacidad de las cargas existentes.

TOTAL CARGA POR SUSCRIPTOR (KVA): 2.9 KVA



4.1.5 Diseño de la Iluminación Exterior

Para el diseño de la iluminación exterior se procede a realizar el cálculo por el método de los lúmenes o del factor de utilización. Se dispone una configuración unilateral la cual presenta la mejor opción para calles angostas de un solo sentido. Para realizar el cálculo se utiliza la ecuación 4.6 y una vez obtenidos los factores de utilización y demás términos de la ecuación se despeja la distancia a la que deben ser instalados los postes con su respectiva lámpara.

$$Em = \frac{\eta \times fm \times \Phi l}{A \times d} \quad (4.6)$$

Em: Luminancia media sobre la Calzada

D: Factor de Utilización de la Instalación

fm: Factor de Mantenimiento de la Luminaria

Φl : Flujo promedio de la Lámpara

A: Ancho de la vía que se desea Iluminar

d: Distancia de Instalación de las Luminarias

Las luminarias que se han seleccionado para la iluminación de las calles del conjunto residencial son las MASTER SONT-PRO, de vapor de sodio a alta presión, de 150 W y 220/208 V marca PHILIPS, y van a ser instaladas con un brazo de 2.4 metros de longitud con una inclinación de 5° a 6 metros de altura. Los postes se instalaran en las



aceras a un metro del inicio, quedando un metro restante en la acera. Los detalles técnicos de las luminarias están descritos en el Anexo B del presente trabajo.

El factor de mantenimiento de las luminarias cerradas en lugares relativamente limpios es de 0,6 y está aprobado por la norma venezolana para iluminación (COVENIN 3290-97).

Esta misma norma dicta que para áreas residenciales con bajo flujo vehicular y circulación media de peatones, el nivel mínimo de iluminación requerido es de 20lux. En el presente diseño partiremos de esta base y la distancia de separación entre luminarias obtenida será la máxima posible, de esta manera se estará en cumplimiento la normativa de iluminación.

Luego de dispondrá de una distancia inferior a conveniencia y se probará con la Ecuación 4.6, donde el valor obtenido de iluminación deberá ser superior a 20lux. Otro punto importante es el valor dictado por la normativa para el deslumbramiento, el cual indica el valor de iluminación máximo permitido en dichas zonas. Dicho valor está establecido en 50lux. Luego de realizar la comprobación con el valor convenido de distancia entre luminarias, se deberá obtener un valor superior a 20lux e inferior a 50lux, de esta forma se asegura el nivel de iluminación en un valor aceptable.

En la Imagen 4.1 se describe la disposición como serán instalados los postes y lámparas y en la Imagen 4.2 se describen la altura del montaje y el diagrama de inclinación del brazo con la incidencia hacia la calzada.

Imagen 4.1 Disposición de la Iluminación de la Calzada y Aceras

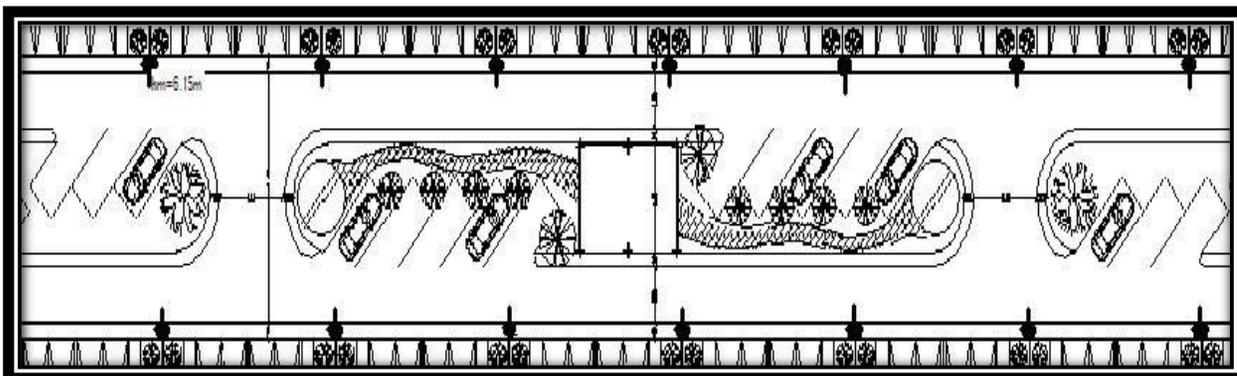
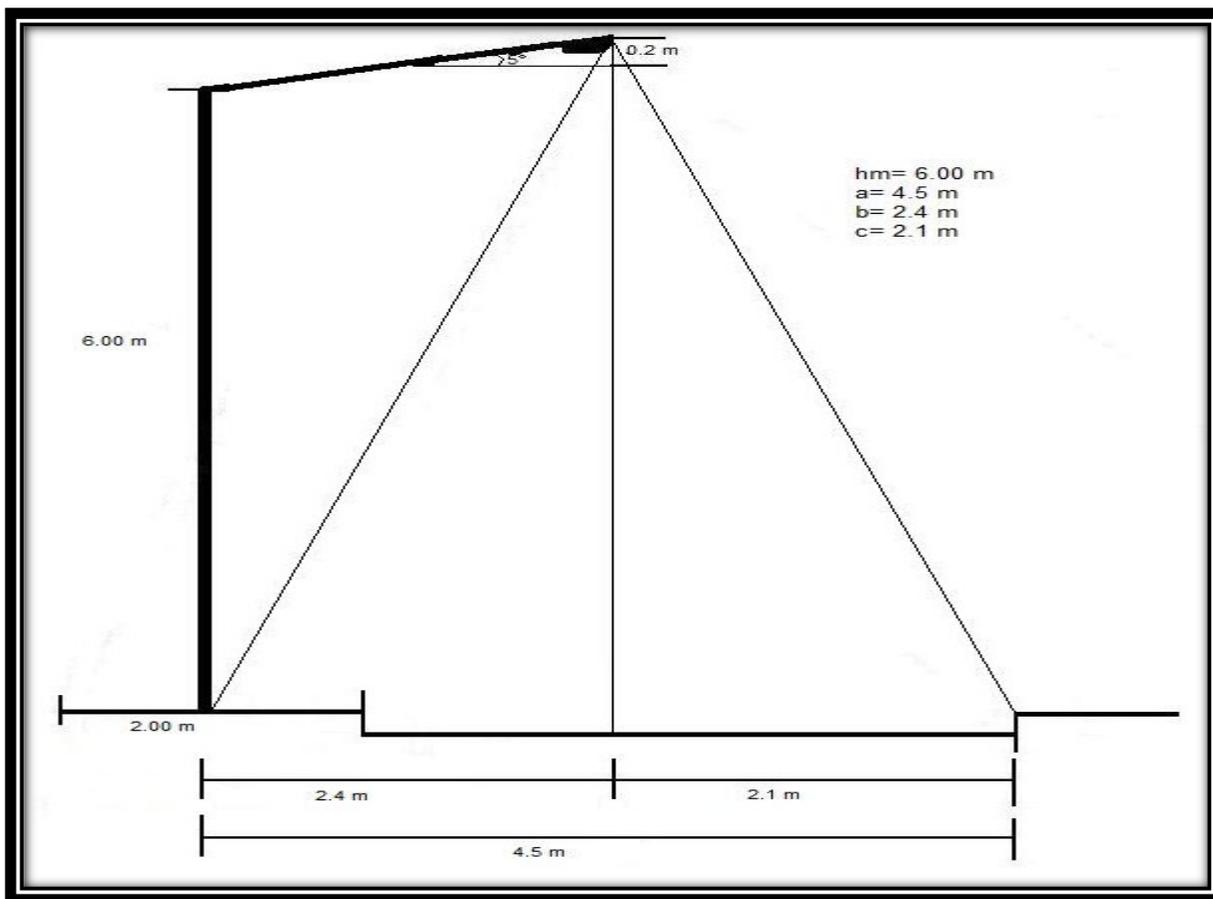
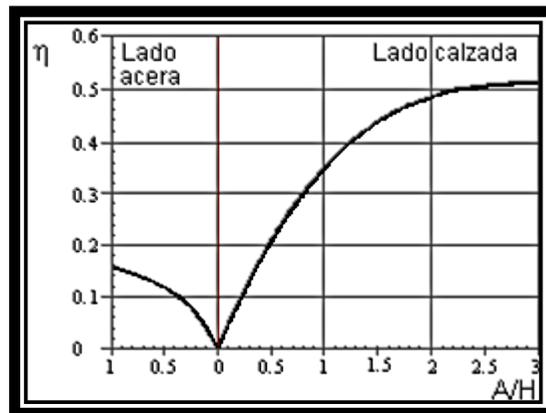


Imagen 4.2 Diagrama de Instalación de los Postes de Iluminación



Luego de planteado el diseño de la iluminación exterior, se procede al cálculo de los coeficientes de utilización los cuales dependen de las distancias “a, b y c” y de la altura del montaje “hm” descritas en la Imagen 4.2 y además de la curva del factor de utilización que se presenta en la Grafica 4.2 a continuación.

Grafica 4.2 Grafica del Factor de Utilización



El factor de utilización es una medida del rendimiento del conjunto lámpara-luminaria y se define como el cociente entre el flujo útil que llega a la calzada y el emitido por la lámpara. Para el cálculo del factor de utilización se deben calcular los coeficientes de la acera y de la calzada los cuales vienen dados por los cocientes de la distancia a iluminar entre la altura del montaje y luego haciendo uso de la Grafica 4.2 se obtienen los coeficientes. Dichos coeficientes deberán ser sumados ya que las distancias son aditivas en nuestro caso específico. Se utilizaran las siguientes ecuaciones cuyos componentes están descritos en la Imagen 4.2.



$$\eta_1 = \frac{b}{hm} \quad (4.7)$$

$$\eta_2 = \frac{c}{hm} \quad (4.8)$$

$$\eta_1 = \frac{2.4}{6.2} = \mathbf{0.39} \text{ Se ingresa a la grafica 4.2, lado acera } \eta_1 = \mathbf{0.11}$$

$$\eta_2 = \frac{2.1}{6.2} = \mathbf{0.34} \text{ Se ingresa a la grafica 4.2, lado calzada } \eta_2 = \mathbf{0.14}$$

$$\eta = \eta_1 + \eta_2 = \mathbf{0.11 + 0.14}$$

$$\underline{\eta = \mathbf{0.25}}$$

Luego de obtenido el factor de utilización y conociendo ya anteriormente las demás variables de la ecuación de iluminancia media solo falta mencionar que el flujo luminoso nominal de la luminaria seleccionada es 15.000lux y que el ancho de la vía a iluminar esta descrito en la Imagen 4.2 como la distancia “a” y esta representa la distancia media de toda la calzada incluyendo la isla, ya que la distribución de la iluminación es de manera pareada.

Siguiendo el procedimiento antes descrito se procede a despejar de la Ecuación 4.6 la distancia de separación de las luminarias.



$$d = \frac{0.25 \times 0.6 \times 15000 \text{ lm}}{4.5 \text{ m} \times 20 \text{ lux}} = 25 \text{ m}$$

El valor de separación de las luminarias para obtener 20lux de iluminancia promedio es 20 metros, lo cual sería la distancia máxima a la que se podrían separar para cumplir con el mínimo requerido en la norma.

En el caso específico del presente conjunto residencial los linderos de las viviendas ofrecen una distancia de separación de 20 metros la cual está cercana a los parámetros obtenidos en la ecuación. Para un mejor aprovechamiento del espacio y uniformidad en la iluminación se propone una distancia de 20 metros que además ofrece la facilidad de una distribución uniforme de los postes para la instalación de las luminarias. Se prueba la distancia sugerida en la Ecuación 4.6 para verificar si no excede del valor máximo de iluminancia permitido en la norma (50lux).

$$Em = \frac{0.25 \times 0.6 \times 15000 \text{ lm}}{4.5 \text{ m} \times 20 \text{ m}} = 25 \text{ lux}$$

El resultado de la iluminancia promedio con el valor sugerido de separación de 20 metros es aproximadamente 25lux lo cual representa un valor perfectamente aceptable para la iluminación del conjunto residencial en estudio y ofrece mejor paridad en la iluminación. Se toma 20 metros como el valor de separación de los postes de iluminación.



Para completar la carga por iluminación exterior se anexan tres reflectores decorativos para iluminar el nombre del conjunto residencial ubicado en la entrada. Los reflectores seleccionados para dicha función, tomando en cuenta la iluminancia requerida y la ubicación de los mismos será un SNF100 SON-T 150W 220V/208V con lámpara incluida, este tipo de reflector es resistente a exteriores y su instalación permite posicionarlos a ras de piso y con un ángulo de 30° a 60° lo cual es suficiente para enfocar su luminosidad en la dirección requerida de la decoración a resaltar. Los detalles técnicos de los reflectores están descritos en el Anexo B del presente trabajo.

Por último se incluyen las cargas de la vigilancia, el cuarto de basura y la iluminación del cuarto de hidroneumático, esto consta de seis puntos de iluminación de 100W cada uno y tres tomacorrientes de 150W cada uno.

La carga total por iluminación exterior y carga de vigilancia y servicios consta de: veinte lámparas de 150W, tres reflectores de 150W, seis puntos de iluminación de 100W y tres tomacorrientes de uso general de 150W.

TOTAL CARGA (KW): 4 KW

Para un $FP=0.8$ que resulta de componentes de encendido propios de la lámpara

TOTAL CARGA (KVA): 5.7 KVA

La ubicación específica de todos los puntos de iluminación y tomacorrientes mencionados en esta sección se encuentra en el Anexo C del presente trabajo.



4.1.6 Diseño del Sistema Hidroneumático

Para efectuar el diseño del sistema hidroneumático se requiere saber el caudal promedio que se debe garantizar para obtener un flujo adecuado en todos los puntos del conjunto residencial. El cálculo específico de este caudal escapa de los objetivos del presente estudio, por lo cual se asume un valor promedio de 388 litros por minuto para garantizar en las 38 viviendas y en las áreas comunes una presión para las tareas pertinentes a cada zona. Este valor concuerda con una presión máxima de 58 psi y una presión mínima de 38 psi, lo cual permite dimensionar el compresor, el cual tendrá un total de 4 CFM (pies cúbicos por minuto), este compresor consume una potencia de 1.5 hp, y la alimentación se hace en 110 V y 60 Hz.

Además del compresor el sistema hidroneumático cuenta con una bomba centrífuga de 7.5 hp, que trabaja a 3500 rpm. La alimentación de dicha bomba es trifásica con una tensión de 208 V y 60 Hz.

Tabla 4.6 Carga del Sistema Hidroneumático

Artefacto	Potencia en (hp)	Potencia en (W)	Factor de Potencia	Potencia en (KVA)
Compresor	1.5	1119	0.8	1.4
Bomba	7.5	5593	0.8	7

En esta sección se incluyen dos motores de 0.5 hp para los portones eléctricos, estas cargas representan 450 VA cada una, al sumarse sería 0.9 KVA.

TOTAL CARGA (KVA): 9.3 KVA

4.2 DIMENSIONAMIENTO DE LA SUBESTACION DE TRANSFORMACION

Una vez calculados todos los factores que representan la demanda energética del conjunto residencial se puede proceder a dimensionar la subestación de transformación que reduce el valor de la tensión de 13.8 KV a 208/120 V la cual será la tensión de entrega de la energía. En la Tabla 4.7 se muestran todas las cargas para las cuales se debe dimensionar la subestación de transformación.

Tabla 4.7 Cargas del Conjunto Residencial

Tipo de Carga	Numero de cargas por tipo	Potencia en (KW)	Factor de Potencia	Demanda Total (KVA)
Suscriptor/Vivienda	38	2.610	0.9	110.200
Luminarias en Poste	20	0.150	0.8	3.750
Reflectores	3	0.150	0.8	0.562
Vigilancia/Misceláneos	1	1.050	0.9	1.166
Compresor Hidroneumático	1	1.119	0.8	1.398
Bomba Hidroneumático	1	5.593	0.8	6.991
Portón Eléctrico	2	0.372	0.8	0.930

TOTAL CARGA (KVA): 124.37 KVA

La carga total es de 124.997 KVA. Se propone una unidad de transformación con capacidad de 150 KVA y relación 13.8 KV a 208/120 V con una conexión delta-estrella con neutro a tierra (Δ -Y-NT). Con una capacidad de 150 KVA y una demanda de 124.997 KVA, la unidad de transformación tendrá una reserva de 16%.



4.3 PRESENTACION DE LAS OPCIONES DE ALIMENTACION

En esta sección se describen las cuatro presentaciones del proyecto de electrificación a estudiar y se realizan los cálculos pertinentes al dimensionamiento de los conductores, los dispositivos y unidades para la transformación de la tensión de media a baja, las protecciones requeridas y otros elementos necesarios para llevar la energía a cada vivienda y al conjunto en general. Es de mencionar que de las múltiples opciones posibles se han seleccionado las cuatro opciones consideradas fundamentales, las cuales derivan de las instalaciones básicas y las normativas existentes en el país.

- Alta Tensión Subterránea, Baja Tensión Subterránea
- Alta Tensión Subterránea, Baja Tensión Aérea
- Alta Tensión Aérea, Baja Tensión Subterránea
- Alta Tensión Aérea, Baja Tensión Aérea

Cada opción será descrita de manera individual antes de realizar comparaciones entre ellas. Esta sección comprenderá la topología de la red, los elementos de los que consta, el cálculo del calibre de los conductores utilizados y el dimensionamiento de la unidad o las unidades de transformación.

Para la acometida de cada vivienda se presenta la siguiente tabla de cargas:



TABLA DE CARGA	Fecha: JUNIO 2012
Obra: U.C. – PROYECTO DE GRADO	Hoja No. 1 / 1
Ubicación: ANALISIS TECNICO Y ECONOMICO DE DIFERENTES PROPUESTAS DE UN PROYECTO DE ELECTRIFICACION PARA UN DESARROLLO HABITACIONAL UNIFILAR	

Características del Cto. Ramal					Especificaciones de carga conectada.						
Cto Num	Awg	No. Polo	Protec (Amp)	Fase	Alumbrado Techo/Pared		Tomacorr. 120V 208V		Esp.	Total Watt	Observac.
01	12	1	20	R	8	3				1100	ILUMINACION
02	12	1	20	R			5		1	1500	TOMACORRIENTE
03	12	1	20	S			7			1400	TOMACORRIENTE
04	12	1	20	S					2	1800	LAV - CALENTAD
05	10	2	30	RS				1		5000	SECADORA
06	10	2	30	RS				2		3000	AIRE ACONDIC
07											
08											
09											
10											
11											
12											

Tablero T-P Similar al tipo Residencial 12 Circuito Montaje: X Embutido Superficial

Ubicación: _____ Distancia 18 mts.

Carga total de alumbrado 1100 x Factor de Demanda 1.0 x 1100 W
 Carga total TC uso general 4700 x Factor de Demanda 0.4 x 1880 W
 Carga total carga especial 8000 x Factor de Demanda 0.3 x 4800 W
 7780 W

F. P. 0.9 Reserva 20% Demanda total 10.3 KVA

Tension 208 / 120 Fases / Alambres 2 / 4 Calibre AWG # 6 Conduit Ø 1 1/2"

Con int. ppal. Tipo Cap. Amp. X Sin int. ppal. Ints. de circuitos tipo HQC

Observaciones:



Cálculos de la Tabla de Carga

$$S = \frac{P}{fp} = \frac{7780 W}{0.9} = 10300 VA \qquad I = \frac{10300 VA}{208 V} = 49.6 A \cong 50 A$$

Se ingresa con este valor de corriente en la Tabla 310.16 del código eléctrico nacional (CEN) que describe las ampacidades admisibles de los conductores aislados para tensiones nominales de 0 a 2000 voltios y 60 °C a 90 °C y temperatura ambiente de 30 °C. Dicha tabla se puede observar en el Anexo A del presente trabajo.

Para la caída de tensión se toma la distancia de la acometida que será de 18 metros.

$$KVA - m = 10.3 KVA \times 18 m = 185.4 m$$

Para dicha selección se utiliza la Tabla C.E. 08, de un compendio de tablas desarrollado en la Universidad de Carabobo para la materia Proyecto de Iluminación y Canalizaciones Eléctricas. Dicha tabla muestra la capacidad de distribución en KVA-m para conductores de cobre con aislante TTU, en ductos no magnéticos. Esta tabla se puede observar en el Anexo A del presente trabajo.

La tabla dice que para un conductor calibre #6 AWG la capacidad de distribución es de 556 KVA-m. Como dicha tabla es para una caída de tensión del 2% se utiliza un factor de corrección para llevar la caída de tensión al 1%, el cual es el valor indicado por el Código Eléctrico Nacional (CEN) en su capítulo 3 para la caída de tensión en una acometida principal.

$$KVA - m(1\%) = KVA - m(2\%) \times \frac{1\%}{2\%} = 556 \times \frac{1}{2} = 278 KVA - m$$

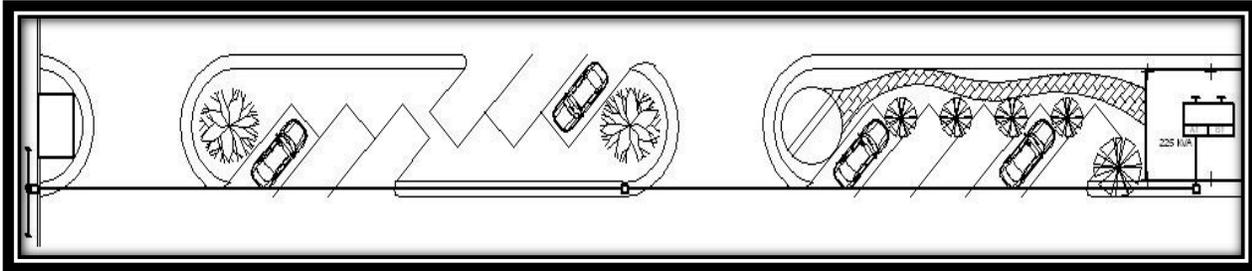
3 # 6 AWG - TTU - Cu -600 V + 1 # 8 AWG - TTU - Cu -600 V



4.3.1 Alta Tensión Subterránea, Baja Tensión Subterránea

La presente selección cuenta con todas las instalaciones eléctricas subterráneas. Se comienza con la conexión a una línea aérea de alta tensión (13.8 KV), ubicada en las afueras del conjunto residencial. La línea existente pasa por la parte considerada el frente del terreno donde se realiza la construcción. La conexión se realiza con unos conectores especiales, equipos de cortacorrientes, pararrayos y conductores tipo XLPE 15 KV con copas terminales. Baja a través de una tubería conduit hasta llegar a una tanquilla y comenzar desde allí su recorrido subterráneo por una bancada de aproximadamente 100 metros pasando por una tanquilla intermedia hasta la unidad de transformación, la cual será una de tipo pedestal (Pad Mounted), donde las conexiones se harán desde otra tanquilla ubicada frente al transformador y con codos especiales para su conexión. El circuito alimentador será radial en toda su extensión. En la Imagen 4.3 se muestra la instalación de alta tensión. Los detalles de esta instalación se pueden observar en el Anexo C del presente trabajo.

Imagen 4.3 Instalación Eléctrica de Alta Tensión



El calibre del alimentador se selecciona de acuerdo a tres criterios de diseño, de los cuales se selecciona la condición más exigente para el conductor.

- A.- Capacidad de Corriente
- B.- Caída de Tensión
- C.- Nivel de Cortocircuito

Por criterio de capacidad de corriente

La selección de la subestación de transformación fue dimensionada con una capacidad de 150 KVA. La corriente del alimentador viene dada por la siguiente ecuación.

$$I = \frac{150 \text{ KVA}}{13.8 \text{ KV} \times \sqrt{3}} = 6.27 \text{ A} \cong 7 \text{ A}$$

El cable seleccionado como alimentador será una terna de cables monopolares de cobre, con una temperatura máxima del conductor de 90 °C y temperatura ambiente de 25 °C. El aislante de dicho cable será de tipo XLPE o EPR que permite un régimen nominal de



trabajo con las temperaturas antes mencionadas y un nivel de carga del 100% aunque por norma el nivel máximo de carga para el conductor deberá ser 80%.

La Tabla 310.77 del código eléctrico nacional (CEN) describe las ampacidades admisibles de tres conductores de cobre aislados en ductos eléctricos subterráneos (tres conductores por ducto), para tensiones nominales de 2001 a 35000 voltios, 90 °C y temperatura de la tierra de 30 °C. Dicha tabla se puede observar en el Anexo A del presente trabajo.

Ingresando con ese valor de corriente en la mencionada tabla se obtiene un valor de un cable de calibre #6 AWG, el cual soporta hasta 90 A en las condiciones antes descritas, este cable trabaja de forma holgada y tiene capacidad para la conexión de nuevas cargas en los espacios de reserva.

El cable seleccionado viene dado por la norma de distribución de CADAPE “NT-DV-00-03-14”, la cual dicta que el menor calibre para redes de distribución subterráneas es #2 AWG, a pesar de tener mucho más capacidad de la requerida en el sistema. El conductor de calibre #2 AWG que para un factor de carga del 100% soporta una corriente de 159 A lo cual es mucho mayor a lo requerido.

La selección por capacidad de corriente es de tres cables monopolares de cobre calibre #2 AWG y con aislamiento para el 100% de su capacidad en XLPE, con neutro a tierra.

Por criterio de caída de tensión

Las normas generales de distribución de CADAPE indican que la caída de tensión en líneas de distribución primarias no debe exceder del 1% en el punto más crítico y con



carga máxima. Para el cálculo de la caída real de tensión desde el punto de entrega hasta la conexión al transformador se utiliza la siguiente ecuación.

$$\Delta V\% = \frac{KVA \times L \times (R \times \cos\phi + X \times \sin\phi)}{10 \times (Kv)^2} \quad (4.9)$$

L: Longitud del Circuito (Km)

Kv: Tensión del Sistema (KV)

KVA: Potencia del Sistema (KVA)

R: Resistencia del Conductor en (Ω /Km)

X: Reactancia del Conductor en (Ω /Km)

Haciendo uso de la Tabla 65 de la Norma de la IEEE Std 241-1990 que describe los valores de resistencia y reactancia aproximadas para cables monopolares aislados de cobre y aluminio de 600V, 5KV y 15KV en ductos magnéticos y no magnéticos. De esta tabla se pueden obtener los valores de la resistencia y la reactancia solicitados en la ecuación para determinar la caída de tensión para un cable de dichas características con un calibre #2 AWG. Dicha tabla se puede observar en el Anexo A del presente trabajo. La longitud “L” será de 100 metros o 0.1 kilómetros.

$$R=0.1620 \text{ } (\Omega/1000\text{ft})$$

$$XL=0.0582 \text{ } (\Omega/1000\text{ft})$$

Se requiere convertir estas unidades en (Ω /Km), para estos el factor por el que se deberá multiplicar es de $1/0.3048=3.28$.

$$R=0.53 \text{ } (\Omega/\text{Km})$$

$$XL=0.19 \text{ } (\Omega/\text{Km})$$

$$\Delta V\% = \frac{150 \text{ KVA} \times 0.1 \text{ Km} \times (0.538) \Omega/\text{Km}}{10 \times (13.8 \text{ KV})^2} = 0.004\%$$

La caída de tensión real en el sistema es de 0.004% lo cual es mucho menor al máximo permitido por la normativa general de redes de distribución que es el 1%.

La selección por caída de tensión es de tres cables monopolares de cobre calibre #2 AWG y con aislamiento para el 100% de su capacidad en XLPE, con neutro a tierra.

Por criterio de nivel de cortocircuito

La magnitud de la corriente que puede circular por un cable en condiciones nominales está limitada por el régimen de temperatura continua del aislamiento. Sin embargo en condiciones de falla por cortocircuito existe un aumento instantáneo en la temperatura del conductor que someterá al aislante por corto periodo de tiempo a un nivel de temperatura mucho mayor.

La temperatura final del cable en condiciones de cortocircuito viene dada por la siguiente ecuación, que representa las curvas de los cables con conductores de cobre y aislamiento tipo XLPE o EPR.

$$\frac{I}{A} = \sqrt{\frac{0.0297 \times \log \frac{(T_2 + 234,5)}{(T_1 + 234,5)}}{t}} \quad (4.10)$$

I: Corriente de Cortocircuito (A)

A: Área del Conductor (CM)

T1: Temperatura inicial del Conductor (°C)



T2: Temperatura final del Conductor ($^{\circ}\text{C}$)

t: Duración del cortocircuito (s)

El valor del cortocircuito en la zona donde se realiza la instalación es de 850 A en el punto de entrega de 13.8 KV, si se asume que la duración de la falla será de cuatro ciclos de 60 Hz, el tiempo del cortocircuito será de 0.0667 segundos. Si tomamos como temperatura inicial la temperatura nominal del cable con el aislante XLPE el cual es de 90 $^{\circ}\text{C}$ y como temperatura final la máxima temperatura permitida en cortocircuito por dicho aislante que es de 250 $^{\circ}\text{C}$, se puede obtener utilizando la Ecuación 4.10 el valor del área del conductor requerida para fallas por cortocircuito.

$$\frac{850 \text{ A}}{\text{A m}^2} = \sqrt{\frac{0.0297 \times \log \frac{(250 + 234,5)}{(90 + 234,5)}}{0.0667 \text{ s}}}$$

El área del conductor calculada es de 3053 CM. Este diámetro es mucho menor al del conductor seleccionado para una tensión de 15 KV, el cual sería un calibre #2 AWG con un área de 43074 CM.

La selección por nivel de cortocircuito es de tres cables monopolares de cobre calibre #2 AWG y con aislamiento para el 100% de su capacidad en XLPE.

El cálculo del alimentador de alta tensión se realizó de acuerdo a los criterios mencionados, tal como se demostró, los tres criterios arrojan el mismo resultado. Conforme con este resultado la configuración del alimentador será la siguiente:



3 # 2 AWG – 15 KV-XLPE - Cu

La bancada por donde se ingresan los cables del punto de entrega a la subestación de transformación, tendrá dos ductos no magnéticos de cuatro pulgadas uno por donde se ingresa la terna de cables y el otro de reserva. Se construirá con concreto de 80 Kg/cm³ y relleno compactado. De acuerdo con dicha descripción la configuración de la bancada de alta tensión será la siguiente:

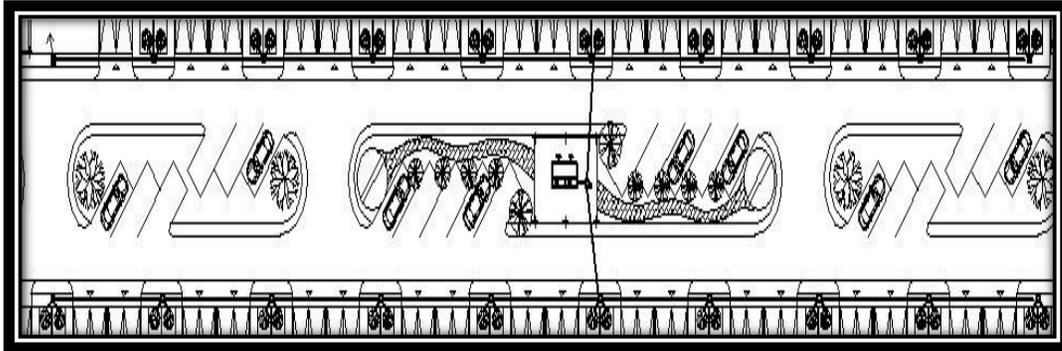
A 2 C – Φ 4” – PVC

Las conexiones al transformador se realizan a través de unos codos tipo Elastimold y unos adaptadores de conexión o bushing insert, los cuales son necesarios para realizar una correcta conexión a los terminales del transformador tipo pad mounted.

La instalación de baja tensión se inicia desde la unidad de transformación y parte desde una tanquilla ubicada a un lado del transformador, de donde salen cuatro circuitos, dos para cada lado del conjunto. Desde esa tanquilla se llega a otras ubicadas a cada lado de la calzada, para desde allí distribuir a cada unidad de vivienda desde tanquillas ubicadas a lo largo de las aceras del conjunto. Para distribuir los circuitos, los cables se colocan dentro de una bancada de baja tensión ubicada bajo las aceras del conjunto.

En la Imagen 4.4 se muestra la instalación de baja tensión. Los detalles de esta instalación se pueden observar en el Anexo C del presente trabajo.

Imagen 4.4 Instalación Eléctrica de Baja Tensión



La selección del alimentador de baja tensión se debe realizar para los cuatro circuitos existentes, analizando la carga en cada uno de ellos, la cual se deberá balancear lo mayor posible para obtener un mejor rendimiento. Luego de identificar las cargas para cada circuito se procede al dimensionamiento de los cables de acuerdo a dos criterios de diseño, del cual se tomara el más exigente de ambos para la selección del conductor:

A.- Capacidad de Corriente

B.- Caída de Tensión

Se realiza el análisis por ambos métodos para cada uno de los cuatro circuitos en que se ha dividido la carga total del conjunto.

Circuito 1

La carga por suscriptor es de 2.4 KVA y se propone dejar una reserva del 20% para cargas futuras que se pudiesen conectar en cada una de las viviendas. Bajo esta premisa se asume



una carga total de 2.88 KVA por suscriptor, redondeando será de 2.9 KVA la carga asumida para cada vivienda.

La carga total del circuito 1 viene dada por los 10 suscriptores conectados a él mismo, más la carga de cinco lámparas de iluminación exterior las cuales se conectan a este circuito y se controlan por medio de una foto celda. Estas lámparas son de 150 W y poseen un factor de potencia de 0.8, lo cual en potencia aparente nos resulta a 187.5 VA cada una o 0.9375 KVA por las cinco lámparas. Sumando las cargas obtenemos un total de 29.9375 KVA en el circuito 1, por lo cual asumiremos 30 KVA para los cálculos.

TOTAL CARGA CIRCUITO 1 (KVA): 30 KVA

Por método de capacidad de corriente

Se elige utilizar un conductor de cobre con aislante TTU cuya temperatura de régimen nominal es 75 °C y a una temperatura ambiente de 30 °C.

$$I = \frac{30000 \text{ VA}}{208 \text{ V} \times \sqrt{3}} = 83.27 \text{ A} \cong 83 \text{ A}$$

Se ingresa con este valor de corriente en la Tabla 310.16 del código eléctrico nacional (CEN) que describe las ampacidades admisibles de los conductores aislados para tensiones nominales de 0 a 2000 voltios y 60 °C a 90 °C y temperatura ambiente de 30 °C. Dicha tabla se puede observar en el Anexo A del presente trabajo.



La tabla nos arroja un valor de un cable #2 AWG, el cual soporta hasta 115 A en las condiciones antes descritas, este cable trabaja de forma holgada y tiene capacidad para la conexión de nuevas cargas en los espacios de reserva.

Por método de caída de tensión

Para el mismo tipo de conductor que se realizó el estudio por capacidad de corriente se realiza el estudio por caída de tensión. Para realizar dicho estudio se debe conocer los puntos a lo largo del conductor donde se conectan las derivaciones que van llevando energía a las cargas distribuidas.

Las cargas son los suscriptores conectados a la red, el punto de entrada para sus acometidas es el medidor el cual está ubicado en acera justo encima de donde pasa la bancada de baja tensión. La separación de pedestal a pedestal es 20 metros aproximadamente y se disponen dos medidores por pedestal de los cuales se alimentan las dos viviendas adyacentes.

Se debe calcular la capacidad de distribución para estas distancias cada dos suscriptores ya que se encuentran dos medidores por pedestal. La carga de cada uno de los suscriptores es de 2.9 KVA por lo tanto la carga en cada derivación será de dos suscriptores 5.8 KVA. También se tomará en cuenta y sumará en la ecuación la capacidad de distribución para las lámparas de iluminación exterior ubicadas con una separación de 40 metros.



$$KVA - m = [5.8 \times (30 + 50 + 70 + 90 + 110)] + [0.187 \times (30 + 50 + 70 + 90 + 110)]$$

$$KVA - m = 2030 + 65.45 = 2095.45 KVA - m$$

Para una capacidad de distribución de 2095.45 KVA-m se debe seleccionar un conductor que mantenga un valor de la caída de tensión por debajo del dos por ciento (2%). Para dicha selección se utiliza la Tabla C.E. 08, de un compendio de tablas desarrollado en la Universidad de Carabobo para la materia Proyecto de Iluminación y Canalizaciones Eléctricas. Dicha tabla muestra la capacidad de distribución en KVA-m para conductores de cobre con aislante TTU, en ductos no magnéticos. Esta tabla se puede observar en el Anexo A del presente trabajo.

La tabla fue calculada utilizando la siguiente ecuación:

$$KVA - m = 10 \times \Delta V\% \times Kv^2 / (R \times \cos\phi + X \times \text{sen}\phi)$$

Al ingresar con el valor calculado de capacidad de distribución la tabla nos arroja un valor de un cable #2/0 AWG, el cual tiene una capacidad de distribución de 2480 KVA-m. Para obtener el valor exacto de la caída de tensión que se tiene en el sistema se utiliza la siguiente ecuación:

$$\Delta V\% = \frac{2\% \times KVA - m}{KVA - m \text{ tabla}} = 2\% \times \frac{2095.45 KVA - m}{2480 KVA - m} = 1.69\%$$



La caída de tensión real en el sistema es de 1.69% siendo un valor permitido por la normativa de redes eléctricas de distribución, la cual permite un máximo del 2%.

La selección del alimentador se da por el criterio de caída de tensión por ser la más exigente para el cable, quedando la configuración de la siguiente manera:

3 # 2/0 AWG - TTU – Cu -600 V + 1 # 1/0 AWG – TTU – Cu -600 V

La bancada tendrá dos ductos no magnéticos de cuatro pulgadas uno por donde se ingresa la terna de cables mas el neutro y el otro de reserva. Se construirá con concreto de 80 Kg/cm³ y relleno compactado. De acuerdo con dicha descripción la configuración de la bancada de alta tensión será la siguiente:

B 2 C – Φ 4” – PVC

Circuito 2

La carga por suscriptor es de 2.4 KVA y se propone dejar una reserva del 20% para cargas extra que se pudiesen conectar en cada una de las viviendas. Bajo esta premisa se asume una carga total de 2.88 KVA por suscriptor, redondeando será de 2.9 KVA la carga asumida.



La carga total del circuito 2 viene dada por los 10 suscriptores conectados a él mismo, más la carga de cinco lámparas de iluminación exterior las cuales se conectan a este circuito y se controlan por medio de una foto celda. Estas lámparas son de 150 W y poseen un factor de potencia de 0.8, lo cual en potencia aparente nos resulta a 187.5 VA cada una o 0.9375 KVA por las cinco lámparas. Sumando las cargas obtenemos un total de 29.937KVA en el circuito 2.

TOTAL CARGA CIRCUITO 2 (KVA): 30 KVA

Por método de capacidad de corriente

Se elige utilizar un conductor de cobre con aislante TTU cuya temperatura de régimen nominal es 75 °C y a una temperatura ambiente de 30 °C.

$$I = \frac{30000 \text{ VA}}{208 \text{ V} \times \sqrt{3}} = 83.27 \text{ A} \cong 83 \text{ A}$$

Se ingresa con este valor de corriente en la Tabla 310.16 del código eléctrico nacional (CEN) que describe las ampacidades admisibles de los conductores aislados para tensiones nominales de 0 a 2000 voltios y 60 °C a 90 °C y temperatura ambiente de 30 °C.

Dicha tabla se puede observar en el Anexo A del presente trabajo.

La tabla nos arroja un valor de un cable #6 AWG, el cual soporta hasta 115 A en las condiciones antes descritas, este cable trabaja de forma holgada y tiene capacidad para la conexión de nuevas cargas en los espacios de reserva.



Por método de caída de tensión

Para el mismo tipo de conductor que se realizó el estudio por capacidad de corriente se realiza el estudio por caída de tensión. Para realizar dicho estudio se debe conocer los puntos a lo largo del conductor donde se conectan las derivaciones que van llevando energía a las cargas distribuidas.

Las cargas son los suscriptores conectados a la red, el punto de entrada para sus acometidas es el medidor el cual está ubicado en acera justo encima de donde pasa la bancada de baja tensión. La separación de pedestal a pedestal es 20 metros y se disponen dos medidores por pedestal de los cuales se alimentan las dos viviendas adyacentes.

Se debe calcular la capacidad de distribución para estas distancias cada dos suscriptores ya que se encuentran dos medidores por pedestal. La carga de cada uno de los suscriptores es de 2.9 KVA por lo tanto la carga en cada derivación será de dos suscriptores 5.8 KVA. También se tomará en cuenta y sumará en la ecuación la capacidad de distribución para las lámparas de iluminación exterior ubicadas con una separación de 40 metros.

$$KVA - m = [5.8 \times (10 + 30 + 50 + 70 + 90)] + [0.187 \times (10 + 30 + 50 + 70 + 90)]$$

$$KVA - m = 1450 + 46.75 = 1496.75 KVA - m$$



Para una capacidad de distribución de 1496.75 KVA-m se debe seleccionar un conductor que mantenga un valor de la caída de tensión por debajo del dos por ciento (2%). Para dicha selección se utiliza la Tabla C.E. 08, de un compendio de tablas desarrollado en la Universidad de Carabobo para la materia Proyecto de Iluminación y Canalizaciones Eléctricas. Dicha tabla muestra la capacidad de distribución en KVA-m para conductores de cobre con aislante TTU, en ductos no magnéticos. Esta tabla se puede observar en el Anexo A del presente trabajo.

La tabla fue calculada utilizando la siguiente ecuación:

$$KVA - m = 10 \times \Delta V\% \times Kv^2 / (R \times \cos\phi + X \times \sin\phi)$$

Al ingresar con el valor calculado de capacidad de distribución la tabla nos arroja un valor de un cable #1/0 AWG, el cual tiene una capacidad de distribución de 2021 KVA-m. Para obtener el valor exacto de la caída de tensión que se tiene en el sistema se utiliza la siguiente ecuación:

$$\Delta V\% = \frac{2\% \times KVA - m}{KVA - m \text{ tabla}} = 2\% \times \frac{1496.75 KVA - m}{2021 KVA - m} = 1.48\%$$

La caída de tensión real en el sistema es de 1.48% siendo un valor permitido por la normativa de redes eléctricas de distribución, la cual permite un máximo del 2%.

La selección del alimentador se da por el criterio de caída de tensión por ser la más exigente para el cable, quedando la configuración de la siguiente manera:

$$\underline{\underline{3 \# 2/0 \text{ AWG} - \text{TTU} - \text{Cu} - 600 \text{ V} + 1 \# 1/0 \text{ AWG} - \text{TTU} - \text{Cu} - 600 \text{ V}}}$$



La bancada tendrá dos ductos no magnéticos de cuatro pulgadas uno por donde se ingresa la terna de cables mas el neutro y el otro de reserva. Se construirá con concreto de 80 Kg/cm³ y relleno compactado. De acuerdo con dicha descripción la configuración de la bancada de alta tensión será la siguiente:

B 2 C – Φ 4” – PVC

Circuito 3

La carga por suscriptor es de 2.4 KVA y se propone dejar una reserva del 20% para cargas extra que se pudiesen conectar en cada una de las viviendas. Bajo esta premisa se asume una carga total de 2.88 KVA por suscriptor, redondeando será de 2.9 KVA la carga asumida.

La carga total del circuito 3 viene dada por los 8 suscriptores conectados a él mismo, más la carga de cinco lámparas de iluminación exterior las cuales se conectan a este circuito y se controlan por medio de una foto celda. Estas lámparas son de 150 W y poseen un factor de potencia de 0.8, lo cual en potencia aparente nos resulta a 312.5 VA cada una o 0.9375 KVA por las cinco lámparas. También se debe sumar a este circuito la carga de servicios del cuarto de hidroneumático y los portones eléctricos, esta carga representa 9.3 KVA que fue calculada en la sección 4.2 del presente trabajo, tres reflectores decorativos de 150 W que poseen un factor de potencia de 0.8, lo cual en potencia aparente nos resulta a 187.5 VA cada una o 0.562 KVA por los tres reflectores. Además se alimentan las cargas de



iluminación del cuarto de hidroneumático (dos puntos), el cuarto de basura (dos puntos) y la vigilancia (dos puntos) y tres tomacorrientes de uso general. Estas cargas representan 100 VA por cada punto de iluminación y 150 VA para cada tomacorriente de uso general. Sumando las cargas obtenemos un total de 35 KVA en el circuito 3.

TOTAL CARGA CIRCUITO 3 (KVA): 35 KVA

Por método de capacidad de corriente

Se elige utilizar un conductor de cobre con aislante TTU cuya temperatura de régimen nominal es 75 °C y a una temperatura ambiente de 30 °C.

$$I = \frac{35000 \text{ VA}}{208 \text{ V} \times \sqrt{3}} = 97.15 \text{ A} \cong 97 \text{ A}$$

Se ingresa con este valor de corriente en la Tabla 310.16 del código eléctrico nacional (CEN) que describe las ampacidades admisibles de los conductores aislados para tensiones nominales de 0 a 2000 voltios y 60 °C a 90 °C y temperatura ambiente de 30 °C.

Dicha tabla se puede observar en el Anexo A del presente trabajo.

La tabla nos arroja un valor de un cable #2 AWG, el cual soporta hasta 115 A en las condiciones antes descritas, este cable trabaja de forma holgada y tiene capacidad para la conexión de nuevas cargas en los espacios de reserva.



Por método de caída de tensión

Para el mismo tipo de conductor que se realizó el estudio por capacidad de corriente se realiza el estudio por caída de tensión. Para realizar dicho estudio se debe conocer los puntos a lo largo del conductor donde se conectan las derivaciones que van llevando energía a las cargas distribuidas.

Las cargas son los suscriptores conectados a la red, el punto de entrada para sus acometidas es el medidor el cual está ubicado en acera justo encima de donde pasa la bancada de baja tensión. La separación de pedestal a pedestal es 20 metros y se disponen dos medidores por pedestal de los cuales se alimentan las dos viviendas adyacentes.

Se debe calcular la capacidad de distribución para estas distancias cada dos suscriptores ya que se encuentran dos medidores por pedestal. La carga de cada uno de los suscriptores es de 2.9 KVA por lo tanto la carga en cada derivación será de dos suscriptores 5.8 KVA. También se tomará en cuenta y sumará en la ecuación la capacidad de distribución para las lámparas de iluminación exterior ubicadas con una separación de 20 metros. Las últimas cargas por incluir en la ecuación será la del sistema hidroneumático la cual se encuentra a 110 metros del punto de entrega y la de los portones eléctricos y carga de vigilancia también a 110 metros del punto de entrega.

$$\begin{aligned}KVA - m &= [5.8 \times (30 + 50 + 70 + 90)] + [0.187 \times (30 + 50 + 70 + 90 + 110)] \\ &+ [8.4 \times (110)] + [1.95 \times (110)] \\ KVA - m &= 1392 + 65.45 + 924 + 214.5 = 2595.95 KVA - m\end{aligned}$$



Para una capacidad de distribución de 2595.95 KVA-m se debe seleccionar un conductor que mantenga un valor de la caída de tensión por debajo del dos por ciento (2%). Para dicha selección se utiliza la Tabla C.E. 08, de un compendio de tablas desarrollado en la Universidad de Carabobo para la materia Proyecto de Iluminación y Canalizaciones Eléctricas. Dicha tabla muestra la capacidad de distribución en KVA-m para conductores de cobre con aislante TTU, en ductos no magnéticos. Esta tabla se puede observar en el Anexo A del presente trabajo.

La tabla fue calculada utilizando la siguiente ecuación:

$$KVA - m = 10 \times \Delta V\% \times Kv^2 / (R \times \cos\phi + X \times \sin\phi)$$

Al ingresar con el valor calculado de capacidad de distribución la tabla nos arroja un valor de un cable #4/0 AWG, el cual tiene una capacidad de distribución de 3662 KVA-m. Para obtener el valor exacto de la caída de tensión que se tiene en el sistema se utiliza la siguiente ecuación:

$$\Delta V\% = \frac{2\% \times KVA - m}{KVA - m \text{ tabla}} = 2\% \times \frac{2595.95 KVA - m}{3662 KVA - m} = 1.41\%$$

La caída de tensión real en el sistema es de 1.41% siendo un valor permitido por la normativa de redes eléctricas de distribución, la cual permite un máximo del 2%.

La selección del alimentador se da por el criterio de caída de tensión por ser la más exigente para el cable, quedando la configuración de la siguiente manera:



3 # 4/0 AWG - TTU – Cu -600 V + 1 # 2/0 AWG – TTU – Cu -600 V

La bancada tendrá dos ductos no magnéticos de cuatro pulgadas uno por donde se ingresa la terna de cables mas el neutro y el otro de reserva. Se construirá con concreto de 80 Kg/cm³ y relleno compactado. De acuerdo con dicha descripción la configuración de la bancada de alta tensión será la siguiente:

B 2 C – Φ 4” – PVC

Circuito 4

La carga por suscriptor es de 2.4 KVA y se propone dejar una reserva del 20% para cargas extra que se pudiesen conectar en cada una de las viviendas. Bajo esta premisa se asume una carga total de 2.88 KVA por suscriptor, redondeando será de 2.9 KVA la carga asumida.

La carga total del circuito 4 viene dada por los 10 suscriptores conectados a él mismo, más la carga de cinco lámparas de iluminación exterior las cuales se conectan a este circuito y se controlan por medio de una foto celda. Estas lámparas son de 150 W y poseen un factor de potencia de 0.8, lo cual en potencia aparente nos resulta a 312.5 VA cada una o 0.9375 KVA por las cinco lámparas. Sumando las cargas obtenemos un total de 29.937 KVA en el circuito 4.



TOTAL CARGA CIRCUITO 4 (KVA): 30 KVA

Por método de capacidad de corriente

Se elige utilizar un conductor de cobre con aislante TTU cuya temperatura de régimen nominal es 75 °C y a una temperatura ambiente de 30 °C.

$$I = \frac{30000 \text{ VA}}{208 \text{ V} \times \sqrt{3}} = 83.27 \text{ A} \cong 83 \text{ A}$$

Se ingresa con este valor de corriente en la Tabla 310.16 del código eléctrico nacional (CEN) que describe las ampacidades admisibles de los conductores aislados para tensiones nominales de 0 a 2000 voltios y 60 °C a 90 °C y temperatura ambiente de 30 °C. Dicha tabla se puede observar en el Anexo A del presente trabajo.

La tabla nos arroja un valor de un cable #2 AWG, el cual soporta hasta 115 A en las condiciones antes descritas, este cable trabaja de forma holgada y tiene capacidad para la conexión de nuevas cargas en los espacios de reserva.

Por método de caída de tensión

Para el mismo tipo de conductor que se realizó el estudio por capacidad de corriente se realiza el estudio por caída de tensión. Para realizar dicho estudio se debe conocer los puntos a lo largo del conductor donde se conectan las derivaciones que van llevando energía a las cargas distribuidas.



Las cargas son los suscriptores conectados a la red, el punto de entrada para sus acometidas es el medidor el cual está ubicado en acera justo encima de donde pasa la bancada de baja tensión. La separación de pedestal a pedestal es 20 metros y se disponen dos medidores por pedestal de los cuales se alimentan las dos viviendas adyacentes.

Se debe calcular la capacidad de distribución para estas distancias cada dos suscriptores ya que se encuentran dos medidores por pedestal. La carga de cada uno de los suscriptores es de 2.9 KVA por lo tanto la carga en cada derivación será de dos suscriptores 5.8 KVA. También se tomará en cuenta y sumara en la ecuación la capacidad de distribución para las lámparas de iluminación exterior ubicadas con una separación de 20 metros.

$$KVA - m = [5.8 \times (10 + 30 + 50 + 70 + 90)] + [0.187 \times (10 + 30 + 50 + 70 + 90)]$$

$$KVA - m = 1450 + 46.75 = 1496.75 KVA - m$$

Para una capacidad de distribución de 1496.75 KVA-m se debe seleccionar un conductor que mantenga un valor de la caída de tensión por debajo del dos por ciento (2%). Para dicha selección se utiliza la Tabla C.E. 08, de un compendio de tablas desarrollado en la Universidad de Carabobo para la materia Proyecto de Iluminación y Canalizaciones Eléctricas. Dicha tabla muestra la capacidad de distribución en KVA-m para conductores de cobre con aislante TTU, en ductos no magnéticos. Esta tabla se puede observar en el Anexo A del presente trabajo.



La tabla fue calculada utilizando la siguiente ecuación:

$$KVA - m = 10 \times \Delta V\% \times Kv^2 / (R \times \cos\phi + X \times \sin\phi)$$

Al ingresar con el valor calculado de capacidad de distribución la tabla nos arroja un valor de un cable #1/0 AWG, el cual tiene una capacidad de distribución de 2021 KVA-m. Para obtener el valor exacto de la caída de tensión que se tiene en el sistema se utiliza la siguiente ecuación:

$$\Delta V\% = \frac{2\% \times KVA - m}{KVA - m \text{ tabla}} = 2\% \times \frac{1496.75 KVA - m}{2021 KVA - m} = 1.48\%$$

La caída de tensión real en el sistema es de 1.48% siendo un valor permitido por la normativa de redes eléctricas de distribución, la cual permite un máximo del 2%.

La selección del alimentador se da por el criterio de caída de tensión por ser la más exigente para el cable, quedando la configuración de la siguiente manera:

3 # 2/0 AWG - TTU - Cu -600 V + 1 # 1/0 AWG - TTU - Cu -600 V

La bancada tendrá dos ductos no magnéticos de cuatro pulgadas uno por donde se ingresa la terna de cables mas el neutro y el otro de reserva. Se construirá con concreto de 80 Kg/cm³ y relleno compactado. De acuerdo con dicha descripción la configuración de la bancada de alta tensión será la siguiente:

B 2 C - Φ 4" - PVC



En la Tabla 4.8 se describen las secciones de la presentación y se indica la potencia aparente de cada sección y el alimentador de cada una de ellas. Comprende media y baja tensión donde para cada alimentador se especificara, tipo, calibre y la distancia que se debe cubrir para alimentar toda la sección correspondiente.

Tabla 4.8 Carga y Alimentadores por Sección

Sección del Sistema	Potencia en (KVA)	Conductor Tipo	Calibre Fase/Neutro	Distancia Total (m)
Media Tensión 13.8 KV	150	Cu-XLPE 15 KV	#2 AWG	110
Baja Tensión Circuito 1	30	Cu-TTU 600 V	2/0 AWG 1/0 AWG	110
Baja Tensión Circuito 2	30	Cu-TTU 600 V	2/0 AWG 1/0 AWG	90
Baja Tensión Circuito 3	35	Cu-TTU 600 V	4/0 AWG 2/0 AWG	110
Baja Tensión Circuito 4	30	Cu-TTU 600 V	2/0 AWG 1/0 AWG	90

Una vez realizado el diseño, habiendo dimensionado los dispositivos a utilizar y contabilizado las cantidades respectivas de cada uno de ellos se procede a elaborar el presupuesto detallado por partidas del mismo, con un análisis de precio unitario de cada una de las partidas incluidas, reflejando y detallando, materiales, herramientas y mano de obra necesarias para ejecutar esa partida, además de los gastos de administración, la utilidad generada a la empresa por la ejecución de la misma.



Luego de elaborado el presupuesto y sumadas todas sus partidas, se calcula el impuesto del 12% IVA. En este punto obtenemos un costo total del presupuesto, el cual para esta configuración (AT Subterránea – BT Subterránea), asciende al monto de:

Total General = 842.232,87 Bolívares

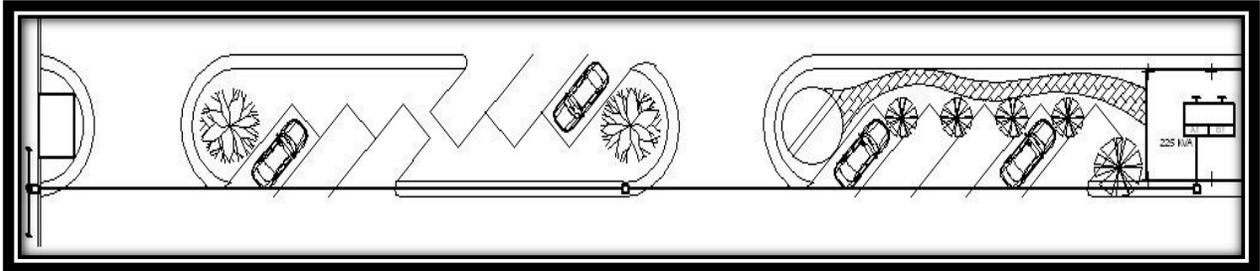
El monto esta expresado en Bolívares Fuertes y representa el valor total que representa la ejecución de dicha propuesta como proyecto de electrificación.

Los detalles del presupuesto, y los análisis de precio unitario de cada partida, se pueden observar en el Apéndice 1 del presente trabajo.



4.3.2 Alta Tensión Subterránea, Baja Tensión Aérea

La presente selección cuenta con las instalaciones eléctricas de media tensión subterráneas y las de baja tensión aéreas. Se comienza con la conexión a una línea de alta tensión (13.8 KV), ubicada en las afueras del conjunto residencial. La línea existente pasa perpendicular a la disposición del terreno donde se realiza la construcción, la conexión se realiza a través de un bajante donde se interconecta con la instalación interna en una tanquilla de alta tensión. Luego se ingresa la terna de cables a través de una bancada de 100 metros de largo que pasa por el centro de la vialidad con una tanquilla intermedia, hasta la unidad de transformación la cual será un transformador de pedestal (Pad Munted), donde las conexiones se harán desde otra tanquilla de alta tensión ubicada frente al transformador. El circuito alimentador será radial en toda su extensión. En la Imagen 4.5 se muestra la instalación de alta tensión. Los detalles de esta instalación se pueden observar en el Anexo C del presente trabajo.

Imagen 4.5 Instalación Eléctrica de Alta Tensión

El calibre del alimentador se selecciona de acuerdo a tres criterios de diseño, de los cuales se selecciona la condición más exigente para el conductor.

- A.- Capacidad de Corriente
- B.- Caída de Tensión
- C.- Nivel de Cortocircuito

Por criterio de capacidad de corriente

La selección de la subestación de transformación fue dimensionada con una capacidad de 150 KVA. La corriente del alimentador viene dada por la siguiente ecuación.

$$I = \frac{150 \text{ KVA}}{13.8 \text{ KV} \times \sqrt{3}} = 6.27 \text{ A} \cong 7 \text{ A}$$

El cable seleccionado como alimentador será una terna de cables monopolares de cobre, con una temperatura máxima del conductor de 90 °C y temperatura ambiente de 25 °C. El aislante de dicho cable será de tipo XLPE o EPR que permite un régimen nominal de



trabajo con las temperaturas antes mencionadas y un nivel de carga del 100% aunque por norma el nivel máximo de carga para el conductor deberá ser 80%.

La Tabla 310.77 del código eléctrico nacional (CEN) describe las ampacidades admisibles de tres conductores de cobre aislados en ductos eléctricos subterráneos (tres conductores por ducto), para tensiones nominales de 2001 a 35000 voltios, 90 °C y temperatura de la tierra de 30 °C. Dicha tabla se puede observar en el Anexo A del presente trabajo.

Ingresando con ese valor de corriente en la mencionada tabla se obtiene un valor de un cable de calibre #6 AWG, el cual soporta hasta 90 A en las condiciones antes descritas, este cable trabaja de forma holgada y tiene capacidad para la conexión de nuevas cargas en los espacios de reserva.

El cable seleccionado viene dado por la norma de distribución de CADAFE “NT-DV-00-03-14”, la cual dicta que el menor calibre para redes de distribución subterráneas es #2 AWG, a pesar de tener mucho más capacidad de la requerida en el sistema. El conductor de calibre #2 AWG que para un factor de carga del 100% soporta una corriente de 159 A lo cual es mucho mayor a lo requerido.

La selección por capacidad de corriente es de tres cables monopolares de cobre calibre #2 AWG y con aislamiento para el 100% de su capacidad en XLPE, neutro a tierra.

Por criterio de caída de tensión

Las normas generales de distribución indican que la caída de tensión en líneas de distribución primarias no debe exceder del 1% en el punto más crítico y con carga



máxima. Para el cálculo de la caída real de tensión desde el punto de entrega hasta la conexión al transformador se utiliza la siguiente ecuación.

$$\Delta V\% = \frac{KVA \times L \times (R \times \cos\phi + X \times \sin\phi)}{10 \times (Kv)^2} \quad (4.9)$$

L: Longitud del Circuito (Km)

Kv: Tensión del Sistema (KV)

KVA: Potencia del Sistema (KVA)

R: Resistencia del Conductor en (Ω /Km)

X: Reactancia del Conductor en (Ω /Km)

Haciendo uso de la Tabla 65 de la Norma de la IEEE Std 241-1990 que describe los valores de resistencia y reactancia aproximadas para cables monopolares aislados de cobre y aluminio de 600V, 5KV y 15KV en ductos magnéticos y no magnéticos. De esta tabla se pueden obtener los valores de la resistencia y la reactancia solicitados en la ecuación para determinar la caída de tensión para un cable de dichas características con un calibre #2 AWG. Dicha tabla se puede observar en el Anexo A del presente trabajo. La longitud “L” será de 100 metros o 0.1 kilómetros.

$$R=0.1620 \text{ } (\Omega/1000\text{ft})$$

$$XL=0.0582 \text{ } (\Omega/1000\text{ft})$$

Se requiere convertir estas unidades en (Ω /Km), para estos el factor por el que se deberá multiplicar es de $1/0.3048=3.28$.

$$R=0.53 \text{ } (\Omega/\text{Km})$$

$$XL=0.19 \text{ } (\Omega/\text{Km})$$

$$\Delta V\% = \frac{150 \text{ KVA} \times 0.1 \text{ Km} \times (0.538) \Omega/\text{Km}}{10 \times (13.8 \text{ KV})^2} = 0.004\%$$

La caída de tensión real en el sistema es de 0.004% lo cual es mucho menor al máximo permitido por la normativa general de redes de distribución que es el 1%.

La selección por caída de tensión es de tres cables monopolares de cobre calibre #2 AWG y con aislamiento para el 100% de su capacidad en XLPE, neutro a tierra.

Por criterio de nivel de cortocircuito

La magnitud de la corriente que puede circular por un cable en condiciones nominales está limitada por el régimen de temperatura continua del aislamiento. Sin embargo en condiciones de falla por cortocircuito existe un aumento instantáneo en la temperatura del conductor que someterá al aislante por corto periodo de tiempo a un nivel de temperatura mucho mayor.

La temperatura final del cable en condiciones de cortocircuito viene dada por la siguiente ecuación, que representa las curvas de los cables con conductores de cobre y aislamiento tipo XLPE o EPR.

$$\frac{I}{A} = \sqrt{\frac{0.0297 \times \log \frac{(T_2 + 234,5)}{(T_1 + 234,5)}}{t}} \quad (4.10)$$

I: Corriente de Cortocircuito (A)

A: Área del Conductor (CM)



T1: Temperatura inicial del Conductor (°C)

T2: Temperatura final del Conductor (°C)

t: Duración del cortocircuito (s)

El valor del cortocircuito en la zona donde se realiza la instalación es de 850 A en el punto de entrega de 13.8 KV, si se asume que la duración de la falla será de cuatro ciclos de 60 Hz, el tiempo del cortocircuito será de 0.0667 segundos. Si tomamos como temperatura inicial la temperatura nominal del cable con el aislante XLPE el cual es de 90 °C y como temperatura final la máxima temperatura permitida en cortocircuito por dicho aislante que es de 250 °C, se puede obtener utilizando la Ecuación 4.10 el valor del área del conductor requerida para fallas por cortocircuito.

$$\frac{850 A}{A m} = \sqrt{\frac{0.0297 \times \log \frac{(250 + 234,5)}{(90 + 234,5)}}{0.0667 s}}$$

El área del conductor calculada es de 3053 CM. Este diámetro es mucho menor al del conductor seleccionado para una tensión de 15 KV, el cual sería un calibre #2 AWG con un área de 43074 CM.

La selección por nivel de cortocircuito es de tres cables monopolares de cobre calibre #2 AWG y con aislamiento para el 100% de su capacidad en XLPE.



El cálculo del alimentador de alta tensión se realizó de acuerdo a los criterios mencionados, tal como se demostró, los tres criterios arrojan el mismo resultado. Conforme con este resultado la configuración del alimentador será la siguiente:

3 # 2 AWG – 15 KV-XLPE - Cu

La bancada por donde se ingresan los cables del punto de entrega a la subestación de transformación, tendrá dos ductos no magnéticos de cuatro pulgadas uno por donde se ingresa la terna de cables y el otro de reserva. Se construirá con concreto de 80 Kg/cm³ y relleno compactado. De acuerdo con dicha descripción la configuración de la bancada de alta tensión será la siguiente:

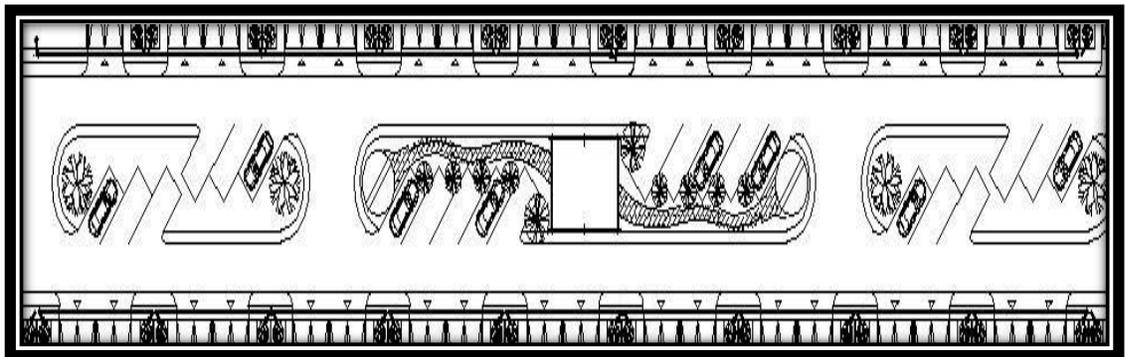
A 2 C – Φ 4” – PVC

Las conexiones al transformador se realizan a través de unos codos tipo Elastimold y unos adaptadores de conexión o bushing insert, los cuales son necesarios para realizar una correcta conexión a los terminales del transformador tipo pad mounted.

La instalación de baja tensión se inicia desde la unidad de transformación y parte desde una tanquilla ubicada a un lado del transformador, de donde salen cuatro circuitos, dos para cada lado del conjunto. Desde esa tanquilla se llega a otras ubicadas a cada lado de la calzada, para desde allí distribuir a cada unidad de vivienda desde tanquillas ubicadas a lo largo de las aceras del conjunto. Para distribuir los circuitos, los cables se colocan dentro de una bancada de baja tensión ubicada bajo las aceras del conjunto.

En la Imagen 4.6 se muestra la instalación de baja tensión. Los detalles de esta instalación se pueden observar en el Anexo C del presente trabajo.

Imagen 4.6 Instalación Eléctrica de Baja Tensión



La selección del alimentador de baja tensión se debe realizar de acuerdo a los cuatro circuitos existentes, analizando la carga en cada uno de ellos, la cual se deberá balancear lo mayor posible para obtener un mejor rendimiento. Luego de separar las cargas para cada circuito se procede al dimensionamiento de los cables de acuerdo a dos criterios de diseño, del cual se tomara el más exigente de ambos para el conductor:

A.- Capacidad de Corriente

B.- Caída de Tensión

Se realiza el análisis por ambos métodos para cada uno de los cuatro circuitos en que se ha dividido la carga total del conjunto.



Circuito 1

La carga por suscriptor es de 2.4 KVA y se propone dejar una reserva del 20% para cargas futuras que se pudiesen conectar en cada una de las viviendas. Bajo esta premisa se asume una carga total de 2.88 KVA por suscriptor, redondeando será de 2.9 KVA la carga asumida para cada vivienda.

La carga total del circuito 1 viene dada por los 10 suscriptores conectados a él mismo, más la carga de cinco lámparas de iluminación exterior las cuales se conectan a este circuito y se controlan por medio de una foto celda. Estas lámparas son de 150 W y poseen un factor de potencia de 0.8, lo cual en potencia aparente nos resulta a 187.5 VA cada una o 0.9375 KVA por las cinco lámparas. Sumando las cargas obtenemos un total de 29.9375 KVA en el circuito 1.

TOTAL CARGA CIRCUITO 1 (KVA): 30 KVA

Por método de capacidad de corriente

Se elige utilizar un conductor desnudo de aleación de aluminio AA6201-T81 ARVIDAL, para media tensión, cuya temperatura de régimen nominal es 75 °C y a una temperatura ambiente de 25 °C.

$$I = \frac{30000 \text{ VA}}{208 \text{ V} \times \sqrt{3}} = 83.27 \text{ A} \cong 83 \text{ A}$$



Se ingresa con este valor de corriente en la Tabla del Reglamento y normas generales para redes de distribución y líneas de alimentación de CADAFE que describe las características de los conductores de aluminio desnudo, para líneas aéreas y con temperaturas de 75 °C y temperatura ambiente de 25 °C. Dicha tabla se puede Observar en el Anexo A del presente trabajo.

Ingresando con ese valor de corriente en la mencionada tabla, se obtiene un conductor #6 AWG, el cual soporta hasta 100 A en las condiciones antes descritas, sin embargo el reglamento y normas generales para redes de distribución y líneas de alimentación indica que el calibre mínimo para conductores de aluminio desnudo en redes secundarias, es #2 AWG por lo cual será el conductor seleccionado.

La selección por capacidad de corriente es de tres conductores desnudos de aleación de aluminio AA6201-T81 ARVIDAL, para media tensión, calibre #2 AWG.

Por método de caída de tensión

Para el mismo tipo de conductor que se realizó el estudio por capacidad de corriente se realiza el estudio por caída de tensión. Para realizar dicho estudio se debe conocer los puntos a lo largo del conductor donde se conectan las derivaciones que van llevando energía a las cargas distribuidas.

Las cargas son los suscriptores conectados a la red, el punto de entrada para sus acometidas es el medidor el cual está ubicado en acera justo encima de donde pasa la bancada de baja tensión. La separación de pedestal a pedestal es 20 metros y se disponen dos medidores por pedestal de los cuales se alimentan las dos viviendas adyacentes.



Se debe calcular la capacidad de distribución para estas distancias cada dos suscriptores ya que se encuentran dos medidores por pedestal. La carga de cada uno de los suscriptores es de 2.9 KVA por lo tanto la carga en cada derivación será de dos suscriptores 5.8 KVA. También se tomará en cuenta y sumara en la ecuación la capacidad de distribución para las lámparas de iluminación exterior ubicadas con una separación de 20 metros.

$$KVA - m = [5.8 \times (20 + 40 + 60 + 80 + 100)] + [0.187 \times (20 + 40 + 60 + 80 + 100)]$$

$$KVA - m = 1740 + 56.1 = 1796.1 KVA - m$$

Para una capacidad de distribución de 1796.1 KVA-m se debe seleccionar un conductor que mantenga un valor de la caída de tensión por debajo del dos por ciento (2%). Para dicha selección se utiliza la siguiente ecuación:

$$KVA - m = 10 \times \Delta V\% \times Kv^2 / (R \times \cos\phi + X \times \sin\phi)$$

Con esta ecuación se realiza el cálculo de la capacidad de distribución la cual deberá ser mayor a la capacidad de distribución calculada de 1796.1 KVA-m.

Para el valor de la resistencia se utiliza la Tabla del reglamento y normas generales para redes de distribución y líneas de alimentación de CADAFE que describe las características de los conductores de aluminio desnudo, para líneas aéreas y con temperaturas de 75 °C y temperatura ambiente de 25 °C.

Para el cálculo de la reactancia del conductor utilizamos la siguiente ecuación:

$$XL = 2 \times \pi \times f \times L \times long$$

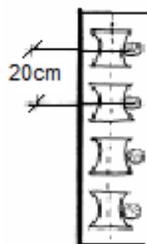
Esta reactancia es expresada en ohmios (Ω) y se requiere el cálculo de la inductancia “L” ya que la frecuencia es conocida (60 Hz) y la longitud es el tramo de línea en estudio la cual es de 110 metros.

La inductancia “L” será calculada con la siguiente ecuación:

$$L = 2 \times 10^{-7} \times \ln \frac{D_m}{D_s}$$

Esta inductancia estará expresada en Henrios por metro (H/m).

El valor de D_m que será la distancia media geométrica mutua entre los conductores depende de la configuración en que se dispongan los mismos y se calcula de la siguiente manera:

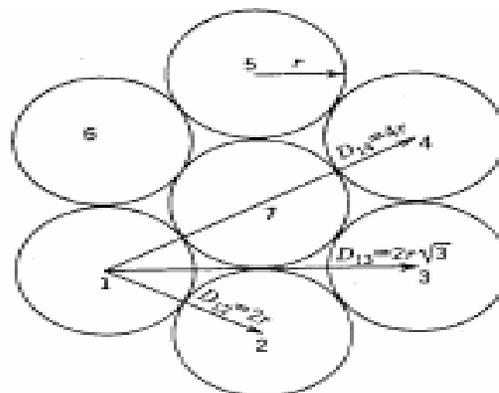


$$D_m = \sqrt[6]{D_1 \times D_2 \times D_3 \times D_4 \times D_5 \times D_6}$$

$$D_1 = D_2 = D_3 = 20\text{cm} = 0.2\text{m}$$

$$D_4 = D_5 = 40\text{cm} = 0.4\text{m} \quad D_6 = 60\text{cm} = 0.6\text{m}$$

El valor de D_s que será la distancia media geometría propia de cada conductor se calcula de la siguiente manera para un conductor de 7 hilos:



$$D_s = \sqrt[7]{r \times \sqrt[49]{(2^2 \times r^2 \times 3 \times 2^2 \times r^2 \times 2^2 \times r \times 2 \times r \times 2 \times r)^6}}$$

El radio “r” del conductor seleccionado por el método de capacidad de corriente es 4mm

$$D_s = 0.0087\text{m} \quad D_m = 0.3026\text{m} \quad f = 60 \text{ Hz} \quad \text{long} = 110\text{m}$$

$$L = 2 \times 10^{-7} \times \ln \frac{0.3026}{0.0087} = 7.09 \times 10^{-6} \text{ H/m}$$

$$XL = 2 \times \pi \times 60 \times 9.04 \times 10^{-6} \times 110 = 0.294 \text{ } \Omega/\text{Km}$$

Al haber obtenido los valores de “r” y “xl” se sustituyen en la ecuación para calcular el término $(R \times \cos\phi + X \times \sin\phi)$ y finalmente se calcula la capacidad de distribución con el conductor seleccionado calibre #2 AWG.

$$KVA - m = 10 \times \Delta V\% \times Kv^2 / (0.916 \times 10^{-3})$$

$$KVA - m = 2.595 / (0.916 \times 10^{-3}) = 2833.88 \text{ Kva} - m$$

Para calcular la caída de tensión del sistema se relaciona la capacidad de distribución necesaria con la capacidad de distribución calculada para el conductor.

$$\Delta V\% = \frac{KVA - m}{KVA - m \text{ conductor}} = \frac{1796.1 \text{ KVA} - m}{2833.88 \text{ KVA} - m} = 0.63\%$$

La selección por caída de tensión es de cuatro conductores desnudos de aleación de aluminio AA6201-T81 ARVIDAL, para media tensión, calibre #2 AWG.

4 x (AA6201 #2 AWG)

Circuito 2

La carga por suscriptor es de 2.4 KVA y se propone dejar una reserva del 20% para cargas extra que se pudiesen conectar en cada una de las viviendas. Bajo esta premisa se asume



una carga total de 2.88 KVA por suscriptor, redondeando será de 2.9 KVA la carga asumida.

La carga total del circuito 2 viene dada por los 10 suscriptores conectados a él mismo, más la carga de cinco lámparas de iluminación exterior las cuales se conectan a este circuito y se controlan por medio de una foto celda. Estas lámparas son de 150 W y poseen un factor de potencia de 0.8, lo cual en potencia aparente nos resulta a 187.5 VA cada una o 0.9375 KVA por las tres lámparas. Sumando las cargas obtenemos un total de 29.9375KVA en el circuito 2.

TOTAL CARGA CIRCUITO 2 (KVA): 30 KVA

Por método de capacidad de corriente

Se elige utilizar un conductor desnudo de aleación de aluminio AA6201-T81 ARVIDAL, para media tensión, cuya temperatura de régimen nominal es 75 °C y a una temperatura ambiente de 25 °C.

$$I = \frac{30000 \text{ VA}}{208 \text{ V} \times \sqrt{3}} = 83.27 \text{ A} \cong 83 \text{ A}$$

Se ingresa con este valor de corriente en la Tabla del Reglamento y normas generales para redes de distribución y líneas de alimentación de CADAFE que describe las características de los conductores de aluminio desnudo, para líneas aéreas y con temperaturas de 75 °C y temperatura ambiente de 25 °C. Dicha tabla se puede Observar en el Anexo A del presente trabajo.



Ingresando con ese valor de corriente en la mencionada tabla, se obtiene un conductor #6 AWG, el cual soporta hasta 100 A en las condiciones antes descritas, sin embargo el reglamento y normas generales para redes de distribución y líneas de alimentación indica que el calibre mínimo para conductores de aluminio desnudo en redes secundarias, es #2 AWG por lo cual será el conductor seleccionado.

La selección por capacidad de corriente es de tres conductores desnudos de aleación de aluminio AA6201-T81 ARVIDAL, para media tensión, calibre #2 AWG.

Por método de caída de tensión

Para el mismo tipo de conductor que se realizó el estudio por capacidad de corriente se realiza el estudio por caída de tensión. Para realizar dicho estudio se debe conocer los puntos a lo largo del conductor donde se conectan las derivaciones que van llevando energía a las cargas distribuidas.

Las cargas son los suscriptores conectados a la red, el punto de entrada para sus acometidas es el medidor el cual está ubicado en acera justo encima de donde pasa la bancada de baja tensión. La separación de pedestal a pedestal es 20 metros y se disponen dos medidores por pedestal de los cuales se alimentan las dos viviendas adyacentes.

Se debe calcular la capacidad de distribución para estas distancias cada dos suscriptores ya que se encuentran dos medidores por pedestal. La carga de cada uno de los suscriptores es de 2.9 KVA por lo tanto la carga en cada derivación será de dos suscriptores 5.8 KVA. También se tomará en cuenta y sumará en la ecuación la capacidad de distribución para las lámparas de iluminación exterior ubicadas con una separación de 20 metros.



$$KVA - m = [5.8 \times (20 + 40 + 60 + 80)] + [0.187 \times (20 + 40 + 60 + 80)]$$

$$KVA - m = 1160 + 37.4 = 1197.4 KVA - m$$

Para una capacidad de distribución de 1197.4 KVA-m se debe seleccionar un conductor que mantenga un valor de la caída de tensión por debajo del dos por ciento (2%). Para dicha selección se utiliza la siguiente ecuación:

$$KVA - m = 10 \times \Delta V\% \times Kv^2 / (R \times \cos\phi + X \times \sin\phi)$$

Con esta ecuación se realiza el cálculo de la capacidad de distribución la cual deberá ser mayor a la capacidad de distribución calculada de 1197.4 KVA-m.

Para el valor de la resistencia se utiliza la Tabla del reglamento y normas generales para redes de distribución y líneas de alimentación de CADAFE que describe las características de los conductores de aluminio desnudo, para líneas aéreas y con temperaturas de 75 °C y temperatura ambiente de 25 °C.

Para el cálculo de la reactancia del conductor utilizamos la siguiente ecuación:

$$XL = 2 \times \pi \times f \times L \times long$$

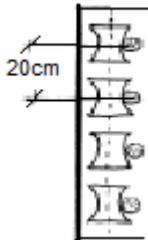
Esta reactancia es expresada en ohmios (Ω) y se requiere el cálculo de la inductancia “L” ya que la frecuencia es conocida (60 Hz) y la longitud es el tramo de línea en estudio la cual es de 110 metros.

La inductancia “L” será calculada con la siguiente ecuación:

$$L = 2 \times 10^{-7} \times \ln \frac{Dm}{Ds}$$

Esta inductancia estará expresada en Henrios por metro (H/m).

El valor de D_m que será la distancia media geométrica mutua entre los conductores depende de la configuración en que se dispongan los mismos y se calcula de la siguiente manera:

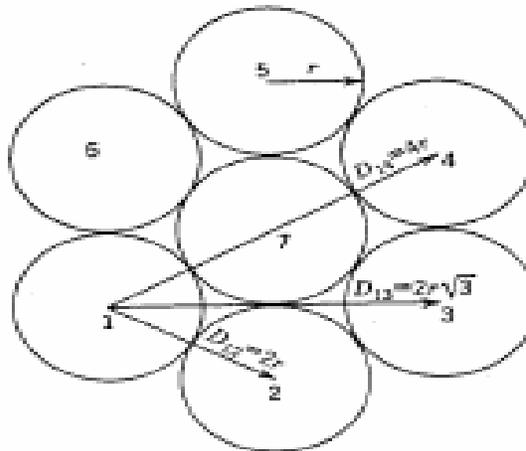


$$D_m = \sqrt[6]{D_1 \times D_2 \times D_3 \times D_4 \times D_5 \times D_6}$$

$$D_1=D_2=D_3=20\text{cm}=0.2\text{m}$$

$$D_4=D_5=40\text{cm}=0.4\text{m} \quad D_6=60\text{cm}=0.6\text{m}$$

El valor de D_s que será la distancia media geometría propia de cada conductor se calcula de la siguiente manera para un conductor de 7 hilos:



$$D_s = \sqrt[7]{r \times \sqrt[49]{(2^2 \times r^2 \times 3 \times 2^2 \times r^2 \times 2^2 \times r \times 2 \times r \times 2 \times r)^6}}$$

El radio “r” del conductor seleccionado por el método de capacidad de corriente es 4mm

$$D_s= 0.0087\text{m} \quad D_m=0.3026\text{m} \quad f=60 \text{ Hz} \quad \text{long}=110\text{m}$$

$$L = 2 \times 10^{-7} \times \ln \frac{0.3026}{0.0087} = 7.09 \times 10^{-6} \text{ H/m}$$

$$XL = 2 \times \pi \times 60 \times 9.04 \times 10^{-6} \times 110 = 0.294 \text{ } \Omega/\text{Km}$$



Al haber obtenido los valores de “r” y “xl” se sustituyen en la ecuación para calcular el termino $(R \times \cos\phi + X \times \sen\phi)$ y finalmente se calcula la capacidad de distribución con el conductor seleccionado calibre #2 AWG.

$$KVA - m = 10 \times \Delta V\% \times Kv^2 / (0.916 \times 10^{-3})$$

$$KVA - m = 2.595 / (0.916 \times 10^{-3}) = 2833.88 Kva - m$$

Para calcular la caída de tensión del sistema se relaciona la capacidad de distribución necesaria con la capacidad de distribución calculada para el conductor.

$$\Delta V\% = \frac{KVA - m}{KVA - m \text{ conductor}} = \frac{1197.4 KVA - m}{2833.88 KVA - m} = 0.42\%$$

La selección por caída de tensión es de cuatro conductores desnudos de aleación de aluminio AA6201-T81 ARVIDAL, para media tensión, calibre #2 AWG.

4 x (AA6201 #2 AWG)

Circuito 3

La carga por suscriptor es de 2.4 KVA y se propone dejar una reserva del 20% para cargas extra que se pudiesen conectar en cada una de las viviendas. Bajo esta premisa se asume una carga total de 2.88 KVA por suscriptor, redondeando será de 2.9 KVA la carga asumida.

La carga total del circuito 3 viene dada por los 8 suscriptores conectados a él mismo, más la carga de cinco lámparas de iluminación exterior las cuales se conectan a este circuito y se controlan por medio de una foto celda. Estas lámparas son de 150 W y poseen un factor



de potencia de 0.8, lo cual en potencia aparente nos resulta a 187.5 VA cada una o 0.9375 KVA por las cinco lámparas. También se debe sumar a este circuito la carga de servicios del cuarto de hidroneumático y los portones eléctricos, esta carga representa 9.3 KVA que fue calculada en la sección 4.2 del presente trabajo, tres reflectores decorativos de 150 W que poseen un factor de potencia de 0.8, lo cual en potencia aparente nos resulta a 187.5 VA cada una o 0.562 KVA por los tres reflectores. Además se alimentan las cargas de iluminación del cuarto de hidroneumático (dos puntos), el cuarto de basura (dos puntos) y la vigilancia (dos puntos) y tres tomacorrientes de uso general. Estas cargas representan 100 VA por cada punto de iluminación y 150 VA para cada tomacorriente de uso general. Sumando las cargas obtenemos un total de 35 KVA en el circuito 3.

TOTAL CARGA CIRCUITO 3 (KVA): 35 KVA

Por método de capacidad de corriente

Se elige utilizar un conductor desnudo de aleación de aluminio AA6201-T81 ARVIDAL, para media tensión, cuya temperatura de régimen nominal es 75 °C y a una temperatura ambiente de 25 °C.

$$I = \frac{35000 VA}{208 V \times \sqrt{3}} = 97.15 A \cong 97 A$$

Se ingresa con este valor de corriente en la Tabla del Reglamento y normas generales para redes de distribución y líneas de alimentación de CADAPE que describe las características de los conductores de aluminio desnudo, para líneas aéreas y con



temperaturas de 75 °C y temperatura ambiente de 25 °C. Dicha tabla se puede Observar en el Anexo A del presente trabajo.

Ingresando con ese valor de corriente en la mencionada tabla, se obtiene un conductor #6 AWG, el cual soporta hasta 100 A en las condiciones antes descritas, sin embargo el reglamento y normas generales para redes de distribución y líneas de alimentación indica que el calibre mínimo para conductores de aluminio desnudo en redes secundarias, es #2 AWG por lo cual será el conductor seleccionado.

La selección por capacidad de corriente es de tres conductores desnudos de aleación de aluminio AA6201-T81 ARVIDAL, para media tensión, calibre #2 AWG.

Por método de caída de tensión

Para el mismo tipo de conductor que se realizó el estudio por capacidad de corriente se realiza el estudio por caída de tensión. Para realizar dicho estudio se debe conocer los puntos a lo largo del conductor donde se conectan las derivaciones que van llevando energía a las cargas distribuidas.

Las cargas son los suscriptores conectados a la red, el punto de entrada para sus acometidas es el medidor el cual está ubicado en acera. La separación de pedestal a pedestal es 20 metros y se disponen dos medidores por pedestal de los cuales se alimentan las dos viviendas adyacentes.

Se debe calcular la capacidad de distribución para estas distancias cada dos suscriptores ya que se encuentran dos medidores por pedestal. La carga de cada uno de los suscriptores es de 2.9 KVA por lo tanto la carga en cada derivación será de dos suscriptores 5.8 KVA.



También se tomará en cuenta y sumara en la ecuación la capacidad de distribución para las lámparas de iluminación exterior ubicadas con una separación de 20 metros. Las últimas cargas por incluir en la ecuación será la del sistema hidroneumático la cual se encuentra a 110 metros del punto de entrega y la de los portones eléctricos y carga de vigilancia también a 110 metros del punto de entrega.

$$KVA - m = [5.8 \times (20 + 40 + 60 + 80)] + [0.187 \times (20 + 40 + 60 + 80)] \\ + [8.4 \times (100)] + [1.95 \times (100)]$$

$$KVA - m = 1160 + 37.4 + 840 + 195 = 2232.4 KVA - m$$

Para una capacidad de distribución de 2232.4 KVA-m se debe seleccionar un conductor que mantenga un valor de la caída de tensión por debajo del dos por ciento (2%). Para dicha selección se utiliza la siguiente ecuación:

$$KVA - m = 10 \times \Delta V\% \times Kv2 / (R \times \cos\phi + X \times \sen\phi)$$

Con esta ecuación se realiza el cálculo de la capacidad de distribución la cual deberá ser mayor a la capacidad de distribución calculada de 2232.4 KVA-m.

Para el valor de la resistencia se utiliza la Tabla del reglamento y normas generales para redes de distribución y líneas de alimentación de CADAPE que describe las características de los conductores de aluminio desnudo, para líneas aéreas y con temperaturas de 75 °C y temperatura ambiente de 25 °C.

Para el cálculo de la reactancia del conductor utilizamos la siguiente ecuación:

$$XL = 2 \times \pi \times f \times L \times long$$

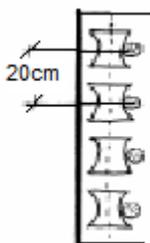
Esta reactancia es expresada en ohmios (Ω) y se requiere el cálculo de la inductancia “L” ya que la frecuencia es conocida (60 Hz) y la longitud es el tramo de línea en estudio la cual es de 110 metros.

La inductancia “L” será calculada con la siguiente ecuación:

$$L = 2 \times 10^{-7} \times \ln \frac{D_m}{D_s}$$

Esta inductancia estará expresada en Henrios por metro (H/m).

El valor de D_m que será la distancia media geométrica mutua entre los conductores depende de la configuración en que se dispongan los mismos y se calcula de la siguiente manera:

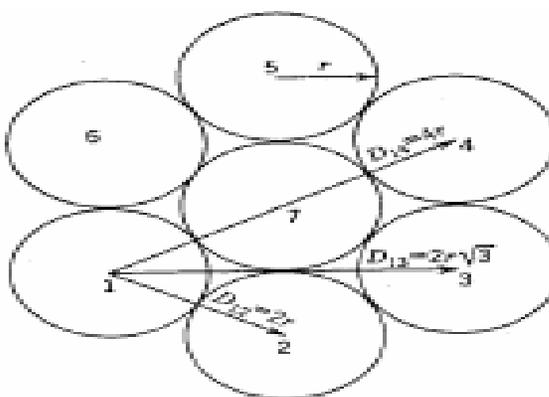


$$D_m = \sqrt[6]{D_1 \times D_2 \times D_3 \times D_4 \times D_5 \times D_6}$$

$$D_1 = D_2 = D_3 = 20\text{cm} = 0.2\text{m}$$

$$D_4 = D_5 = 40\text{cm} = 0.4\text{m} \quad D_6 = 60\text{cm} = 0.6\text{m}$$

El valor de D_s que será la distancia media geometría propia de cada conductor se calcula de la siguiente manera para un conductor de 7 hilos:





$$D_s = \sqrt[7]{r \times \sqrt[49]{(2^2 \times r^2 \times 3 \times 2^2 \times r^2 \times 2^2 \times r \times 2 \times r \times 2 \times r)^6}}$$

El radio “r” del conductor seleccionado por el método de capacidad de corriente es 4mm

$$D_s = 0.0087\text{m} \quad D_m = 0.3026\text{m} \quad f = 60 \text{ Hz} \quad \text{long} = 110\text{m}$$

$$L = 2 \times 10^{-7} \times \ln \frac{0.3026}{0.0087} = 7.09 \times 10^{-6} \text{ H/m}$$

$$XL = 2 \times \pi \times 60 \times 9.04 \times 10^{-6} \times 110 = 0.294 \Omega/\text{Km}$$

Al haber obtenido los valores de “r” y “xl” se sustituyen en la ecuación para calcular el termino ($R \times \cos\phi + X \times \text{sen}\phi$) y finalmente se calcula la capacidad de distribución con el conductor seleccionado calibre #2 AWG.

$$KVA - m = 10 \times \Delta V\% \times Kv^2 / (0.916 \times 10^{-3})$$

$$KVA - m = 2.595 / (0.916 \times 10^{-3}) = 2833.88 \text{ Kva} - m$$

Para calcular la caída de tensión del sistema se relaciona la capacidad de distribución necesaria con la capacidad de distribución calculada para el conductor.

$$\Delta V\% = \frac{KVA - m}{KVA - m \text{ conductor}} = \frac{2232.4 \text{ KVA} - m}{2833.88 \text{ KVA} - m} = 0.78\%$$

La selección por caída de tensión es de cuatro conductores desnudos de aleación de aluminio AA6201-T81 ARVIDAL, para media tensión, calibre #2 AWG.

4 x (AA6201 #2 AWG)

Circuito 4

La carga por suscriptor es de 2.4 KVA y se propone dejar una reserva del 20% para cargas extra que se pudiesen conectar en cada una de las viviendas. Bajo esta premisa se asume



una carga total de 2.88 KVA por suscriptor, redondeando será de 2.9 KVA la carga asumida.

La carga total del circuito 4 viene dada por los 10 suscriptores conectados a él mismo, más la carga de cinco lámparas de iluminación exterior las cuales se conectan a este circuito y se controlan por medio de una foto celda. Estas lámparas son de 150 W y poseen un factor de potencia de 0.8, lo cual en potencia aparente nos resulta a 187.5 VA cada una o 0.9375 KVA por las tres lámparas. Sumando las cargas obtenemos un total de 29.9375KVA en el circuito 4.

TOTAL CARGA CIRCUITO 4 (KVA): 30 KVA

Por método de capacidad de corriente

Se elige utilizar un conductor desnudo de aleación de aluminio AA6201-T81 ARVIDAL, para media tensión, cuya temperatura de régimen nominal es 75 °C y a una temperatura ambiente de 25 °C.

$$I = \frac{30000 VA}{208 V \times \sqrt{3}} = 83.27 A \cong 83 A$$

Se ingresa con este valor de corriente en la Tabla del Reglamento y normas generales para redes de distribución y líneas de alimentación de CADAFE que describe las características de los conductores de aluminio desnudo, para líneas aéreas y con



temperaturas de 75 °C y temperatura ambiente de 25 °C. Dicha tabla se puede Observar en el Anexo A del presente trabajo.

Ingresando con ese valor de corriente en la mencionada tabla, se obtiene un conductor #6 AWG, el cual soporta hasta 100 A en las condiciones antes descritas, sin embargo el reglamento y normas generales para redes de distribución y líneas de alimentación indica que el calibre mínimo para conductores de aluminio desnudo en redes secundarias, es #2 AWG por lo cual será el conductor seleccionado.

La selección por capacidad de corriente es de tres conductores desnudos de aleación de aluminio AA6201-T81 ARVIDAL, para media tensión, calibre #2 AWG.

Por método de caída de tensión

Para el mismo tipo de conductor que se realizó el estudio por capacidad de corriente se realiza el estudio por caída de tensión. Para realizar dicho estudio se debe conocer los puntos a lo largo del conductor donde se conectan las derivaciones que van llevando energía a las cargas distribuidas.

Las cargas son los suscriptores conectados a la red, el punto de entrada para sus acometidas es el medidor el cual está ubicado en acera justo encima de donde pasa la bancada de baja tensión. La separación de pedestal a pedestal es 20 metros y se disponen dos medidores por pedestal de los cuales se alimentan las dos viviendas adyacentes.

Se debe calcular la capacidad de distribución para estas distancias cada dos suscriptores ya que se encuentran dos medidores por pedestal. La carga de cada uno de los suscriptores es de 2.9 KVA por lo tanto la carga en cada derivación será de dos suscriptores 5.8 KVA.



También se tomará en cuenta y sumara en la ecuación la capacidad de distribución para las lámparas de iluminación exterior ubicadas con una separación de 20 metros.

$$KVA - m = [5.8 \times (20 + 40 + 60 + 80)] + [0.187 \times (20 + 40 + 60 + 80)]$$

$$KVA - m = 1160 + 37.4 = 1197.4 KVA - m$$

Para una capacidad de distribución de 1197.4 KVA-m se debe seleccionar un conductor que mantenga un valor de la caída de tensión por debajo del dos por ciento (2%). Para dicha selección se utiliza la siguiente ecuación:

$$KVA - m = 10 \times \Delta V\% \times Kv^2 / (R \times \cos\phi + X \times \text{sen}\phi)$$

Con esta ecuación se realiza el cálculo de la capacidad de distribución la cual deberá ser mayor a la capacidad de distribución calculada de 1197.4 KVA-m.

Para el valor de la resistencia se utiliza la Tabla del reglamento y normas generales para redes de distribución y líneas de alimentación de CADAFE que describe las características de los conductores de aluminio desnudo, para líneas aéreas y con temperaturas de 75 °C y temperatura ambiente de 25 °C.

Para el cálculo de la reactancia del conductor utilizamos la siguiente ecuación:

$$XL = 2 \times \pi \times f \times L \times long$$

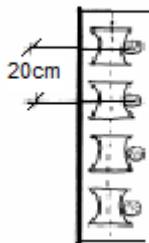
Esta reactancia es expresada en ohmios (Ω) y se requiere el cálculo de la inductancia “L” ya que la frecuencia es conocida (60 Hz) y la longitud es el tramo de línea en estudio la cual es de 110 metros.

La inductancia “L” será calculada con la siguiente ecuación:

$$L = 2 \times 10^{-7} \times \ln \frac{Dm}{Ds}$$

Esta inductancia estará expresada en Henrios por metro (H/m).

El valor de Dm que será la distancia media geométrica mutua entre los conductores depende de la configuración en que se dispongan los mismos y se calcula de la siguiente manera:

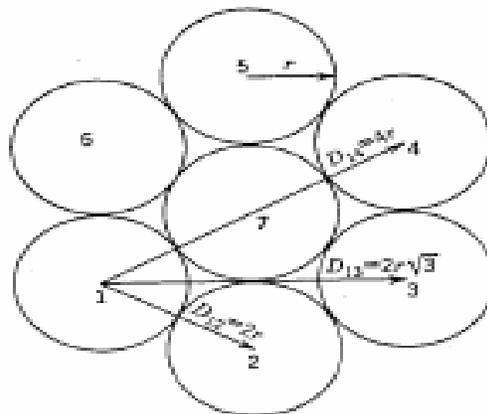


$$Dm = \sqrt[6]{D1 \times D2 \times D3 \times D4 \times D5 \times D6}$$

$$D1=D2=D3=20\text{cm}=0.2\text{m}$$

$$D4=D5=40\text{cm}=0.4\text{m} \quad D6=60\text{cm}=0.6\text{m}$$

El valor de Ds que será la distancia media geometría propia de cada conductor se calcula de la siguiente manera para un conductor de 7 hilos:



$$Ds = \sqrt[7]{r \times \sqrt[49]{(2^2 \times r^2 \times 3 \times 2^2 \times r^2 \times 2^2 \times r \times 2 \times r \times 2 \times r)^6}}$$

El radio “r” del conductor seleccionado por el método de capacidad de corriente es 4mm



$$D_s = 0.0087\text{m} \quad D_m = 0.3026\text{m} \quad f = 60\text{ Hz} \quad \text{long} = 110\text{m}$$

$$L = 2 \times 10^{-7} \times \ln \frac{0.3026}{0.0087} = 7.09 \times 10^{-6} \text{ H/m}$$

$$XL = 2 \times \pi \times 60 \times 9.04 \times 10^{-6} \times 110 = 0.294 \text{ } \Omega/\text{Km}$$

Al haber obtenido los valores de “r” y “xl” se sustituyen en la ecuación para calcular el término ($R \times \cos\phi + X \times \text{sen}\phi$) y finalmente se calcula la capacidad de distribución con el conductor seleccionado calibre #2 AWG.

$$KVA - m = 10 \times \Delta V\% \times Kv^2 / (0.916 \times 10^{-3})$$

$$KVA - m = 2.595 / (0.916 \times 10^{-3}) = 2833.88 \text{ Kva} - m$$

Para calcular la caída de tensión del sistema se relaciona la capacidad de distribución necesaria con la capacidad de distribución calculada para el conductor.

$$\Delta V\% = \frac{KVA - m}{KVA - m \text{ conductor}} = \frac{1197.4 \text{ KVA} - m}{2833.88 \text{ KVA} - m} = 0.42\%$$

La selección por caída de tensión es de cuatro conductores desnudos de aleación de aluminio AA6201-T81 ARVIDAL, para media tensión, calibre #2 AWG.

4 x (AA6201 #2 AWG)

Como en la configuración presentada la media tensión estará vía subterránea y la media tensión vía aérea se necesitan cables para llevar la energía a los circuitos de baja tensión desde el transformador, estos cables se dimensionan tomando la carga del circuito mayor para realizar la conexión con un calibre unificado.



Por método de capacidad de corriente

Se elige utilizar un conductor de cobre con aislante TTU cuya temperatura de régimen nominal es 75 °C y a una temperatura ambiente de 30 °C.

$$I = \frac{35000 \text{ VA}}{208 \text{ V} \times \sqrt{3}} = 97.15 \text{ A} \cong 97 \text{ A}$$

Se ingresa con este valor de corriente en la Tabla 310.16 del código eléctrico nacional (CEN) que describe las ampacidades admisibles de los conductores aislados para tensiones nominales de 0 a 2000 voltios y 60 °C a 90 °C y temperatura ambiente de 30 °C. Dicha tabla se puede observar en el Anexo A del presente trabajo.

La tabla nos arroja un valor de un cable #2 AWG, el cual soporta hasta 115 A en las condiciones antes descritas, este cable trabaja de forma holgada y tiene capacidad para la conexión de nuevas cargas en los espacios de reserva.

Por método de caída de tensión

Para el mismo tipo de conductor que se realizó el estudio por capacidad de corriente se realiza el estudio por caída de tensión. Para realizar dicho estudio se debe conocer la distancia de la salida del transformador hasta el punto de conexión a la línea de baja tensión. Esta distancia es de 20 metros.

$$KVA - m = 35 \times 20 = 700 \text{ KVA} - m$$



Para una capacidad de distribución de 700 KVA-m se debe seleccionar un conductor que mantenga un valor de la caída de tensión por debajo del dos por ciento (2%). Para dicha selección se utiliza la Tabla C.E. 08, de un compendio de tablas desarrollado en la Universidad de Carabobo para la materia Proyecto de Iluminación y Canalizaciones Eléctricas. Dicha tabla muestra la capacidad de distribución en KVA-m para conductores de cobre con aislante TTU, en ductos no magnéticos. Esta tabla se puede observar en el Anexo A del presente trabajo.

La tabla fue calculada utilizando la siguiente ecuación:

$$KVA - m = 10 \times \Delta V\% \times Kv^2 / (R \times \cos\phi + X \times \sin\phi)$$

Al ingresar con el valor calculado de capacidad de distribución la tabla nos arroja un valor de un cable #4 AWG, el cual tiene una capacidad de distribución de 866 KVA-m. Para obtener el valor exacto de la caída de tensión que se tiene en el sistema se utiliza la siguiente ecuación:

$$\Delta V\% = \frac{2\% \times KVA - m}{KVA - m \text{ tabla}} = 2\% \times \frac{700 KVA - m}{866 KVA - m} = 1.61\%$$

La caída de tensión real en el sistema es de 1.61% siendo un valor permitido por la normativa de redes eléctricas de distribución, la cual permite un máximo del 2%.

La selección del alimentador se da por el criterio de capacidad de corriente por ser la más exigente para el cable, quedando la configuración de la siguiente manera:



3 # 2 AWG - TTU – Cu -600 V + 1 # 4 AWG – TTU – Cu -600 V

La bancada tendrá dos ductos no magnéticos de cuatro pulgadas uno por donde se ingresa la terna de cables mas el neutro y el otro de reserva. Se construirá con concreto de 80 Kg/cm³ y relleno compactado. De acuerdo con dicha descripción la configuración de la bancada de alta tensión será la siguiente:

B 2 C – Φ 4” – PVC

Adicionalmente se construye una bancada en la salida del transformador hacia una tanquilla de donde se distribuyen los cuatro circuitos, dicha bancada tendrá cuatro ductos no magnéticos de cuatro pulgadas dos por donde se ingresan la terna de cables mas el neutro de dos de los circuitos y el otro par de ductos de reserva. Se construirá con concreto de 80 Kg/cm³ y relleno compactado. De acuerdo con dicha descripción la configuración de la bancada de alta tensión será la siguiente:

B 4 C – Φ 4” – PVC

En la Tabla 4.9 se describen las secciones de la presentación y se indica la potencia aparente de cada sección y el alimentador de cada una de ellas. Comprende media y baja tensión donde de cada alimentador se especificara, tipo, calibre y la distancia que se debe cubrir para alimentar toda la sección correspondiente.

Tabla 4.9 Carga y Alimentadores por Sección

Sección del Sistema	Potencia en (KVA)	Conductor Tipo	Conductor Calibre	Distancia Total
Media Tensión 13.8 KV	150	Cu-XLPE 15 KV	#2 AWG	110
Baja Tensión Circuito 1	30	AA 6201	#2 AWG	100
Baja Tensión Circuito 2	30	AA 6201	#2 AWG	80
Baja Tensión Circuito 3	35	AA 6201	#2 AWG	100
Baja Tensión Circuito 4	30	AA 6201	#2 AWG	80
Baja Tensión Transformador a Línea	35	Cu-TTU 600V	#2 AWG	20
Baja Tensión Transformador a Línea	35	Cu-TTU 600V	#2 AWG	20

Una vez realizado el diseño, habiendo dimensionado los dispositivos a utilizar y contabilizado las cantidades respectivas de cada uno de ellos se procede a elaborar el presupuesto detallado por partidas del mismo, con un análisis de precio unitario de cada una de las partidas incluidas, reflejando y detallando, materiales, herramientas y mano de obra necesarias para ejecutar esa partida, además de los gastos de administración, la utilidad generada a la empresa por la ejecución de la misma.

Luego de elaborado el presupuesto y sumadas todas sus partidas, se calcula el impuesto del 12% IVA. En este punto obtenemos un costo total del presupuesto, el cual para esta configuración (AT Subterránea – BT Aérea), asciende al monto de:



Total General = 463.738,55 Bolívares

El monto esta expresado en Bolívares Fuertes y representa el valor total que representa la ejecución de dicha propuesta como proyecto de electrificación.

Los detalles del presupuesto, y los análisis de precio unitario de cada partida, se pueden observar en el Apéndice 2 del presente trabajo.

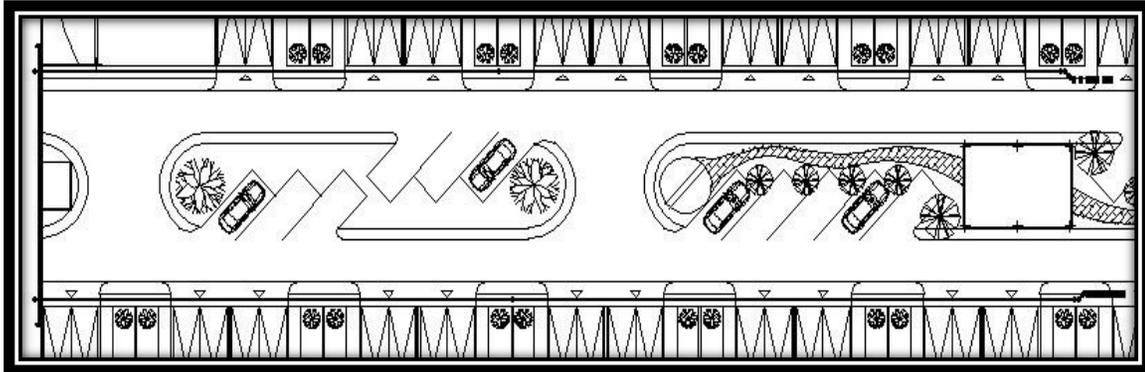


4.3.3 Alta Tensión Aérea, Baja Tensión Subterránea

La presente selección se cuenta con las instalaciones eléctricas de alta tensión aéreas y las de baja tensión subterráneas.

Se comienza con la conexión a una línea aérea de media tensión (13.8 KV), ubicada en las afueras del conjunto residencial. La línea existente pasa por la parte considerada el frente del terreno donde se realiza la construcción. La conexión se realiza a través de una cruceta en alineación montada en una estructura autoportante de alta tensión, ubicada debajo de la línea existente con la finalidad de interceptarla. Se colocara en la estructura autoportante una cruceta doble para realizar la derivación. Para instalar el nuevo circuito de alta se necesitará un poste intermedio y otra estructura autoportante como punto final y donde se instalará la unida de de transformación. El conductor a utilizar para la derivación y llevar la energía eléctrica hasta la unidad de transformación será Arvidal. Al final del circuito y antes de la unidad de transformación, se deberán instalar cortacorrientes y pararrayos con la finalidad de proteger y realizar la apertura y cierre de los circuitos. Las unidades de transformación, estarán conformadas por tres transformadores monofásicos en conexión delta - estrella de cada lado del conjunto. En la Imagen 4.7 se muestra la instalación de alta tensión. Los detalles de esta instalación se pueden observar en el Anexo C del presente trabajo.

Imagen 4.7 Instalación Eléctrica de Alta Tensión



El calibre del alimentador se selecciona de acuerdo a dos criterios de diseño, de los cuales se selecciona la condición más exigente para el conductor.

A.- Capacidad de Corriente

B.- Caída de Tensión

Por criterio de capacidad de corriente

La selección de la subestación de transformación fue dimensionada con una capacidad de 150 KVA. Como en este caso específico la instalación de alta tensión se divide en dos derivaciones independientes, la subestación de transformación se divide en dos bancos de tres transformadores monofásicos de 25 KVA cada uno, los cuales serán conectados en delta estrella con neutro a tierra, (Δ -Y-NT), para obtener dos estaciones de transformación trifásicas de 75 KVA cada una. La corriente del alimentador de cada derivación viene dada por la siguiente ecuación:



$$I = \frac{75 \text{ KVA}}{13.8 \text{ KV} \times \sqrt{3}} = 3.14 \text{ A} \cong 4 \text{ A}$$

Se elige utilizar un conductor desnudo de aleación de aluminio AA6201-T81 ARVIDAL, para media tensión, cuya temperatura de régimen nominal es 75 °C y a una temperatura ambiente de 25 °C.

Se ingresa con este valor de corriente en la Tabla del reglamento y normas generales para redes de distribución y líneas de alimentación de CADAFE que describe las características de los conductores de aluminio desnudo, para líneas aéreas y con temperaturas de 75 °C y temperatura ambiente de 25 °C, dicha tabla se puede Observar en el Anexo A del presente trabajo.

Ingresando con ese valor de corriente en la mencionada tabla, se obtiene un conductor #6 AWG, el cual soporta hasta 100 A en las condiciones antes descritas, sin embargo el reglamento y normas generales para redes de distribución y líneas de alimentación indica que el calibre mínimo para conductores de aluminio en redes de alimentación primaria, es #2 AWG por lo cual será el conductor seleccionado.

El conductor seleccionado es el de mínimo calibre permitido por la norma para un nivel de tensión de 15 KV, a pesar de tener mucho más capacidad de la requerida en el sistema.

La selección por capacidad de corriente es de tres conductores desnudos de aleación de aluminio AA6201-T81 ARVIDAL, para media tensión, calibre #2 AWG.



Por criterio de caída de tensión

Las normas generales de distribución indican que la caída de tensión en líneas de distribución primarias no debe exceder del 1% en el punto más crítico y con carga máxima. Para el cálculo de la caída real de tensión desde el punto de entrega hasta la conexión al transformador se utiliza la siguiente ecuación.

$$\Delta V\% = \frac{KVA \times L \times (R \times \cos\phi + X \times \text{sen}\phi)}{10 \times (Kv)^2}$$

L: Longitud del Circuito (Km)

Kv: Tensión del Sistema (KV)

KVA: Potencia del Sistema (KVA)

R: Resistencia del Conductor en (Ω /Km)

X: Reactancia del Conductor en (Ω /Km)

Para el cálculo de la reactancia del conductor utilizamos la siguiente ecuación:

$$XL = 2 \times \pi \times f \times L \times \text{long}$$

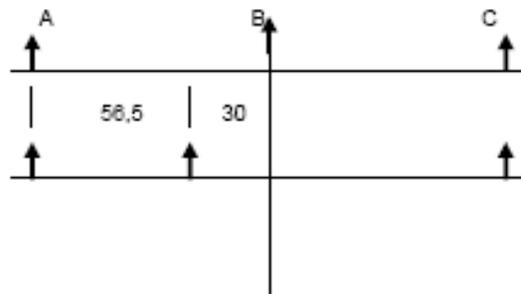
Esta reactancia es expresada en ohmios (Ω) y se requiere el cálculo de la inductancia “L” ya que la frecuencia es conocida (60 Hz) y la longitud es el tramo de línea en estudio la cual es de 110 metros.

La inductancia “L” será calculada con la siguiente ecuación:

$$L = 2 \times 10^{-7} \times \ln \frac{Dm}{Ds}$$

Esta inductancia estará expresada en Henrios por metro (H/m).

El valor de D_m que será la distancia media geométrica mutua entre los conductores depende de la configuración en que se dispongan los mismos y se calcula de la siguiente manera:

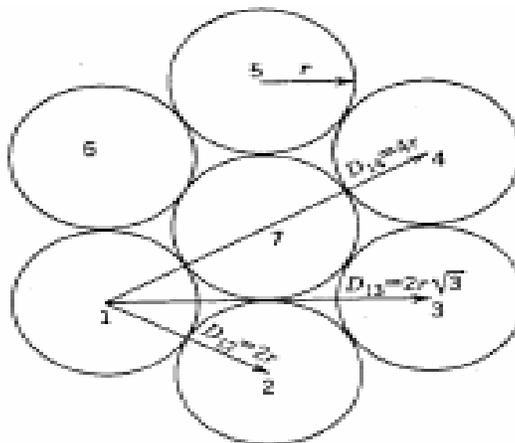


$$D_m = \sqrt[3]{D_{AB} \times D_{BC} \times D_{CA}}$$

$$D_{AB}=D_{BC}=100\text{cm}=1\text{m}$$

$$D_{CA}=200\text{cm}=2\text{m}$$

El valor de D_s que será la distancia media geometría propia de cada conductor se calcula de la siguiente manera para un conductor de 7 hilos:



$$D_s = \sqrt[7]{r \times \sqrt[49]{(2^2 \times r^2 \times 3 \times 2^2 \times r^2 \times 2^2 \times r \times 2 \times r \times 2 \times r)^6}}$$

El radio “r” del conductor seleccionado por el método de capacidad de corriente es 4mm



$$D_s = 0.0087\text{m} \quad D_m = 1.26\text{m} \quad f = 60\text{ Hz} \quad \text{long} = 110\text{m}$$

$$L = 2 \times 10^{-7} \times \ln \frac{1.26}{0.0087} = 9.95 \times 10^{-6} \text{ H/m}$$

$$XL = 2 \times \pi \times 60 \times 9.95 \times 10^{-6} \times 110 = 0.412 \Omega/\text{Km}$$

Haciendo uso de la Tabla del Reglamento y normas generales para redes de distribución y líneas de alimentación de CADAFFE, que describe los valores de resistencia para conductores de aluminio desnudos, se pueden obtener el valor solicitado en la ecuación, para determinar la caída de tensión real para un conductor de dichas características con un calibre #2 AWG. Dicha tabla se puede observar en el Anexo A del presente trabajo. La longitud “L” será de 110 metros o 0.11 kilómetros.

$$\Delta V\% = \frac{75 \text{ KVA} \times 0.11 \text{ Km} \times (0.9677)}{10 \times (13.8 \text{ KV})^2} = 0.004\%$$

La caída de tensión real en el sistema es de 0.004% lo cual es mucho menor al máximo permitido por la normativa general de redes de distribución cuyo valor es el 1%.

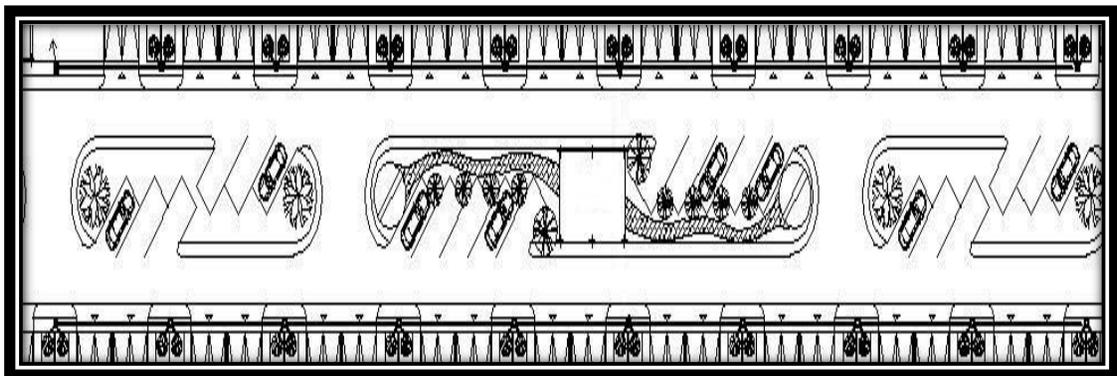
La selección por caída de tensión es de tres conductores desnudos de aleación de aluminio AA6201-T81 ARVIDAL, para media tensión, calibre #2 AWG.

El cálculo del alimentador de alta tensión se realizó de acuerdo a los criterios mencionados. Conforme con este resultado la configuración del alimentador será la siguiente:

3 x (AA6201 #2 AWG)

La instalación de baja tensión parte de las unidades de transformación ubicadas en las estructuras sobre las aceras, de donde se derivan cuatro circuitos, dos por cada unidad de transformación. En las estructuras donde estarán ubicadas las unidades de transformación, se instalarán bajantes para llegar a las tanquillas de baja tensión. Para distribuir los circuitos los cables se colocan dentro de una bancada de baja tensión ubicada bajo las aceras del conjunto. En la Imagen 4.8 se muestra la instalación de baja tensión. Los detalles de esta instalación se pueden observar en el Anexo C del presente trabajo.

Imagen 4.8 Instalación Eléctrica de Baja Tensión



La selección del alimentador de baja tensión se debe realizar de acuerdo a los cuatro circuitos existentes, analizando la carga en cada uno de ellos, la cual se deberá balancear lo mayor posible para obtener un mejor rendimiento. Luego de separar las cargas para cada circuito se procede al dimensionamiento de los cables de acuerdo a dos criterios de diseño, del cual se tomara el más exigente de ambos para el conductor:

A.- Capacidad de Corriente



B.- Caída de Tensión

Se realiza el análisis por ambos métodos para cada uno de los cuatro circuitos en que se ha dividido la carga total del conjunto.

Circuito 1

La carga por suscriptor es de 2.4 KVA y se propone dejar una reserva del 20% para cargas futuras que se pudiesen conectar en cada una de las viviendas. Bajo esta premisa se asume una carga total de 2.88 KVA por suscriptor, redondeando será de 2.9 KVA la carga asumida para cada vivienda.

La carga total del circuito 1 viene dada por los 10 suscriptores conectados a él mismo, más la carga de cinco lámparas de iluminación exterior las cuales se conectan a este circuito y se controlan por medio de una foto celda. Estas lámparas son de 150 W y poseen un factor de potencia de 0.8, lo cual en potencia aparente nos resulta a 187.5 VA cada una o 0.9375 KVA por las cinco lámparas. Sumando las cargas obtenemos un total de 29.9375 KVA en el circuito 1.

TOTAL CARGA CIRCUITO 1 (KVA): 30 KVA

Por método de capacidad de corriente

Se elige utilizar un conductor de cobre con aislante TTU cuya temperatura de régimen nominal es 75 °C y a una temperatura ambiente de 30 °C.

$$I = \frac{30000 \text{ VA}}{208 \text{ V} \times \sqrt{3}} = 83.27 \text{ A} \cong 83 \text{ A}$$

Se ingresa con este valor de corriente en la Tabla 310.16 del código eléctrico nacional (CEN) que describe las ampacidades admisibles de los conductores aislados para tensiones nominales de 0 a 2000 voltios y 60 °C a 90 °C y temperatura ambiente de 30 °C. Dicha tabla se puede observar en el Anexo A del presente trabajo.

La tabla nos arroja un valor de un cable #2 AWG, el cual soporta hasta 115 A en las condiciones antes descritas, este cable trabaja de forma holgada y tiene capacidad para la conexión de nuevas cargas en los espacios de reserva.

Por método de caída de tensión

Para el mismo tipo de conductor que se realizó el estudio por capacidad de corriente se realiza el estudio por caída de tensión. Para realizar dicho estudio se debe conocer los puntos a lo largo del conductor donde se conectan las derivaciones que van llevando energía a las cargas distribuidas.

Las cargas son los suscriptores conectados a la red, el punto de entrada para sus acometidas es el medidor el cual está ubicado en acera justo encima de donde pasa la bancada de baja tensión. La separación de pedestal a pedestal es 20 metros y se disponen dos medidores por pedestal de los cuales se alimentan las dos viviendas adyacentes.



Se debe calcular la capacidad de distribución para estas distancias cada dos suscriptores ya que se encuentran dos medidores por pedestal. La carga de cada uno de los suscriptores es de 2.9 KVA por lo tanto la carga en cada derivación será de dos suscriptores 5.8 KVA. También se tomará en cuenta y sumara en la ecuación la capacidad de distribución para las lámparas de iluminación exterior ubicadas con una separación de 20 metros.

$$KVA - m = [5.8 \times (30 + 50 + 70 + 90 + 110)] + [0.187 \times (30 + 50 + 70 + 90 + 110)]$$

$$KVA - m = 2030 + 65.45 = 2095.45 KVA - m$$

Para una capacidad de distribución de 2095.45 KVA-m se debe seleccionar un conductor que mantenga un valor de la caída de tensión por debajo del dos por ciento (2%). Para dicha selección se utiliza la Tabla C.E. 08, de un compendio de tablas desarrollado en la Universidad de Carabobo para la materia Proyecto de Iluminación y Canalizaciones Eléctricas. Dicha tabla muestra la capacidad de distribución en KVA-m para conductores de cobre con aislante TTU, en ductos no magnéticos. Esta tabla se puede observar en el Anexo A del presente trabajo.

La tabla fue calculada utilizando la siguiente ecuación:

$$KVA - m = 10 \times \Delta V\% \times Kv^2 / (R \times \cos\phi + X \times \sen\phi)$$



Al ingresar con el valor calculado de capacidad de distribución la tabla nos arroja un valor de un cable #2/0 AWG, el cual tiene una capacidad de distribución de 2480 KVA-m. Para obtener el valor exacto de la caída de tensión que se tiene en el sistema se utiliza la siguiente ecuación:

$$\Delta V\% = \frac{2\% \times KVA - m}{KVA - m \text{ tabla}} = 2\% \times \frac{2095.45 KVA - m}{2480 KVA - m} = 1.69\%$$

La caída de tensión real en el sistema es de 1.69% siendo un valor permitido por la normativa de redes eléctricas de distribución, la cual permite un máximo del 2%.

La selección del alimentador se da por el criterio de caída de tensión por ser la más exigente para el cable, quedando la configuración de la siguiente manera:

3 # 2/0 AWG - TTU - Cu -600 V + 1 # 1/0 AWG - TTU - Cu -600 V

La bancada tendrá dos ductos no magnéticos de cuatro pulgadas uno por donde se ingresa la terna de cables mas el neutro y el otro de reserva. Se construirá con concreto de 80 Kg/cm³ y relleno compactado. De acuerdo con dicha descripción la configuración de la bancada de alta tensión será la siguiente:

B 2 C - Φ 4" - PVC



Circuito 2

La carga por suscriptor es de 2.4 KVA y se propone dejar una reserva del 20% para cargas extra que se pudiesen conectar en cada una de las viviendas. Bajo esta premisa se asume una carga total de 2.88 KVA por suscriptor, redondeando será de 2.9 KVA la carga asumida.

La carga total del circuito 2 viene dada por los 10 suscriptores conectados a él mismo, más la carga de cinco lámparas de iluminación exterior las cuales se conectan a este circuito y se controlan por medio de una foto celda. Estas lámparas son de 150 W y poseen un factor de potencia de 0.8, lo cual en potencia aparente nos resulta a 187.5 VA cada una o 0.9375 KVA por las cinco lámparas. Sumando las cargas obtenemos un total de 29.9375KVA en el circuito 2.

TOTAL CARGA CIRCUITO 2 (KVA): 30 KVA

Por método de capacidad de corriente

Se elige utilizar un conductor de cobre con aislante TTU cuya temperatura de régimen nominal es 75 °C y a una temperatura ambiente de 30 °C.

$$I = \frac{30000 VA}{208 V \times \sqrt{3}} = 83.27 A \cong 83 A$$

Se ingresa con este valor de corriente en la Tabla 310.16 del código eléctrico nacional (CEN) que describe las ampacidades admisibles de los conductores aislados para



tensiones nominales de 0 a 2000 voltios y 60 °C a 90 °C y temperatura ambiente de 30 °C.

Dicha tabla se puede observar en el Anexo A del presente trabajo.

La tabla nos arroja un valor de un cable #4 AWG, el cual soporta hasta 95 A en las condiciones antes descritas, este cable trabaja de forma holgada y tiene capacidad para la conexión de nuevas cargas en los espacios de reserva.

Por método de caída de tensión

Para el mismo tipo de conductor que se realizó el estudio por capacidad de corriente se realiza el estudio por caída de tensión. Para realizar dicho estudio se debe conocer los puntos a lo largo del conductor donde se conectan las derivaciones que van llevando energía a las cargas distribuidas.

Las cargas son los suscriptores conectados a la red, el punto de entrada para sus acometidas es el medidor el cual está ubicado en acera justo encima de donde pasa la bancada de baja tensión. La separación de pedestal a pedestal es 20 metros y se disponen dos medidores por pedestal de los cuales se alimentan las dos viviendas adyacentes.

Se debe calcular la capacidad de distribución para estas distancias cada dos suscriptores ya que se encuentran dos medidores por pedestal. La carga de cada uno de los suscriptores es de 2.9 KVA por lo tanto la carga en cada derivación será de dos suscriptores 5.8 KVA.

También se tomará en cuenta y sumará en la ecuación la capacidad de distribución para las lámparas de iluminación exterior ubicadas con una separación de 20 metros.



$$KVA - m = [5.8 \times (10 + 30 + 50 + 70 + 90)] + [0.187 \times (10 + 30 + 50 + 70 + 90)]$$

$$KVA - m = 1450 + 46.75 = 1496.75 KVA - m$$

Para una capacidad de distribución de 1496.75 KVA-m se debe seleccionar un conductor que mantenga un valor de la caída de tensión por debajo del dos por ciento (2%). Para dicha selección se utiliza la Tabla C.E. 08, de un compendio de tablas desarrollado en la Universidad de Carabobo para la materia Proyecto de Iluminación y Canalizaciones Eléctricas. Dicha tabla muestra la capacidad de distribución en KVA-m para conductores de cobre con aislante TTU, en ductos no magnéticos. Esta tabla se puede observar en el Anexo A del presente trabajo.

La tabla fue calculada utilizando la siguiente ecuación:

$$KVA - m = 10 \times \Delta V\% \times Kv^2 / (R \times \cos\phi + X \times \sin\phi)$$

Al ingresar con el valor calculado de capacidad de distribución la tabla nos arroja un valor de un cable #1/0 AWG, el cual tiene una capacidad de distribución de 2021 KVA-m. Para obtener el valor exacto de la caída de tensión que se tiene en el sistema se utiliza la siguiente ecuación:

$$\Delta V\% = \frac{2\% \times KVA - m}{KVA - m \text{ tabla}} = 2\% \times \frac{1496.75 KVA - m}{2021 KVA - m} = 1.48\%$$

La caída de tensión real en el sistema es de 1.48% siendo un valor permitido por la normativa de redes eléctricas de distribución, la cual permite un máximo del 2%.



La selección del alimentador se da por el criterio de caída de tensión por ser la más exigente para el cable, quedando la configuración de la siguiente manera:

3 # 2/0 AWG - TTU – Cu -600 V + 1 # 1/0 AWG – TTU – Cu -600 V

La bancada tendrá dos ductos no magnéticos de cuatro pulgadas uno por donde se ingresa la terna de cables mas el neutro y el otro de reserva. Se construirá con concreto de 80 Kg/cm³ y relleno compactado. De acuerdo con dicha descripción la configuración de la bancada de alta tensión será la siguiente:

B 2 C – Φ 4” – PVC

Circuito 3

La carga por suscriptor es de 2.4 KVA y se propone dejar una reserva del 20% para cargas extra que se pudiesen conectar en cada una de las viviendas. Bajo esta premisa se asume una carga total de 2.88 KVA por suscriptor, redondeando será de 2.9 KVA la carga asumida.

La carga total del circuito 3 viene dada por los 8 suscriptores conectados a él mismo, más la carga de cinco lámparas de iluminación exterior las cuales se conectan a este circuito y se controlan por medio de una foto celda. Estas lámparas son de 150 W y poseen un factor de potencia de 0.8, lo cual en potencia aparente nos resulta a 187.5 VA cada una o 0.9375 KVA por las tres lámparas. También se debe sumar a este circuito la carga de servicios del cuarto de hidroneumático y los portones eléctricos, esta carga representa 9.3 KVA que fue calculada en la sección 4.2 del presente trabajo, tres reflectores decorativos de 150 W



que poseen un factor de potencia de 0.8, lo cual en potencia aparente nos resulta a 187.5 VA cada una o 0.562 KVA por los tres reflectores. Además se alimentan las cargas de iluminación del cuarto de hidroneumático (dos puntos), el cuarto de basura (dos puntos) y la vigilancia (dos puntos) y tres tomacorrientes de uso general. Estas cargas representan 100 VA por cada punto de iluminación y 150 VA para cada tomacorriente de uso general. Sumando las cargas obtenemos un total de 35 KVA en el circuito 3.

TOTAL CARGA CIRCUITO 3 (KVA): 35 KVA

Por método de capacidad de corriente

Se elige utilizar un conductor de cobre con aislante TTU cuya temperatura de régimen nominal es 75 °C y a una temperatura ambiente de 30 °C.

$$I = \frac{35000 \text{ VA}}{208 \text{ V} \times \sqrt{3}} = 97.15 \text{ A} \cong 97 \text{ A}$$

Se ingresa con este valor de corriente en la Tabla 310.16 del código eléctrico nacional (CEN) que describe las ampacidades admisibles de los conductores aislados para tensiones nominales de 0 a 2000 voltios y 60 °C a 90 °C y temperatura ambiente de 30 °C. Dicha tabla se puede observar en el Anexo A del presente trabajo.

La tabla nos arroja un valor de un cable #2 AWG, el cual soporta hasta 115 A en las condiciones antes descritas, este cable trabaja de forma holgada y tiene capacidad para la conexión de nuevas cargas en los espacios de reserva.



Por método de caída de tensión

Para el mismo tipo de conductor que se realizó el estudio por capacidad de corriente se realiza el estudio por caída de tensión. Para realizar dicho estudio se debe conocer los puntos a lo largo del conductor donde se conectan las derivaciones que van llevando energía a las cargas distribuidas.

Las cargas son los suscriptores conectados a la red, el punto de entrada para sus acometidas es el medidor el cual está ubicado en acera justo encima de donde pasa la bancada de baja tensión. La separación de pedestal a pedestal es 20 metros y se disponen dos medidores por pedestal de los cuales se alimentan las dos viviendas adyacentes.

Se debe calcular la capacidad de distribución para estas distancias cada dos suscriptores ya que se encuentran dos medidores por pedestal. La carga de cada uno de los suscriptores es de 2.9 KVA por lo tanto la carga en cada derivación será de dos suscriptores 5.8 KVA. También se tomará en cuenta y sumará en la ecuación la capacidad de distribución para las lámparas de iluminación exterior ubicadas con una separación de 20 metros. Las últimas cargas por incluir en la ecuación será la del sistema hidroneumático la cual se encuentra a 110 metros del punto de entrega y la de los portones eléctricos y carga de vigilancia también a 110 metros del punto de entrega.

$$\begin{aligned}KVA - m &= [5.8 \times (30 + 50 + 70 + 90)] + [0.187 \times (20 + 40 + 60 + 80 + 100)] \\ &+ [8.4 \times (110)] + [1.95 \times (110)] \\ KVA - m &= 1392 + 56.1 + 924 + 214.5 = 2586.6KVA - m\end{aligned}$$



Para una capacidad de distribución de 2586.6 KVA-m se debe seleccionar un conductor que mantenga un valor de la caída de tensión por debajo del dos por ciento (2%). Para dicha selección se utiliza la Tabla C.E. 08, de un compendio de tablas desarrollado en la Universidad de Carabobo para la materia Proyecto de Iluminación y Canalizaciones Eléctricas. Dicha tabla muestra la capacidad de distribución en KVA-m para conductores de cobre con aislante TTU, en ductos no magnéticos. Esta tabla se puede observar en el Anexo A del presente trabajo.

La tabla fue calculada utilizando la siguiente ecuación:

$$KVA - m = 10 \times \Delta V\% \times Kv2 / (R \times \cos\phi + X \times \sin\phi)$$

Al ingresar con el valor calculado de capacidad de distribución la tabla nos arroja un valor de un cable #4/0 AWG, el cual tiene una capacidad de distribución de 3662 KVA-m. Para obtener el valor exacto de la caída de tensión que se tiene en el sistema se utiliza la siguiente ecuación:

$$\Delta V\% = \frac{2\% \times KVA - m}{KVA - m \text{ tabla}} = 2\% \times \frac{2586.6 KVA - m}{3662 KVA - m} = 1.41\%$$

La caída de tensión real en el sistema es de 1.41% siendo un valor permitido por la normativa de redes eléctricas de distribución, la cual permite un máximo del 2%.

La selección del alimentador se da por el criterio de caída de tensión por ser la más exigente para el cable, quedando la configuración de la siguiente manera:

3 # 4/0 AWG - TTU - Cu -600 V + 1 # 2/0 AWG - TTU - Cu -600 V



La bancada tendrá dos ductos no magnéticos de cuatro pulgadas uno por donde se ingresa la terna de cables mas el neutro y el otro de reserva. Se construirá con concreto de 80 Kg/cm³ y relleno compactado. De acuerdo con dicha descripción la configuración de la bancada de alta tensión será la siguiente:

B 2 C – Φ 4” – PVC

Circuito 4

La carga por suscriptor es de 2.4 KVA y se propone dejar una reserva del 20% para cargas extra que se pudiesen conectar en cada una de las viviendas. Bajo esta premisa se asume una carga total de 2.88 KVA por suscriptor, redondeando será de 2.9 KVA la carga asumida.

La carga total del circuito 4 viene dada por los 10 suscriptores conectados a él mismo, más la carga de cinco lámparas de iluminación exterior las cuales se conectan a este circuito y se controlan por medio de una foto celda. Estas lámparas son de 150 W y poseen un factor de potencia de 0.8, lo cual en potencia aparente nos resulta a 187.5 VA cada una o 0.9375 KVA por las cinco lámparas. Sumando las cargas obtenemos un total de 29.9375 KVA en el circuito 4.

TOTAL CARGA CIRCUITO 4 (KVA): 30 KVA



Por método de capacidad de corriente

Se elige utilizar un conductor de cobre con aislante TTU cuya temperatura de régimen nominal es 75 °C y a una temperatura ambiente de 30 °C.

$$I = \frac{30000 VA}{208 V \times \sqrt{3}} = 83.27 A \cong 83 A$$

Se ingresa con este valor de corriente en la Tabla 310.16 del código eléctrico nacional (CEN) que describe las ampacidades admisibles de los conductores aislados para tensiones nominales de 0 a 2000 voltios y 60 °C a 90 °C y temperatura ambiente de 30 °C. Dicha tabla se puede observar en el Anexo A del presente trabajo.

La tabla nos arroja un valor de un cable #2 AWG, el cual soporta hasta 115 A en las condiciones antes descritas, este cable trabaja de forma holgada y tiene capacidad para la conexión de nuevas cargas en los espacios de reserva.

Por método de caída de tensión

Para el mismo tipo de conductor que se realizó el estudio por capacidad de corriente se realiza el estudio por caída de tensión. Para realizar dicho estudio se debe conocer los puntos a lo largo del conductor donde se conectan las derivaciones que van llevando energía a las cargas distribuidas.

Las cargas son los suscriptores conectados a la red, el punto de entrada para sus acometidas es el medidor el cual está ubicado en acera justo encima de donde pasa la



bancada de baja tensión. La separación de pedestal a pedestal es 20 metros y se disponen dos medidores por pedestal de los cuales se alimentan las dos viviendas adyacentes.

Se debe calcular la capacidad de distribución para estas distancias cada dos suscriptores ya que se encuentran dos medidores por pedestal. La carga de cada uno de los suscriptores es de 2.9 KVA por lo tanto la carga en cada derivación será de dos suscriptores 5.8 KVA. También se tomará en cuenta y sumara en la ecuación la capacidad de distribución para las lámparas de iluminación exterior ubicadas con una separación de 20 metros.

$$\begin{aligned} KVA - m &= [5.8 \times (10 + 30 + 50 + 70 + 90)] + [0.187 \times (10 + 30 + 50 + 70 \\ &\quad + 90)] \\ KVA - m &= 1450 + 46.75 = 1496.75 KVA - m \end{aligned}$$

Para una capacidad de distribución de 1496.75 KVA-m se debe seleccionar un conductor que mantenga un valor de la caída de tensión por debajo del dos por ciento (2%). Para dicha selección se utiliza la Tabla C.E. 08, de un compendio de tablas desarrollado en la Universidad de Carabobo para la materia Proyecto de Iluminación y Canalizaciones Eléctricas. Dicha tabla muestra la capacidad de distribución en KVA-m para conductores de cobre con aislante TTU, en ductos no magnéticos. Esta tabla se puede observar en el Anexo A del presente trabajo.

La tabla fue calculada utilizando la siguiente ecuación:



$$KVA - m = 10 \times \Delta V\% \times Kv^2 / (R \times \cos\phi + X \times \sin\phi)$$

Al ingresar con el valor calculado de capacidad de distribución la tabla nos arroja un valor de un cable #1/0 AWG, el cual tiene una capacidad de distribución de 2021 KVA-m. Para obtener el valor exacto de la caída de tensión que se tiene en el sistema se utiliza la siguiente ecuación:

$$\Delta V\% = \frac{2\% \times KVA - m}{KVA - m \text{ tabla}} = 2\% \times \frac{1496.75 KVA - m}{2021 KVA - m} = 1.48\%$$

La caída de tensión real en el sistema es de 1.48% siendo un valor permitido por la normativa de redes eléctricas de distribución, la cual permite un máximo del 2%.

La selección del alimentador se da por el criterio de caída de tensión por ser la más exigente para el cable, quedando la configuración de la siguiente manera:

3 # 2/0 AWG - TTU - Cu -600 V + 1 # 1/0 AWG - TTU - Cu -600 V

La bancada tendrá dos ductos no magnéticos de cuatro pulgadas uno por donde se ingresa la terna de cables mas el neutro y el otro de reserva. Se construirá con concreto de 80 Kg/cm³ y relleno compactado. De acuerdo con dicha descripción la configuración de la bancada de alta tensión será la siguiente:

B 2 C - Φ 4" - PVC



En la Tabla 4.10 se describen las secciones de la presentación y se indica la potencia aparente de cada sección y el alimentador de cada una de ellas. Comprende media y baja tensión donde de cada alimentador se especificara, tipo, calibre y la distancia que se debe cubrir para alimentar toda la sección correspondiente.

Tabla 4.10 Carga y Alimentadores por Sección

Sección del Sistema	Potencia en (KVA)	Conductor Tipo	Calibre Fase/Neutro	Distancia Total
Media Tensión 13.8 KV	75	AA 6201 T81	#2 AWG	110
Media Tensión 13.8 KV	75	AA 6201 T81	#2 AWG	110
Baja Tensión Circuito 1	30	Cu-TTU 600 V	2/0 AWG 1/0 AWG	100
Baja Tensión Circuito 2	30	Cu-TTU 600 V	2/0 AWG 1/0 AWG	80
Baja Tensión Circuito 3 / Neutro	35	Cu-TTU 600 V	4/0 AWG 2/0 AWG	100
Baja Tensión Circuito 4	30	Cu-TTU 600 V	2/0 AWG 1/0 AWG	80
Baja Tensión Transformadores a Tanquilla	35	Cu-TTU 600V	#2/0 AWG	10
Baja Tensión Transformador a Línea	35	Cu-TTU 600V	#2/0 AWG	10

Una vez realizado el diseño, habiendo dimensionado los dispositivos a utilizar y contabilizado las cantidades respectivas de cada uno de ellos se procede a elaborar el presupuesto detallado por partidas del mismo, con un análisis de precio unitario de cada una de las partidas incluidas, reflejando y detallando, materiales, herramientas y mano de



obra necesarias para ejecutar esa partida, además de los gastos de administración, la utilidad generada a la empresa por la ejecución de la misma.

Luego de elaborado el presupuesto y sumadas todas sus partidas, se calcula el impuesto del 12% IVA. En este punto obtenemos un costo total del presupuesto, el cual para esta configuración (AT Aérea – BT Subterránea), asciende al monto de:

Total General = 740.261,94 Bolívares

El monto esta expresado en Bolívares Fuertes y representa el valor total que representa la ejecución de dicha propuesta como proyecto de electrificación.

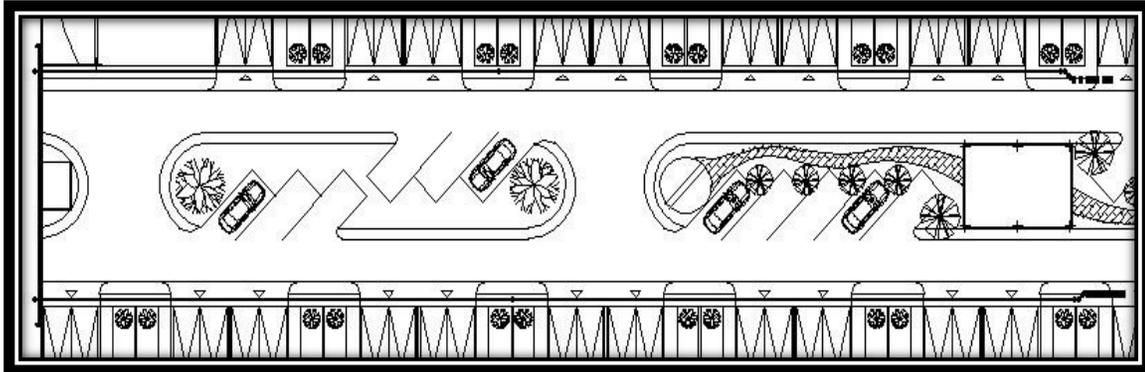
Los detalles del presupuesto, y los análisis de precio unitario de cada partida, se pueden observar en el Apéndice 3 del presente trabajo.



4.3.4 Alta Tensión Aérea, Baja Tensión Aérea

La presente selección se cuenta con las instalaciones eléctricas de alta tensión aéreas y las de baja tensión aéreas. Se comienza con la conexión a una línea aérea de media tensión (13.8 KV), ubicada en las afueras del conjunto residencial. La línea existente pasa por la parte considerada el frente del terreno donde se realiza la construcción. La conexión se realiza a través de una cruceta en alineación montada en una estructura autosoportante de alta tensión, ubicada debajo de la línea existente con la finalidad de interceptarla. Se colocara en la estructura autosoportante una cruceta doble para realizar la derivación. Para instalar el nuevo circuito de alta se necesitará un poste intermedio y otra estructura autosoportante como punto final y donde se instalará la unida de de transformación. El conductor a utilizar para la derivación y llevar la energía eléctrica hasta la unidad de transformación será Arvidal. Al final del circuito y antes de la unidad de transformación, se deberán instalar cortacorrientes y pararrayos con la finalidad de proteger y realizar la apertura y cierre de los circuitos. Las unidades de transformación, estarán conformadas por tres transformadores monofásicos en conexión delta - estrella de cada lado del conjunto. En la Imagen 4.9 se muestra la instalación de alta tensión. Los detalles de esta instalación se pueden observar en el Anexo C del presente trabajo.

Imagen 4.9 Instalación Eléctrica de Alta Tensión



El calibre del alimentador se selecciona de acuerdo a dos criterios de diseño, de los cuales se selecciona la condición más exigente para el conductor.

A.- Capacidad de Corriente

B.- Caída de Tensión

Por criterio de capacidad de corriente

La selección de la subestación de transformación fue dimensionada con una capacidad de 150 KVA. Como en este caso específico la instalación de alta tensión se divide en dos derivaciones independientes, la subestación de transformación se divide en dos bancos de tres transformadores monofásicos de 25 KVA cada uno, los cuales serán conectados en delta estrella con neutro a tierra, (Δ -Y-NT), para obtener dos estaciones de transformación trifásicas de 75 KVA cada una. La corriente del alimentador de cada derivación viene dada por la siguiente ecuación:



$$I = \frac{75 \text{ KVA}}{13.8 \text{ KV} \times \sqrt{3}} = 3.14 \text{ A} \cong 4 \text{ A}$$

Se elige utilizar un conductor desnudo de aleación de aluminio AA6201-T81 ARVIDAL, para media tensión, cuya temperatura de régimen nominal es 75 °C y a una temperatura ambiente de 25 °C.

Se ingresa con este valor de corriente en la Tabla del reglamento y normas generales para diseño de redes de distribución y líneas de alimentación de CADAFE que describe las características de los conductores de aluminio desnudo, para líneas aéreas y con temperaturas de 75 °C y temperatura ambiente de 25 °C, dicha tabla se puede Observar en el Anexo A del presente trabajo.

Ingresando con ese valor de corriente en la mencionada tabla, se obtiene un conductor #6 AWG, el cual soporta hasta 100 A en las condiciones antes descritas, sin embargo el reglamento y normas generales para redes de distribución y líneas de alimentación indica que el calibre mínimo para conductores de aluminio en redes de alimentación primaria, es #2 AWG por lo cual será el conductor seleccionado.

El conductor seleccionado es el de mínimo calibre permitido por la norma para un nivel de tensión de 15 KV, a pesar de tener mucho más capacidad de la requerida en el sistema.

La selección por capacidad de corriente es de tres conductores desnudos de aleación de aluminio AA6201-T81 ARVIDAL, para media tensión, calibre #2 AWG.



Por criterio de caída de tensión

Las normas generales de distribución indican que la caída de tensión en líneas de distribución primarias no debe exceder del 1% en el punto más crítico y con carga máxima. Para el cálculo de la caída real de tensión desde el punto de entrega hasta la conexión al transformador se utiliza la siguiente ecuación.

$$\Delta V\% = \frac{KVA \times L \times (R \times \cos\phi + X \times \text{sen}\phi)}{10 \times (Kv)^2}$$

L: Longitud del Circuito (Km)

Kv: Tensión del Sistema (KV)

KVA: Potencia del Sistema (KVA)

R: Resistencia del Conductor en (Ω /Km)

X: Reactancia del Conductor en (Ω /Km)

Para el cálculo de la reactancia del conductor utilizamos la siguiente ecuación:

$$XL = 2 \times \pi \times f \times L \times \text{long}$$

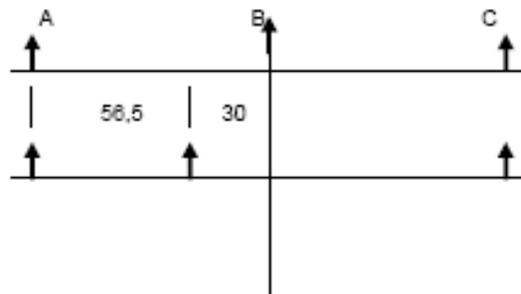
Esta reactancia es expresada en ohmios (Ω) y se requiere el cálculo de la inductancia “L” ya que la frecuencia es conocida (60 Hz) y la longitud es el tramo de línea en estudio la cual es de 110 metros.

La inductancia “L” será calculada con la siguiente ecuación:

$$L = 2 \times 10^{-7} \times \ln \frac{Dm}{Ds}$$

Esta inductancia estará expresada en Henrios por metro (H/m).

El valor de D_m que será la distancia media geométrica mutua entre los conductores depende de la configuración en que se dispongan los mismos y se calcula de la siguiente manera:

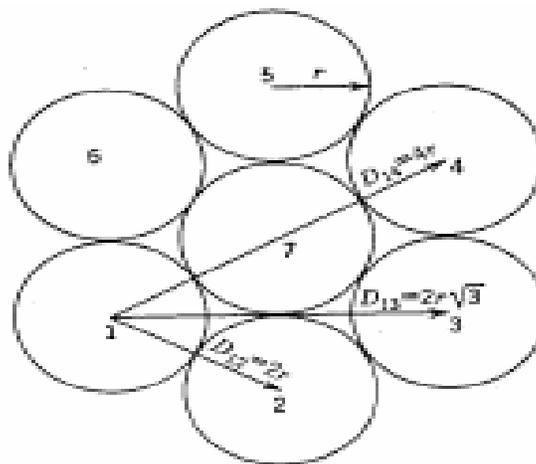


$$D_m = \sqrt[3]{D_{AB} \times D_{BC} \times D_{CA}}$$

$$D_{AB}=D_{BC}=100\text{cm}=1\text{m}$$

$$D_{CA}=200\text{cm}=2\text{m}$$

El valor de D_s que será la distancia media geometría propia de cada conductor se calcula de la siguiente manera para un conductor de 7 hilos:



$$D_s = \sqrt[7]{r \times \sqrt[49]{(2^2 \times r^2 \times 3 \times 2^2 \times r^2 \times 2^2 \times r \times 2 \times r \times 2 \times r)^6}}$$

El radio “r” del conductor seleccionado por el método de capacidad de corriente es 4mm



$$D_s = 0.0087\text{m} \quad D_m = 1.26\text{m} \quad f = 60\text{ Hz} \quad \text{long} = 110\text{m}$$

$$L = 2 \times 10^{-7} \times \ln \frac{1.26}{0.0087} = 9.95 \times 10^{-6} \text{ H/m}$$

$$XL = 2 \times \pi \times 60 \times 9.95 \times 10^{-6} \times 110 = 0.412 \text{ } \Omega/\text{Km}$$

Haciendo uso de la Tabla del Reglamento y normas generales para diseño de redes de distribución y líneas de alimentación de CADAFE, que describe los valores de resistencia para conductores de aluminio desnudos, se pueden obtener el valor solicitado en la ecuación, para determinar la caída de tensión real para un conductor de dichas características con un calibre #2 AWG. Dicha tabla se puede observar en el Anexo A del presente trabajo. La longitud “L” será de 110 metros o 0.11 kilómetros.

$$\Delta V\% = \frac{75 \text{ KVA} \times 0.11 \text{ Km} \times (0.9677)\Omega/\text{Km}}{10 \times (13.8 \text{ KV})^2} = 0.004\%$$

La caída de tensión real en el sistema es de 0.004% lo cual es mucho menor al máximo permitido por la normativa general de redes de distribución cuyo valor es el 1%.

La selección por caída de tensión es de tres conductores desnudos de aleación de aluminio AA6201-T81 ARVIDAL, para media tensión, calibre #2 AWG.

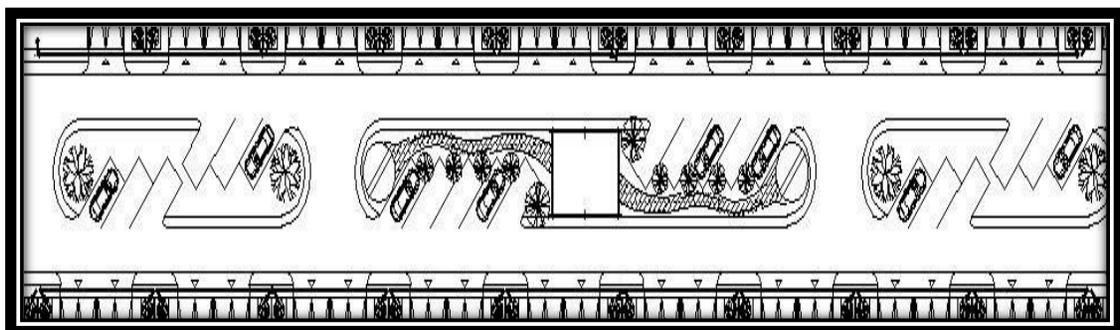
El cálculo del alimentador de alta tensión se realizó de acuerdo a los criterios mencionados. Conforme con este resultado la configuración del alimentador será la siguiente:

3 x (AA6201 #2 AWG)

La instalación de baja tensión parte de las unidades de transformación, de donde se derivan cuatro circuitos, dos de cada lado del conjunto. De las unidades de transformación se realiza la conexión a la línea de baja tensión en los puntos donde se encuentran las estructuras antes mencionadas. En las aceras se instalan postes de baja tensión cada 20 metros a través de los cuales se despliega la línea de arvidal, Una vez en el poste se llevará la energía eléctrica a cada parcela utilizando conductor Arvidal sobre perchas colocadas en postes ubicados a lo largo de las aceras. Al final de los circuitos se instalaran estructuras autosoportantes con la finalidad de no tener que instalar vientos en los postes terminales de circuitos.

Luego de cada poste desde y estructura tendrá un ducto bajante a través de los cuales se llega hasta cada medidor de energía, el cual se ubica encima de las aceras en grupos de un par de medidores por pedestal. En la Imagen 4.10 se muestra la instalación de baja tensión. Los detalles de esta instalación se pueden observar en el Anexo C del presente trabajo.

Imagen 4.10 Instalación Eléctrica de Baja Tensión





La selección del alimentador de baja tensión se debe realizar de acuerdo a los cuatro circuitos existentes, analizando la carga en cada uno de ellos, la cual se deberá balancear lo mayor posible para obtener un mejor rendimiento. Luego de separar las cargas para cada circuito se procede al dimensionamiento de los cables de acuerdo a dos criterios de diseño, del cual se tomara el más exigente de ambos para el conductor:

A.- Capacidad de Corriente

B.- Caída de Tensión

Se realiza el análisis por ambos métodos para cada uno de los cuatro circuitos en que se ha dividido la carga total del conjunto.

Circuito 1

La carga por suscriptor es de 2.4 KVA y se propone dejar una reserva del 20% para cargas futuras que se pudiesen conectar en cada una de las viviendas. Bajo esta premisa se asume una carga total de 2.88 KVA por suscriptor, redondeando será de 2.9 KVA la carga asumida para cada vivienda.

La carga total del circuito 1 viene dada por los 10 suscriptores conectados a él mismo, más la carga de cinco lámparas de iluminación exterior las cuales se conectan a este circuito y se controlan por medio de una foto celda. Estas lámparas son de 150 W y poseen un factor de potencia de 0.8, lo cual en potencia aparente nos resulta a 187.5 VA



cada una o 0.9375 KVA por las cinco lámparas. Sumando las cargas obtenemos un total de 29.9375 KVA en el circuito 1.

TOTAL CARGA CIRCUITO 1 (KVA): 30 KVA

Por método de capacidad de corriente

Se elige utilizar un conductor desnudo de aleación de aluminio AA6201-T81 ARVIDAL, para media tensión, cuya temperatura de régimen nominal es 75 °C y a una temperatura ambiente de 25 °C.

$$I = \frac{30000 \text{ VA}}{208 \text{ V} \times \sqrt{3}} = 83.27 \text{ A} \cong 83 \text{ A}$$

Se ingresa con este valor de corriente en la Tabla del Reglamento y normas generales para redes de distribución y líneas de alimentación de CADAFE que describe las características de los conductores de aluminio desnudo, para líneas aéreas y con temperaturas de 75 °C y temperatura ambiente de 25 °C. Dicha tabla se puede Observar en el Anexo A del presente trabajo.

Ingresando con ese valor de corriente en la mencionada tabla, se obtiene un conductor #6 AWG, el cual soporta hasta 100 A en las condiciones antes descritas, sin embargo el reglamento y normas generales para redes de distribución y líneas de alimentación indica que el calibre mínimo para conductores de aluminio desnudo en redes secundarias, es #2 AWG por lo cual será el conductor seleccionado.



La selección por capacidad de corriente es de tres conductores desnudos de aleación de aluminio AA6201-T81 ARVIDAL, para media tensión, calibre #2 AWG.

Por método de caída de tensión

Para el mismo tipo de conductor que se realizó el estudio por capacidad de corriente se realiza el estudio por caída de tensión. Para realizar dicho estudio se debe conocer los puntos a lo largo del conductor donde se conectan las derivaciones que van llevando energía a las cargas distribuidas.

Las cargas son los suscriptores conectados a la red, el punto de entrada para sus acometidas es el medidor el cual está ubicado en acera justo encima de donde pasa la bancada de baja tensión. La separación de pedestal a pedestal es 20 metros y se disponen dos medidores por pedestal de los cuales se alimentan las dos viviendas adyacentes.

Se debe calcular la capacidad de distribución para estas distancias cada dos suscriptores ya que se encuentran dos medidores por pedestal. La carga de cada uno de los suscriptores es de 2.9 KVA por lo tanto la carga en cada derivación será de dos suscriptores 5.8 KVA. También se tomará en cuenta y sumará en la ecuación la capacidad de distribución para las lámparas de iluminación exterior ubicadas con una separación de 40 metros.

$$KVA - m = [5.8 \times (20 + 40 + 60 + 80 + 100)] + [0.187 \times (20 + 40 + 60 + 80 + 100)]$$

$$KVA - m = 1740 + 56.1 = 1796.1 KVA - m$$



Para una capacidad de distribución de 1796.1 KVA-m se debe seleccionar un conductor que mantenga un valor de la caída de tensión por debajo del dos por ciento (2%). Para dicha selección se utiliza la siguiente ecuación:

$$KVA - m = 10 \times \Delta V\% \times Kv^2 / (R \times \cos\phi + X \times \sin\phi)$$

Con esta ecuación se realiza el cálculo de la capacidad de distribución la cual deberá ser mayor a la capacidad de distribución calculada de 1796.1 KVA-m.

Para el valor de la resistencia se utiliza la Tabla del reglamento y normas generales para redes de distribución y líneas de alimentación de CADAPE que describe las características de los conductores de aluminio desnudo, para líneas aéreas y con temperaturas de 75 °C y temperatura ambiente de 25 °C.

Para el cálculo de la reactancia del conductor utilizamos la siguiente ecuación:

$$XL = 2 \times \pi \times f \times L \times long$$

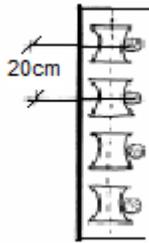
Esta reactancia es expresada en ohmios (Ω) y se requiere el cálculo de la inductancia “L” ya que la frecuencia es conocida (60 Hz) y la longitud es el tramo de línea en estudio la cual es de 110 metros.

La inductancia “L” será calculada con la siguiente ecuación:

$$L = 2 \times 10^{-7} \times \ln \frac{Dm}{Ds}$$

Esta inductancia estará expresada en Henrios por metro (H/m).

El valor de Dm que será la distancia media geométrica mutua entre los conductores depende de la configuración en que se dispongan los mismos y se calcula de la siguiente manera:

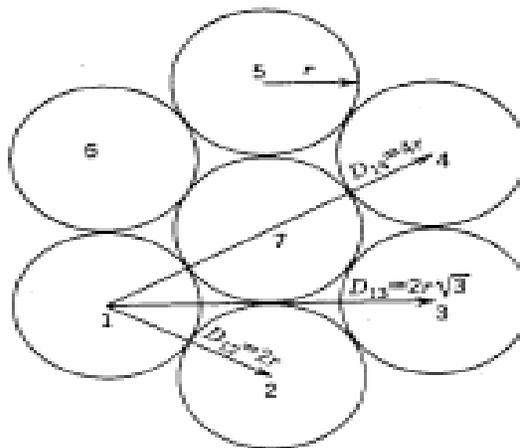


$$D_m = \sqrt[6]{D_1 \times D_2 \times D_3 \times D_4 \times D_5 \times D_6}$$

$$D_1=D_2=D_3=20\text{cm}=0.2\text{m}$$

$$D_4=D_5=40\text{cm}=0.4\text{m} \quad D_6=60\text{cm}=0.6\text{m}$$

El valor de D_s que será la distancia media geometría propia de cada conductor se calcula de la siguiente manera para un conductor de 7 hilos:



$$D_s = \sqrt[7]{r \times 49 \sqrt{(2^2 \times r^2 \times 3 \times 2^2 \times r^2 \times 2^2 \times r \times 2 \times r \times 2 \times r)^6}}$$

El radio “r” del conductor seleccionado por el método de capacidad de corriente es 4mm

$$D_s= 0.0087\text{m} \quad D_m=0.3026\text{m} \quad f=60 \text{ Hz} \quad \text{long}=110\text{m}$$

$$L = 2 \times 10^{-7} \times \ln \frac{0.3026}{0.0087} = 7.09 \times 10^{-6} \text{ H/m}$$

$$XL = 2 \times \pi \times 60 \times 9.04 \times 10^{-6} \times 110 = 0.294 \Omega/\text{Km}$$

Al haber obtenido los valores de “r” y “xl” se sustituyen en la ecuación para calcular el termino $(R \times \cos\phi + X \times \sin\phi)$ y finalmente se calcula la capacidad de distribución con el conductor seleccionado calibre #2 AWG.



$$KVA - m = 10 \times \Delta V\% \times Kv^2 / (0.916 \times 10^{-3})$$

$$KVA - m = 2.595 / (0.916 \times 10^{-3}) = 2833.88 Kva - m$$

Para calcular la caída de tensión del sistema se relaciona la capacidad de distribución necesaria con la capacidad de distribución calculada para el conductor.

$$\Delta V\% = \frac{KVA - m}{KVA - m \text{ conductor}} = \frac{1796.1 KVA - m}{2833.88 KVA - m} = 0.63\%$$

La selección por caída de tensión es de cuatro conductores desnudos de aleación de aluminio AA6201-T81 ARVIDAL, para media tensión, calibre #2 AWG.

4 x (AA6201 #2 AWG)

Circuito 2

La carga por suscriptor es de 2.4 KVA y se propone dejar una reserva del 20% para cargas extra que se pudiesen conectar en cada una de las viviendas. Bajo esta premisa se asume una carga total de 2.88 KVA por suscriptor, redondeando será de 2.9 KVA la carga asumida.

La carga total del circuito 2 viene dada por los 10 suscriptores conectados a él mismo, más la carga de cinco lámparas de iluminación exterior las cuales se conectan a este circuito y se controlan por medio de una foto celda. Estas lámparas son de 150 W y poseen un factor de potencia de 0.8, lo cual en potencia aparente nos resulta a 187.5 VA cada una o 0.9375 KVA por las cinco lámparas. Sumando las cargas obtenemos un total de 29.9375 KVA en el circuito 2.



TOTAL CARGA CIRCUITO 2 (KVA): 30 KVA

Por método de capacidad de corriente

Se elige utilizar un conductor desnudo de aleación de aluminio AA6201-T81 ARVIDAL, para media tensión, cuya temperatura de régimen nominal es 75 °C y a una temperatura ambiente de 25 °C.

$$I = \frac{30000 \text{ VA}}{208 \text{ V} \times \sqrt{3}} = 83.27 \text{ A} \cong 83 \text{ A}$$

Se ingresa con este valor de corriente en la Tabla del Reglamento y normas generales para redes de distribución y líneas de alimentación de CADAFE que describe las características de los conductores de aluminio desnudo, para líneas aéreas y con temperaturas de 75 °C y temperatura ambiente de 25 °C. Dicha tabla se puede Observar en el Anexo A del presente trabajo.

Ingresando con ese valor de corriente en la mencionada tabla, se obtiene un conductor #6 AWG, el cual soporta hasta 100 A en las condiciones antes descritas, sin embargo el reglamento y normas generales para redes de distribución y líneas de alimentación indica que el calibre mínimo para conductores de aluminio desnudo en redes secundarias, es #2 AWG por lo cual será el conductor seleccionado.

La selección por capacidad de corriente es de tres conductores desnudos de aleación de aluminio AA6201-T81 ARVIDAL, para media tensión, calibre #2 AWG.



Por método de caída de tensión

Para el mismo tipo de conductor que se realizó el estudio por capacidad de corriente se realiza el estudio por caída de tensión. Para realizar dicho estudio se debe conocer los puntos a lo largo del conductor donde se conectan las derivaciones que van llevando energía a las cargas distribuidas.

Las cargas son los suscriptores conectados a la red, el punto de entrada para sus acometidas es el medidor el cual está ubicado en acera justo encima de donde pasa la bancada de baja tensión. La separación de pedestal a pedestal es 20 metros y se disponen dos medidores por pedestal de los cuales se alimentan las dos viviendas adyacentes.

Se debe calcular la capacidad de distribución para estas distancias cada dos suscriptores ya que se encuentran dos medidores por pedestal. La carga de cada uno de los suscriptores es de 2.9 KVA por lo tanto la carga en cada derivación será de dos suscriptores 5.8 KVA. También se tomará en cuenta y sumará en la ecuación la capacidad de distribución para las lámparas de iluminación exterior ubicadas con una separación de 40 metros.

$$KVA - m = [5.8 \times (20 + 40 + 60 + 80)] + [0.187 \times (20 + 40 + 60 + 80)]$$

$$KVA - m = 1160 + 37.4 = 1197.4 KVA - m$$

Para una capacidad de distribución de 1197.4 KVA-m se debe seleccionar un conductor que mantenga un valor de la caída de tensión por debajo del dos por ciento (2%). Para dicha selección se utiliza la siguiente ecuación:

$$KVA - m = 10 \times \Delta V\% \times Kv^2 / (R \times \cos\phi + X \times \sin\phi)$$

Con esta ecuación se realiza el cálculo de la capacidad de distribución la cual deberá ser mayor a la capacidad de distribución calculada de 1197.4 KVA-m.

Para el valor de la resistencia se utiliza la Tabla del reglamento y normas generales para redes de distribución y líneas de alimentación de CADAFE que describe las características de los conductores de aluminio desnudo, para líneas aéreas y con temperaturas de 75 °C y temperatura ambiente de 25 °C.

Para el cálculo de la reactancia del conductor utilizamos la siguiente ecuación:

$$XL = 2 \times \pi \times f \times L \times long$$

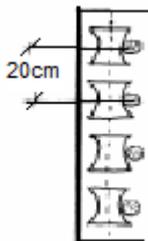
Esta reactancia es expresada en ohmios (Ω) y se requiere el cálculo de la inductancia “L” ya que la frecuencia es conocida (60 Hz) y la longitud es el tramo de línea en estudio la cual es de 110 metros.

La inductancia “L” será calculada con la siguiente ecuación:

$$L = 2 \times 10^{-7} \times \ln \frac{Dm}{Ds}$$

Esta inductancia estará expresada en Henrios por metro (H/m).

El valor de Dm que será la distancia media geométrica mutua entre los conductores depende de la configuración en que se dispongan los mismos y se calcula de la siguiente manera:

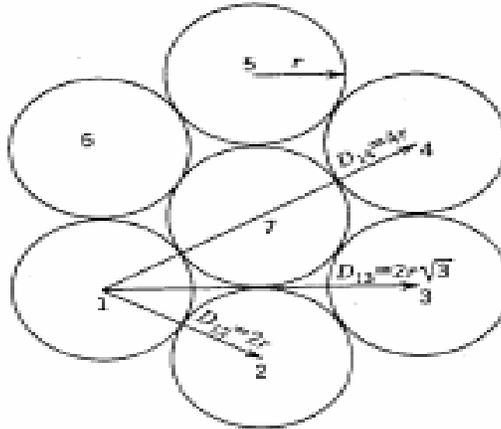


$$Dm = \sqrt[6]{D1 \times D2 \times D3 \times D4 \times D5 \times D6}$$

$$D1=D2=D3=20\text{cm}=0.2\text{m}$$

$$D4=D5=40\text{cm}=0.4\text{m} \quad D6=60\text{cm}=0.6\text{m}$$

El valor de D_s que será la distancia media geometría propia de cada conductor se calcula de la siguiente manera para un conductor de 7 hilos:



$$D_s = \sqrt[7]{r \times \sqrt[49]{(2^2 \times r^2 \times 3 \times 2^2 \times r^2 \times 2^2 \times r \times 2 \times r \times 2 \times r)^6}}$$

El radio “r” del conductor seleccionado por el método de capacidad de corriente es 4mm

$$D_s = 0.0087\text{m} \quad D_m = 0.3026\text{m} \quad f = 60 \text{ Hz} \quad \text{long} = 110\text{m}$$

$$L = 2 \times 10^{-7} \times \ln \frac{0.3026}{0.0087} = 7.09 \times 10^{-6} \text{ H/m}$$

$$XL = 2 \times \pi \times 60 \times 9.04 \times 10^{-6} \times 110 = 0.294 \Omega/\text{Km}$$

Al haber obtenido los valores de “r” y “xl” se sustituyen en la ecuación para calcular el termino $(R \times \cos\phi + X \times \text{sen}\phi)$ y finalmente se calcula la capacidad de distribución con el conductor seleccionado calibre #2 AWG.

$$KVA - m = 10 \times \Delta V\% \times Kv^2 / (0.916 \times 10^{-3})$$

$$KVA - m = 2.595 / (0.916 \times 10^{-3}) = 2833.88 \text{ Kva} - m$$

Para calcular la caída de tensión del sistema se relaciona la capacidad de distribución necesaria con la capacidad de distribución calculada para el conductor.



$$\Delta V\% = \frac{KVA - m}{KVA - m \text{ conductor}} = \frac{1197.4 KVA - m}{2833.88 KVA - m} = 0.42\%$$

La selección por caída de tensión es de cuatro conductores desnudos de aleación de aluminio AA6201-T81 ARVIDAL, para media tensión, calibre #2 AWG.

4 x (AA6201 #2 AWG)

Circuito 3

La carga por suscriptor es de 2.4 KVA y se propone dejar una reserva del 20% para cargas extra que se pudiesen conectar en cada una de las viviendas. Bajo esta premisa se asume una carga total de 2.88 KVA por suscriptor, redondeando será de 2.9 KVA la carga asumida.

La carga total del circuito 3 viene dada por los 8 suscriptores conectados a él mismo, más la carga de cinco lámparas de iluminación exterior las cuales se conectan a este circuito y se controlan por medio de una foto celda. Estas lámparas son de 150 W y poseen un factor de potencia de 0.8, lo cual en potencia aparente nos resulta a 187.5 VA cada una o 0.9375 KVA por las cinco lámparas. También se debe sumar a este circuito la carga de servicios del cuarto de hidroneumático y los portones eléctricos, esta carga representa 9.3 KVA que fue calculada en la sección 4.2 del presente trabajo, tres reflectores decorativos de 150 W que poseen un factor de potencia de 0.8, lo cual en potencia aparente nos resulta a 187.5 VA cada una o 0.562 KVA por los tres reflectores. Además se alimentan las cargas de iluminación del cuarto de hidroneumático (dos puntos), el cuarto de basura (dos puntos) y



la vigilancia (dos puntos) y tres tomacorrientes de uso general. Estas cargas representan 100 VA por cada punto de iluminación y 150 VA para cada tomacorriente de uso general. Sumando las cargas obtenemos un total de 35 KVA en el circuito 3.

TOTAL CARGA CIRCUITO 3 (KVA): 35 KVA

Por método de capacidad de corriente

Se elige utilizar un conductor desnudo de aleación de aluminio AA6201-T81 ARVIDAL, para media tensión, cuya temperatura de régimen nominal es 75 °C y a una temperatura ambiente de 25 °C.

$$I = \frac{35000 \text{ VA}}{208 \text{ V} \times \sqrt{3}} = 97.15 \text{ A} \cong 97 \text{ A}$$

Se ingresa con este valor de corriente en la Tabla del Reglamento y normas generales para redes de distribución y líneas de alimentación de CADAFE que describe las características de los conductores de aluminio desnudo, para líneas aéreas y con temperaturas de 75 °C y temperatura ambiente de 25 °C. Dicha tabla se puede Observar en el Anexo A del presente trabajo.

Ingresando con ese valor de corriente en la mencionada tabla, se obtiene un conductor #6 AWG, el cual soporta hasta 100 A en las condiciones antes descritas, sin embargo el reglamento y normas generales para redes de distribución y líneas de alimentación indica que el calibre mínimo para conductores de aluminio desnudo en redes secundarias, es #2 AWG por lo cual será el conductor seleccionado.



La selección por capacidad de corriente es de tres conductores desnudos de aleación de aluminio AA6201-T81 ARVIDAL, para media tensión, calibre #2 AWG.

Por método de caída de tensión

Para el mismo tipo de conductor que se realizó el estudio por capacidad de corriente se realiza el estudio por caída de tensión. Para realizar dicho estudio se debe conocer los puntos a lo largo del conductor donde se conectan las derivaciones que van llevando energía a las cargas distribuidas.

Las cargas son los suscriptores conectados a la red, el punto de entrada para sus acometidas es el medidor el cual está ubicado en acera. La separación de pedestal a pedestal es 20 metros y se disponen dos medidores por pedestal de los cuales se alimentan las dos viviendas adyacentes.

Se debe calcular la capacidad de distribución para estas distancias cada dos suscriptores ya que se encuentran dos medidores por pedestal. La carga de cada uno de los suscriptores es de 2.9 KVA por lo tanto la carga en cada derivación será de dos suscriptores 5.8 KVA. También se tomará en cuenta y sumará en la ecuación la capacidad de distribución para las lámparas de iluminación exterior ubicadas con una separación de 20 metros. Las últimas cargas por incluir en la ecuación será la del sistema hidroneumático la cual se encuentra a 110 metros del punto de entrega y la de los portones eléctricos y carga de vigilancia también a 110 metros del punto de entrega.



$$KVA - m = [5.8 \times (20 + 40 + 60 + 80)] + [0.187 \times (20 + 40 + 60 + 80 + 100)] \\ + [8.4 \times (100)] + [1.95 \times (100)]$$

$$KVA - m = 1160 + 56.1 + 840 + 195 = 2251.1 KVA - m$$

Para una capacidad de distribución de 2251.1 KVA-m se debe seleccionar un conductor que mantenga un valor de la caída de tensión por debajo del dos por ciento (2%). Para dicha selección se utiliza la siguiente ecuación:

$$KVA - m = 10 \times \Delta V\% \times Kv^2 / (R \times \cos\phi + X \times \sin\phi)$$

Con esta ecuación se realiza el cálculo de la capacidad de distribución la cual deberá ser mayor a la capacidad de distribución calculada de 2251.1 KVA-m.

Para el valor de la resistencia se utiliza la Tabla del reglamento y normas generales para redes de distribución y líneas de alimentación de CADAFE que describe las características de los conductores de aluminio desnudo, para líneas aéreas y con temperaturas de 75 °C y temperatura ambiente de 25 °C.

Para el cálculo de la reactancia del conductor utilizamos la siguiente ecuación:

$$XL = 2 \times \pi \times f \times L \times long$$

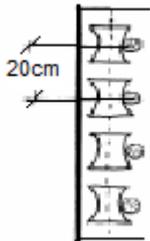
Esta reactancia es expresada en ohmios (Ω) y se requiere el cálculo de la inductancia “L” ya que la frecuencia es conocida (60 Hz) y la longitud es el tramo de línea en estudio la cual es de 110 metros.

La inductancia “L” será calculada con la siguiente ecuación:

$$L = 2 \times 10^{-7} \times \ln \frac{Dm}{Ds}$$

Esta inductancia estará expresada en Henrios por metro (H/m).

El valor de D_m que será la distancia media geométrica mutua entre los conductores depende de la configuración en que se dispongan los mismos y se calcula de la siguiente manera:

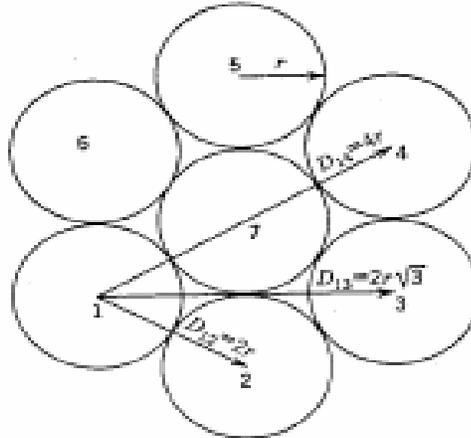


$$D_m = \sqrt[6]{D_1 \times D_2 \times D_3 \times D_4 \times D_5 \times D_6}$$

$$D_1=D_2=D_3=20\text{cm}=0.2\text{m}$$

$$D_4=D_5=40\text{cm}=0.4\text{m} \quad D_6=60\text{cm}=0.6\text{m}$$

El valor de D_s que será la distancia media geométrica propia de cada conductor se calcula de la siguiente manera para un conductor de 7 hilos:



$$D_s = \sqrt[7]{r \times \sqrt[49]{(2^2 \times r^2 \times 3 \times 2^2 \times r^2 \times 2^2 \times r \times 2 \times r \times 2 \times r)^6}}$$

El radio “r” del conductor seleccionado por el método de capacidad de corriente es 4mm

$$D_s= 0.0087\text{m} \quad D_m=0.3026\text{m} \quad f=60 \text{ Hz} \quad \text{long}=110\text{m}$$

$$L = 2 \times 10^{-7} \times \ln \frac{0.3026}{0.0087} = 7.09 \times 10^{-6} \text{ H/m}$$



$$XL = 2 \times \pi \times 60 \times 9.04 \times 10^{-6} \times 110 = 0.294 \Omega/\text{Km}$$

Al haber obtenido los valores de “r” y “xl” se sustituyen en la ecuación para calcular el termino ($R \times \cos\phi + X \times \text{sen}\phi$) y finalmente se calcula la capacidad de distribución con el conductor seleccionado calibre #2 AWG.

$$KVA - m = 10 \times \Delta V\% \times Kv2 / (0.916 \times 10^{-3})$$

$$KVA - m = 2.595 / (0.916 \times 10^{-3}) = 2833.88 Kva - m$$

Para calcular la caída de tensión del sistema se relaciona la capacidad de distribución necesaria con la capacidad de distribución calculada para el conductor.

$$\Delta V\% = \frac{KVA - m}{KVA - m \text{ conductor}} = \frac{2251.1 KVA - m}{2833.88 KVA - m} = 0.79\%$$

La selección por caída de tensión es de cuatro conductores desnudos de aleación de aluminio AA6201-T81 ARVIDAL, para media tensión, calibre #2 AWG.

4 x (AA6201 #2 AWG)

Circuito 4

La carga por suscriptor es de 2.4 KVA y se propone dejar una reserva del 20% para cargas extra que se pudiesen conectar en cada una de las viviendas. Bajo esta premisa se asume una carga total de 2.88 KVA por suscriptor, redondeando será de 2.9 KVA la carga asumida.

La carga total del circuito 4 viene dada por los 10 suscriptores conectados a él mismo, más la carga de cinco lámparas de iluminación exterior las cuales se conectan a este



circuito y se controlan por medio de una foto celda. Estas lámparas son de 150 W y poseen un factor de potencia de 0.8, lo cual en potencia aparente nos resulta a 187.5 VA cada una o 0.9375 KVA por las cinco lámparas. Sumando las cargas obtenemos un total de 29.9375 KVA en el circuito 4.

TOTAL CARGA CIRCUITO 4 (KVA): 30 KVA

Por método de capacidad de corriente

Se elige utilizar un conductor desnudo de aleación de aluminio AA6201-T81 ARVIDAL, para media tensión, cuya temperatura de régimen nominal es 75 °C y a una temperatura ambiente de 25 °C.

$$I = \frac{30000 VA}{208 V \times \sqrt{3}} = 83.27 A \cong 83 A$$

Se ingresa con este valor de corriente en la Tabla del Reglamento y normas generales para redes de distribución y líneas de alimentación de CADAFE que describe las características de los conductores de aluminio desnudo, para líneas aéreas y con temperaturas de 75 °C y temperatura ambiente de 25 °C. Dicha tabla se puede Observar en el Anexo A del presente trabajo.

Ingresando con ese valor de corriente en la mencionada tabla, se obtiene un conductor #6 AWG, el cual soporta hasta 100 A en las condiciones antes descritas, sin embargo el reglamento y normas generales para redes de distribución y líneas de alimentación indica



que el calibre mínimo para conductores de aluminio desnudo en redes secundarias, es #2 AWG por lo cual será el conductor seleccionado.

La selección por capacidad de corriente es de tres conductores desnudos de aleación de aluminio AA6201-T81 ARVIDAL, para media tensión, calibre #2 AWG.

Por método de caída de tensión

Para el mismo tipo de conductor que se realizó el estudio por capacidad de corriente se realiza el estudio por caída de tensión. Para realizar dicho estudio se debe conocer los puntos a lo largo del conductor donde se conectan las derivaciones que van llevando energía a las cargas distribuidas.

Las cargas son los suscriptores conectados a la red, el punto de entrada para sus acometidas es el medidor el cual está ubicado en acera justo encima de donde pasa la bancada de baja tensión. La separación de pedestal a pedestal es 20 metros y se disponen dos medidores por pedestal de los cuales se alimentan las dos viviendas adyacentes.

Se debe calcular la capacidad de distribución para estas distancias cada dos suscriptores ya que se encuentran dos medidores por pedestal. La carga de cada uno de los suscriptores es de 2.9 KVA por lo tanto la carga en cada derivación será de dos suscriptores 5.8 KVA.

También se tomará en cuenta y sumará en la ecuación la capacidad de distribución para las lámparas de iluminación exterior ubicadas con una separación de 20 metros.

$$KVA - m = [5.8 \times (20 + 40 + 60 + 80)] + [0.187 \times (20 + 40 + 60 + 80)]$$



$$KVA - m = 1160 + 37.4 = 1197.4 KVA - m$$

Para una capacidad de distribución de 1185 KVA-m se debe seleccionar un conductor que mantenga un valor de la caída de tensión por debajo del dos por ciento (2%). Para dicha selección se utiliza la siguiente ecuación:

$$KVA - m = 10 \times \Delta V\% \times Kv^2 / (R \times \cos\phi + X \times \sin\phi)$$

Con esta ecuación se realiza el cálculo de la capacidad de distribución la cual deberá ser mayor a la capacidad de distribución calculada de 1197.4 KVA-m.

Para el valor de la resistencia se utiliza la Tabla del reglamento y normas generales para redes de distribución y líneas de alimentación de CADAFE que describe las características de los conductores de aluminio desnudo, para líneas aéreas y con temperaturas de 75 °C y temperatura ambiente de 25 °C.

Para el cálculo de la reactancia del conductor utilizamos la siguiente ecuación:

$$XL = 2 \times \pi \times f \times L \times long$$

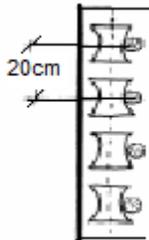
Esta reactancia es expresada en ohmios (Ω) y se requiere el cálculo de la inductancia “L” ya que la frecuencia es conocida (60 Hz) y la longitud es el tramo de línea en estudio la cual es de 110 metros.

La inductancia “L” será calculada con la siguiente ecuación:

$$L = 2 \times 10^{-7} \times \ln \frac{Dm}{Ds}$$

Esta inductancia estará expresada en Henrios por metro (H/m).

El valor de D_m que será la distancia media geométrica mutua entre los conductores depende de la configuración en que se dispongan los mismos y se calcula de la siguiente manera:

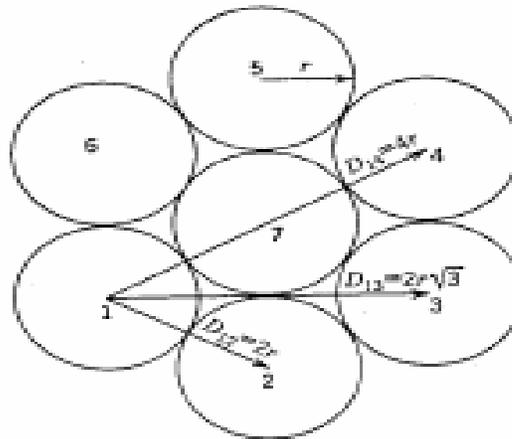


$$D_m = \sqrt[6]{D_1 \times D_2 \times D_3 \times D_4 \times D_5 \times D_6}$$

$$D_1 = D_2 = D_3 = 20\text{cm} = 0.2\text{m}$$

$$D_4 = D_5 = 40\text{cm} = 0.4\text{m} \quad D_6 = 60\text{cm} = 0.6\text{m}$$

El valor de D_s que será la distancia media geometría propia de cada conductor se calcula de la siguiente manera para un conductor de 7 hilos:



$$D_s = \sqrt[7]{r \times \sqrt[49]{(2^2 \times r^2 \times 3 \times 2^2 \times r^2 \times 2^2 \times r \times 2 \times r \times 2 \times r)^6}}$$

El radio “r” del conductor seleccionado por el método de capacidad de corriente es 4mm

$$D_s = 0.0087\text{m} \quad D_m = 0.3026\text{m} \quad f = 60 \text{ Hz} \quad \text{long} = 110\text{m}$$

$$L = 2 \times 10^{-7} \times \ln \frac{0.3026}{0.0087} = 7.09 \times 10^{-6} \text{ H/m}$$



$$XL = 2 \times \pi \times 60 \times 9.04 \times 10^{-6} \times 110 = 0.294 \Omega/\text{Km}$$

Al haber obtenido los valores de “r” y “xl” se sustituyen en la ecuación para calcular el termino ($R \times \cos\phi + X \times \sin\phi$) y finalmente se calcula la capacidad de distribución con el conductor seleccionado calibre #2 AWG.

$$KVA - m = 10 \times \Delta V\% \times Kv2 / (0.916 \times 10^{-3})$$

$$KVA - m = 2.595 / (0.916 \times 10^{-3}) = 2833.88 Kva - m$$

Para calcular la caída de tensión del sistema se relaciona la capacidad de distribución necesaria con la capacidad de distribución calculada para el conductor.

$$\Delta V\% = \frac{KVA - m}{KVA - m \text{ conductor}} = \frac{1197.4 KVA - m}{2833.88 KVA - m} = 0.42\%$$

La selección por caída de tensión es de cuatro conductores desnudos de aleación de aluminio AA6201-T81 ARVIDAL, para media tensión, calibre #2 AWG.

4 x (AA6201 #2 AWG)

En la Tabla 4.11 se describen las secciones de la presentación y se indica la potencia aparente de cada sección y el alimentador de cada una de ellas. Comprende media y baja tensión donde de cada alimentador se especificara, tipo, calibre y la distancia que se debe cubrir para alimentar toda la sección correspondiente.

Tabla 4.11 Carga y Alimentadores por Sección

Sección del Sistema	Potencia en (KVA)	Conductor Tipo	Conductor Calibre	Distancia Total
Media Tensión 13.8 KV	75	AA 6201 T81	#2 AWG	110
Media Tensión 13.8 KV	75	AA 6201 T81	#2 AWG	110
Baja Tensión Circuito 1	30	AA 6201	#2 AWG	100
Baja Tensión Circuito 2	30	AA 6201	#2 AWG	80
Baja Tensión Circuito 3	35	AA 6201	#2 AWG	100
Baja Tensión Circuito 4	30	AA 6201	#2 AWG	80

Una vez realizado el diseño, habiendo dimensionado los dispositivos a utilizar y contabilizado las cantidades respectivas de cada uno de ellos se procede a elaborar el presupuesto detallado por partidas del mismo, con un análisis de precio unitario de cada una de las partidas incluidas, reflejando y detallando, materiales, herramientas y mano de obra necesarias para ejecutar esa partida, además de los gastos de administración, la utilidad generada a la empresa por la ejecución de la misma.

Luego de elaborado el presupuesto y sumadas todas sus partidas, se calcula el impuesto del 12% IVA. En este punto obtenemos un costo total del presupuesto, el cual para esta configuración (AT Aérea – BT Aérea), asciende al monto de:

Total General = 341.698,24 Bolívares



El monto esta expresado en Bolívares Fuertes y representa el valor total que representa la ejecución de dicha propuesta como proyecto de electrificación.

Los detalles del presupuesto, y los análisis de precio unitario de cada partida, se pueden observar en el Apéndice 4 del presente trabajo.

4.4 CUADROS DE COMPARACION TECNICA

Cuadro Comparativo 4.1

Unidad o Unidades de Transformación

Opción	Dispositivos	Observaciones
AT S BT S	Transformador trifásico en Aceite tipo pad mounted de 150 KVA 13800/208-120 V 60 HZ frente muerto, tanque sellado	Un solo transformador para todo el conjunto residencial
AT S BT A	Transformador trifásico en Aceite tipo pad mounted de 150 KVA 13800/208-120 V 60 HZ frente muerto, tanque sellado	Un solo transformador para todo el conjunto residencial
AT A BT S	Tres transformadores monofásicos en aceite de 25 KVA cada uno	Dos bancos de tres transformadores monofásicos
AT A BT A	Tres transformadores monofásicos en aceite de 25 KVA cada uno	Dos bancos de tres transformadores monofásicos

Cuadro Comparativo 4.2

Accesorios para Instalación de las Unidades de Transformación

Opción	Dispositivos
AT S BT S	Base de concreto para transformador tipo pad mounted Puesta a tierra para la base de concreto Copas terminales tipo exterior Codos tipo Elastimold con su sistema de puesta a tierra
AT S BT A	Base de concreto para transformador tipo pad mounted Puesta a tierra para la base de concreto Copas terminales tipo exterior Codos tipo Elastimold con su sistema de puesta a tierra
AT A BT S	Abrazadera soporte y conductor de cobre desnudo solido #4 AWG Conector U tipo KSU-29 y Cable TTU #4/0 AWG
AT A BT A	Abrazadera soporte y conductor de cobre desnudo solido #4 AWG Conector U tipo KSU-29 y Cable TTU #4/0 AWG

Cuadro Comparativo 4.3

Protecciones

Opción	Dispositivos
AT S BT S	Cortacorrientes en cruceta doble para derivación trifásica Conexión de puesta a tierra en poste de intercepción de AT Puesta a tierra de base para transformador Puesta a tierra de adaptadores de conexión para el transformador
AT S BT A	Cortacorrientes en cruceta doble para derivación trifásica Conexión de puesta a tierra en poste de intercepción de AT Puesta a tierra de base para transformador Puesta a tierra de adaptadores de conexión para el transformador
AT A BT S	Tres pararrayos y tres cortacorrientes instalados en cruceta Conexión de puesta a tierra subestación de transformación
AT A BT A	Tres pararrayos y tres cortacorrientes instalados en cruceta Conexión de puesta a tierra subestación de transformación

Cuadro Comparativo 4.4

Protecciones (Valores Especificados)

Opción	Dispositivos
AT S BT S	Cortacorrientes en cruceta para 15 KV y fusibles tipo K de 10 A Conexión de puesta a tierra en poste de intercepción de AT Puesta a tierra de base para transformador Puesta a tierra de adaptadores de conexión para el transformador
AT S BT A	Cortacorrientes en cruceta para 15 KV y fusibles tipo K de 10 A Conexión de puesta a tierra en poste de intercepción de AT Puesta a tierra de base para transformador Puesta a tierra de adaptadores de conexión para el transformador
AT A BT S	Tres pararrayos y tres cortacorrientes para 15 KV en cruceta Fusibles tipo K de 5 A Conexión de puesta a tierra subestación de transformación
AT A BT A	Tres pararrayos y tres cortacorrientes para 15 KV en cruceta Fusibles tipo K de 5 A Conexión de puesta a tierra subestación de transformación

Cuadro Comparativo 4.5

Transporte de la Energía (Estructuración)

Opción	Dispositivos
AT S BT S	Poste tubular de acero de 12.2 m con bajante para terna de AT Tanquillas para AT de concreto con tapa de hierro fundido (3) Bancada de AT revestida en concreto con 2 tubos de 4" PVC (98 m) Tanquillas para BT de concreto con tapa de concreto (21) Bancada de BT revestida en concreto con 4 tubos de 4" PVC (3 m) Bancada de BT revestida en concreto con 2 tubos de 4" PVC (298 m)
AT S BT A	Poste tubular de acero de 12.2 m con bajante para terna de AT Tanquillas para AT de concreto con tapa de hierro fundido (3) Bancada de AT revestida en concreto con 2 tubos de 4" PVC (98 m) Tanquillas para BT de concreto con tapa de concreto (3) Bancada de BT revestida en concreto con 4 tubos de 4" PVC (3 m) Bancada de BT revestida en concreto con 2 tubos de 4" PVC (18 m) Poste tubular de acero de 8.23 m BT (14) Estructura autosoportante de dos postes de 8.23 m (6) Percha de 4 aisladores para alineación (14) Percha de 4 Aisladores para amarre en alineación (2) Percha de 4 Aisladores para amarre terminal (4)
AT A BT S	Estructura autosoportante de dos postes de 12.2 m (4) Poste tubular de acero de 12.2 m (2) Bajante Conduit de 4" (2) Tanquillas para BT de concreto con tapa de concreto (20) Bancada de BT revestida en concreto con 2 tubos de 4" PVC (280 m)
AT A BT A	Estructura autosoportante de dos postes de 12.2 m (4) Poste tubular de acero de 12.2 m (2) Poste tubular de acero de 8.23 m BT (12) Estructura autosoportante de dos postes de 8.23 m (4) Percha de 4 aisladores para alineación (14) Percha de 4 Aisladores para amarre en alineación (2) Percha de 4 Aisladores para amarre terminal (4)

Cuadro Comparativo 4.6

Transporte de la Energía (Cables y Conductores)

Opción	Dispositivos
AT S BT S	Cable monopolar de cobre con aislante de polietileno reticulado XLPE 15 KV #2 AWG (342) Cable de cobre con aislante TTU #4/0 AWG 600 V (276 m) Cable de cobre con aislante TTU #2/0 AWG 600 V (824 m) Cable de cobre con aislante TTU #1/0 AWG 600 V (244 m)
AT S BT A	Cable monopolar de cobre con aislante de polietileno reticulado XLPE 15 KV #2 AWG (342) Cable de cobre con aislante TTU #2 AWG 600 V (276 m) Cable de cobre con aislante TTU #4 AWG 600 V (84 m) Conductor de aleación de aluminio Arvidal AA 6201 #2 AWG (1440 m)
AT A BT S	Conductor de aleación de aluminio Arvidal AA 6201 #2 AWG (660 m) Cable de cobre con aislante TTU 4/0 AWG 600 V (252 m) Cable de cobre con aislante TTU 2/0 AWG 600 V (774 m) Cable de cobre con aislante TTU 1/0 AWG 600 V (220 m)
AT A BT A	Conductor de aleación de aluminio Arvidal AA 6201 #2 AWG (660 m) Conductor de aleación de aluminio Arvidal AA 6201 #2 AWG (1440 m)

Cuadro Comparativo 4.7

Alumbrado Publico

Opción	Dispositivos
AT S BT S	Poste hexagonal de 6 m con brazo sencillo tipo látigo de 2.4 m y 2" (20) Luminaria de vapor de sodio 150 W y 220 V (20) Célula fotoeléctrica con base para instalación (20)
AT S BT A	Brazo sencillo tipo látigo de 2.4 m y 2" (20) Luminaria de vapor de sodio 150 W y 220 V (20) Célula fotoeléctrica con base para instalación (20)
AT A BT S	Poste hexagonal de 6 m con brazo sencillo tipo látigo de 2.4 m y 2" (20) Luminaria de vapor de sodio 150 W y 220 V (20) Célula fotoeléctrica con base para instalación (20)
AT A BT A	Brazo sencillo tipo látigo de 2.4 m y 2" (20) Luminaria de vapor de sodio 150 W y 220 V (20) Célula fotoeléctrica con base para instalación (20)

4.5 CUADROS DE COMPARACION ECONOMICA

Cuadro Comparativo 4.8

Costo Total de la Ejecución del Proyecto

Opción	Costo BsF.	Impuesto IVA (12%) BsF.	Costo Total BsF.
AT S BT S	787.707,92	94.524,95	882.232,87
AT S BT A	414.052,28	49.686,27	463.738,55
AT A BT S	660.948,16	79.313,78	740.261,94
AT A BT A	305.087,71	36.610,53	341.698,24

Cuadro Comparativo 4.9

Costo de la Alta Tensión

Opción	Costo BsF.	Observaciones
AT S - BT S	292.510,39	Con Transformador Trifásico
AT S - BT A	292.510,39	Con Transformador Trifásico
AT A - BT S	198.528,00	Con Transformadores Monofásicos
AT A - BT A	198.528,00	Con Transformadores Monofásicos

Cuadro Comparativo 4.10

Costo de la Baja Tensión

Opción	Costo BsF.	Observaciones
AT S - BT S	458.725,33	Conexión Directa
AT S - BT A	106.097,69	Subida con Cables TTU
AT A - BT S	425.947,96	Baja a tanquilla con Cables TTU
AT A - BT A	91.115,51	Conexión Directa

Cuadro Comparativo 4.11

Unidad o Unidades de Transformación con Accesorios para Conexión

Opción	Dispositivo	Costo BsF.	Observaciones
AT S BT S	Transformador trifásico en Aceite tipo pad mounted de 150 KVA 13800/208-120 V 60 HZ	123.917,89	Base de concreto para transformador tipo pad mounted con su sistema de puesta a tierra Copas terminales tipo exterior Codos tipo Elastimold con su sistema de puesta a tierra
AT S BT A	Transformador trifásico en Aceite tipo pad mounted de 150 KVA 13800/208-120 V 60 HZ	123.917,89	Base de concreto para transformador tipo pad mounted con su sistema de puesta a tierra Copas terminales tipo exterior Codos tipo Elastimold con su sistema de puesta a tierra
AT A BT S	Seis transformadores monofásicos en aceite de 25 KVA cada uno	90.092,04	Abrazadera soporte Conductor de cobre desnudo solido #4 AWG Conector U tipo KSU-29 y Cable TTU #4/0 AWG Pararrayos y cortacorrientes con su puesta a tierra
AT A BT A	Seis transformadores monofásicos en aceite de 25 KVA cada uno	90.092,04	Abrazadera soporte Conductor de cobre desnudo solido #4 AWG Conector U tipo KSU-29 y Cable TTU #4/0 AWG Pararrayos y cortacorrientes con su puesta a tierra

NOTA: Los seis transformadores monofásicos se instalan en dos bancos de transformación de 3x25 KVA, no se incluye en el monto reflejado en esta tabla la estructura autosoportante donde se instala el banco de transformadores.

Cuadro Comparativo 4.12

Bancadas y Tanquillas o Postes y Estructuras

Opción	Costo BsF.	Observaciones
AT S BT S	284.323,11	Poste tubular de acero de 12.2 m con bajante para terna de AT Tanquillas para AT de concreto con tapa de hierro fundido Bancada de AT revestida en concreto con 2 tubos de 4" PVC Tanquillas para BT de concreto con tapa de concreto Bancada de BT revestida en concreto con 4 tubos de 4" PVC Bancada de BT revestida en concreto con 2 tubos de 4" PVC
AT S BT A	177.484,19	Poste tubular de acero de 12.2 m con bajante para terna de AT Tanquillas para AT de concreto con tapa de hierro fundido Bancada de AT revestida en concreto con 2 tubos de 4" PVC Tanquillas para BT de concreto con tapa de concreto Bancada de BT revestida en concreto con 4 tubos de 4" PVC Bancada de BT revestida en concreto con 2 tubos de 4" PVC Poste tubular de acero de 8.23 m BT Estructura autosoportante de dos postes de 8.23 m Percha de 4 aisladores para alineación, amarre en alineación y amarre terminal
AT A BT S	280.122,18	Estructura autosoportante de dos postes de 12.2 m Poste tubular de acero de 12.2 m Bajante Conduit de 4" Tanquillas para BT de concreto con tapa de concreto Bancada de BT revestida en concreto con 2 tubos de 4" PVC
AT A BT A	153.634,54	Estructura autosoportante de dos postes de 12.2 m Poste tubular de acero de 12.2 m Poste tubular de acero de 8.23 m BT Estructura autosoportante de dos postes de 8.23 m Percha de 4 aisladores para alineación, amarre en alineación y amarre terminal

Cuadro Comparativo 4.13

Cables y Conductores

Opción	Costo BsF.	Observaciones
AT S BT S	297.096,92	Cable de cobre con aislante XLPE 15 KV #2 AWG (342) Cable de cobre con aislante TTU #4/0 AWG 600 V (276 m) Cable de cobre con aislante TTU #2/0 AWG 600 V (824 m) Cable de cobre con aislante TTU #1/0 AWG 600 V (244 m)
AT S BT A	114.949,27	Cable de cobre con aislante XLPE 15 KV #2 AWG (342) Cable de cobre con aislante TTU #2 AWG 600 V (276 m) Cable de cobre con aislante TTU #4 AWG 600 V (84 m) Conductor de aleación de aluminio Arvidal AA 6201 (1440 m)
AT A BT S	199.327,24	Conductor de aleación de aluminio Arvidal AA 6201 (660 m) Cable de cobre con aislante TTU 4/0 AWG 600 V (252 m) Cable de cobre con aislante TTU 2/0 AWG 600 V (774 m) Cable de cobre con aislante TTU 1/0 AWG 600 V (220 m)
AT A BT A	12.676,23	Conductor de aleación de aluminio Arvidal AA 6201 (660 m) Conductor de aleación de aluminio Arvidal AA 6201 (1440 m)

Cuadro Comparativo 4.14

Alumbrado Publico

Opción	Costo BsF.	Observaciones
AT S BT S	76.976,80	Poste hexagonal de 6 m con brazo sencillo tipo látigo de 2.4 m y 2" Luminaria de vapor de sodio 150 W y 220 V Célula fotoeléctrica con base para instalación
AT S BT A	34.255,00	Brazo sencillo tipo látigo de 2.4 m y 2" Luminaria de vapor de sodio 150 W y 220 V Célula fotoeléctrica con base para instalación
AT A BT S	76.976,80	Poste Hexagonal de 6 m con brazo sencillo tipo látigo de 2.4 m y 2" Luminaria de vapor de sodio 150 W y 220 V Célula fotoeléctrica con base para instalación
AT A BT A	34.255,00	Brazo sencillo tipo látigo de 2.4 m y 2" Luminaria de vapor de sodio 150 W y 220 V Célula fotoeléctrica con base para instalación

Grafico Comparativo 4.1

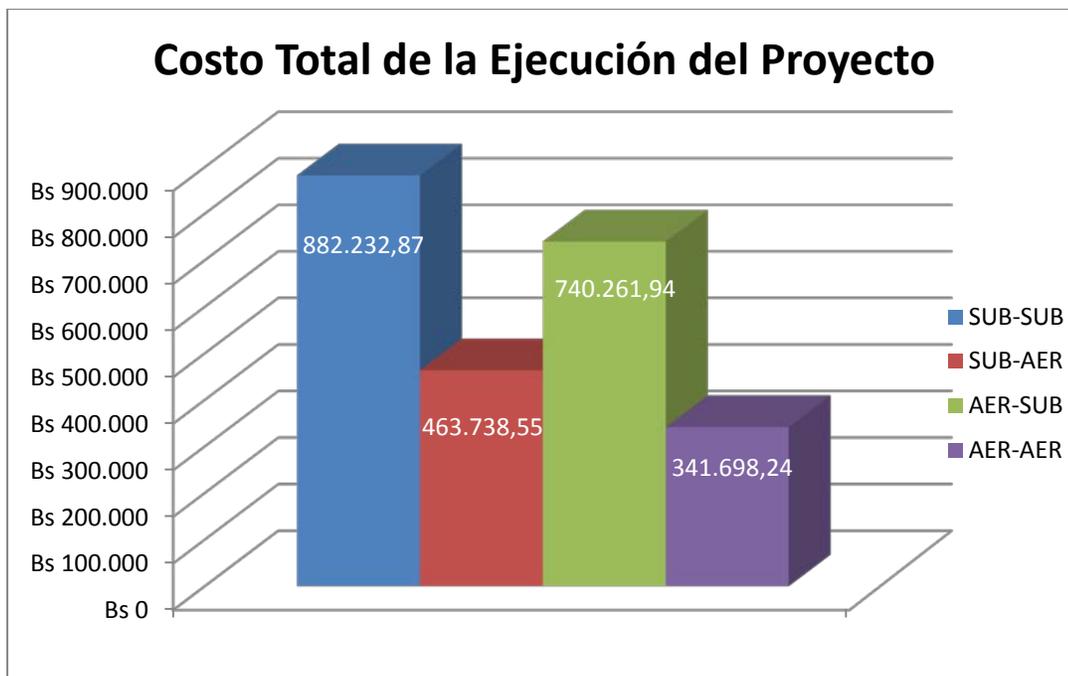


Grafico Comparativo 4.2

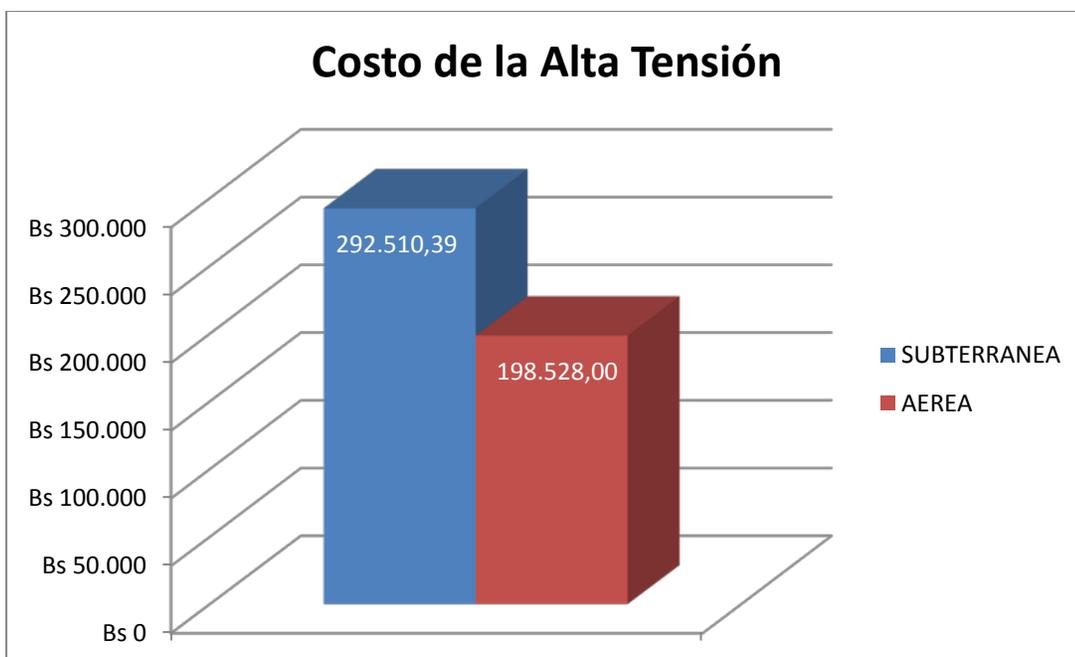


Grafico Comparativo 4.3

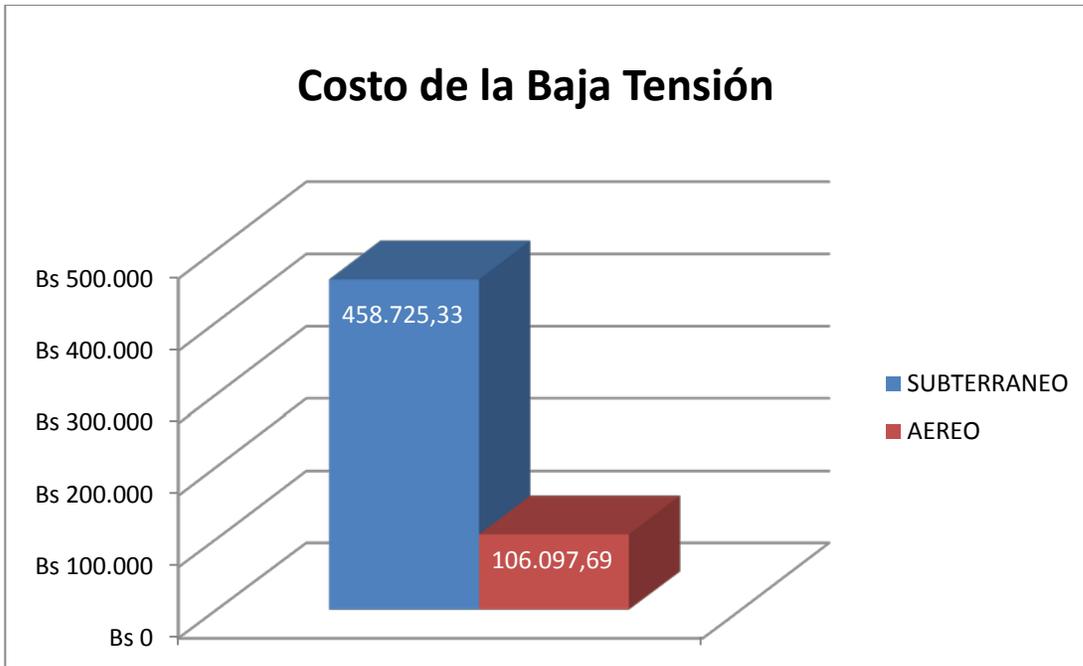


Grafico Comparativo 4.4

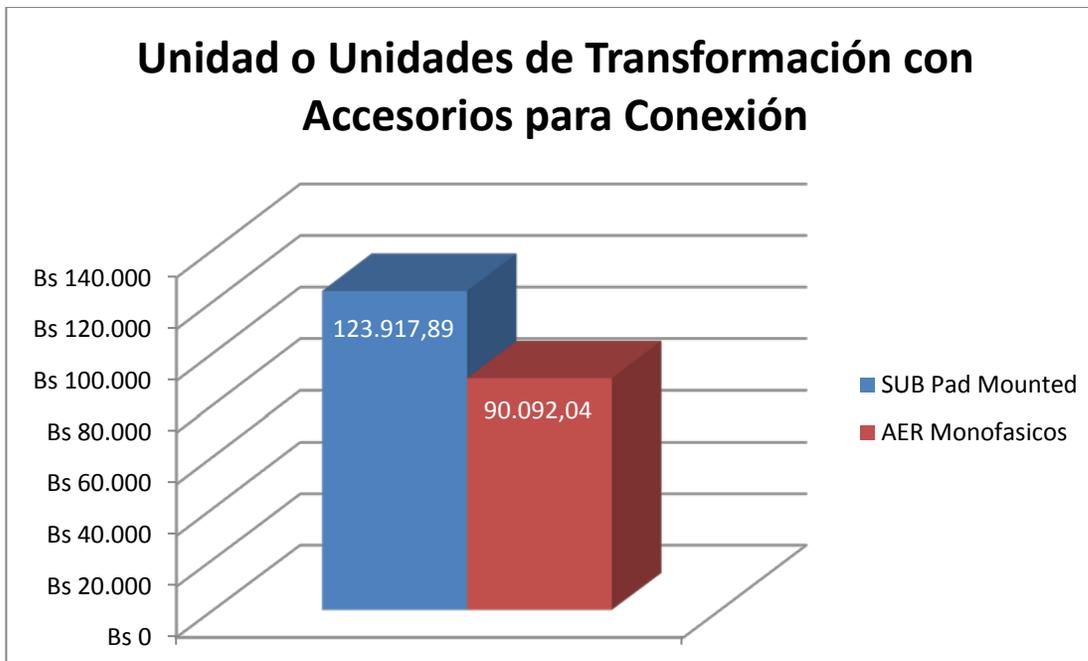


Grafico Comparativo 4.5

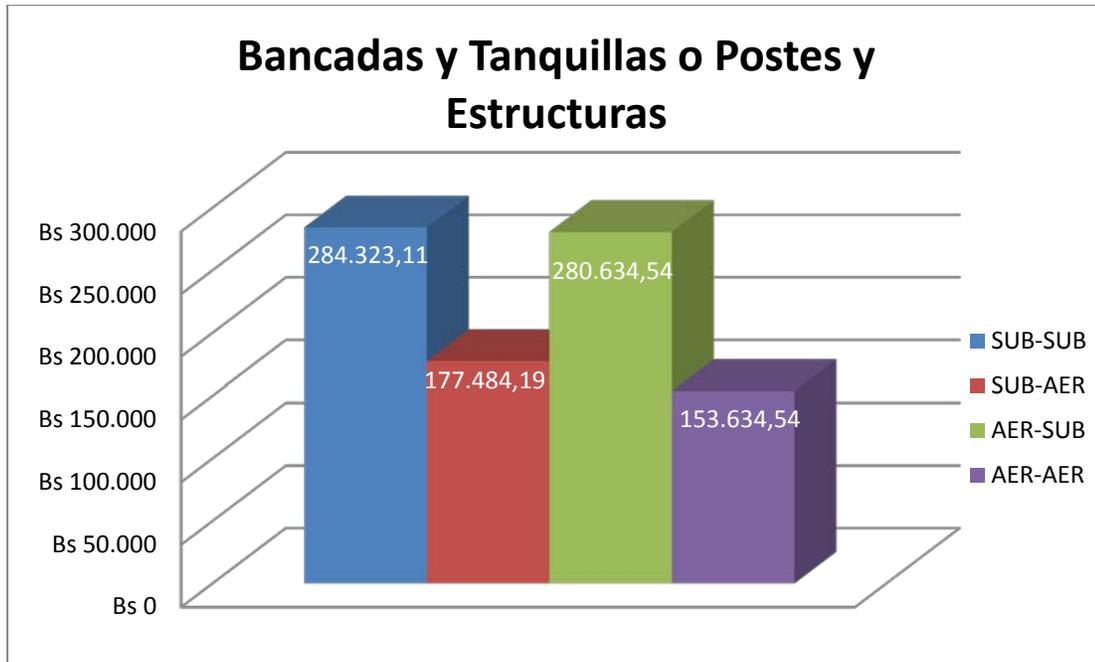


Grafico Comparativo 4.6

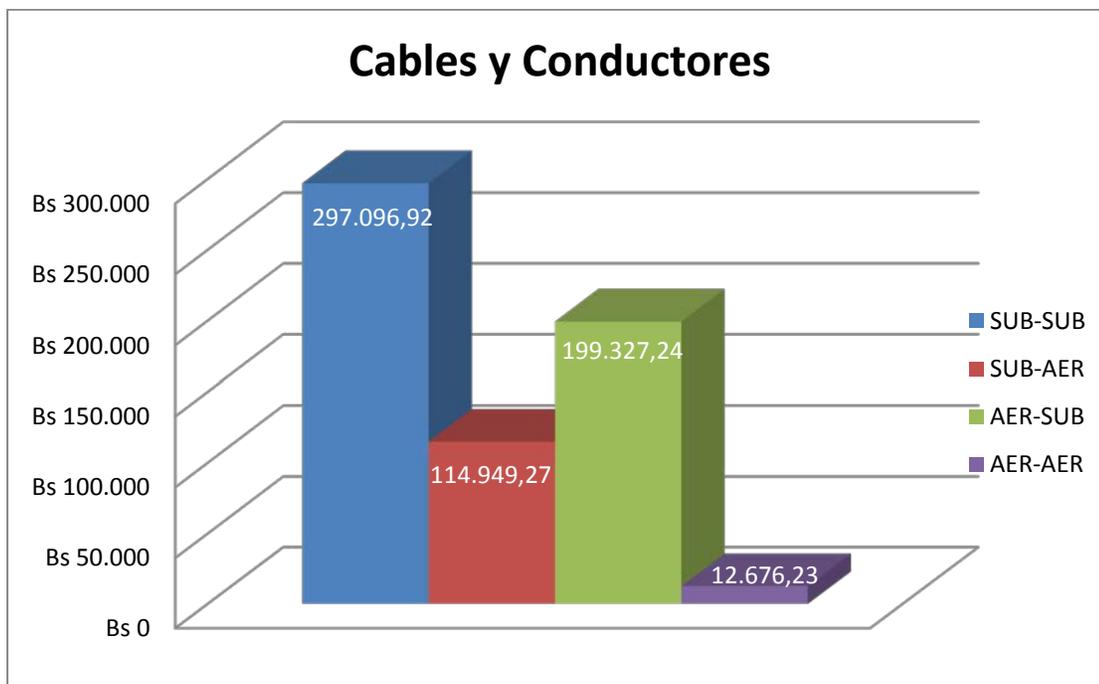


Grafico Comparativo 4.7

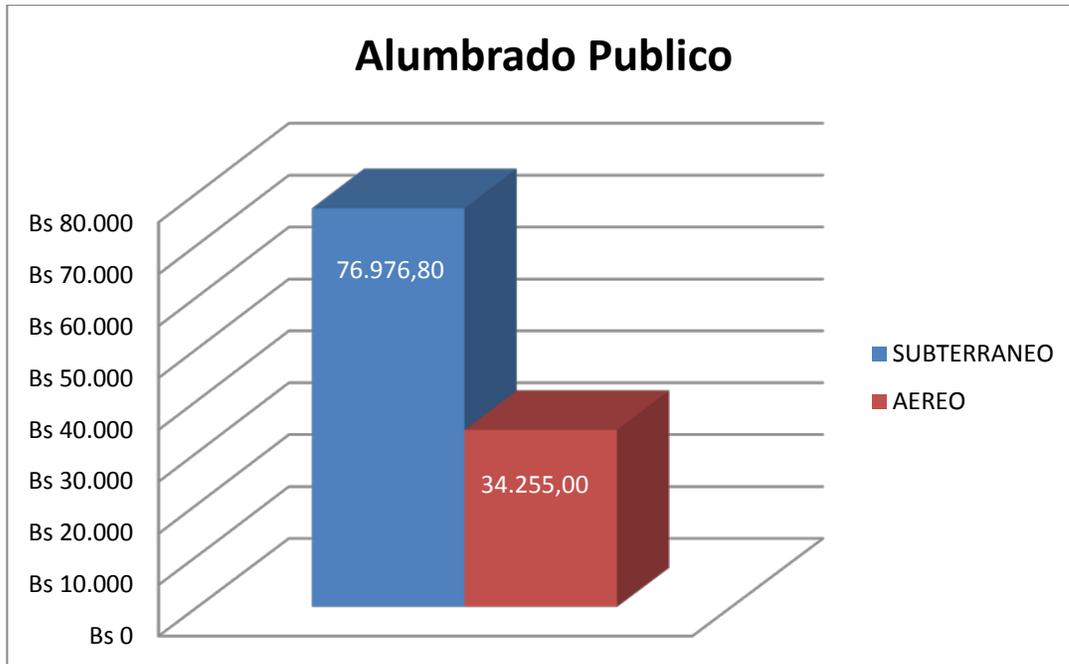
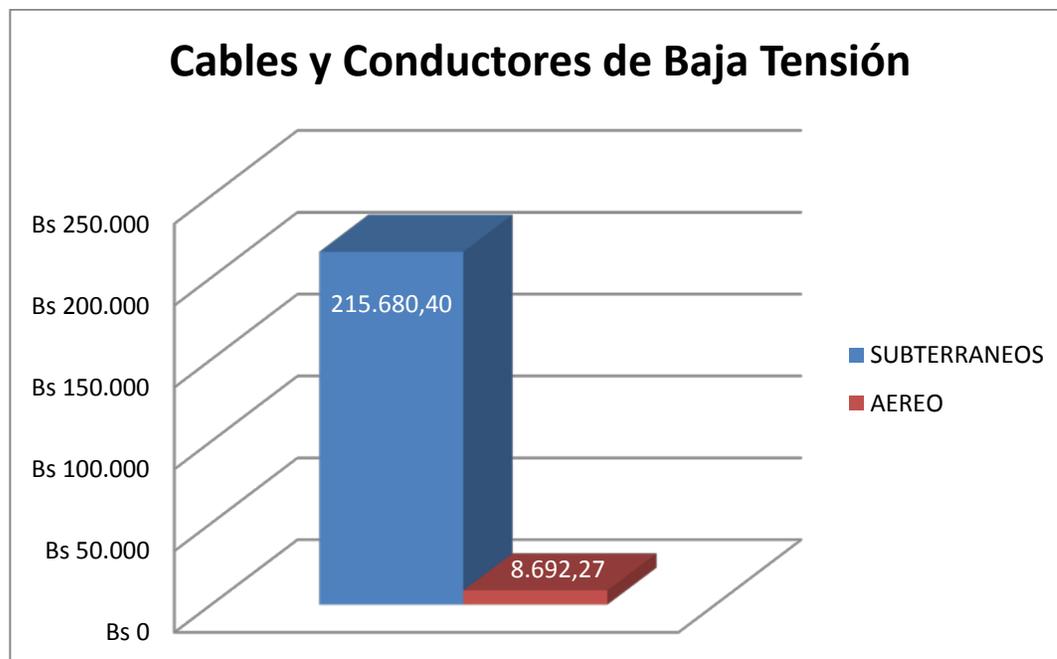


Grafico Comparativo 4.8





4.6 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE CADA PROPUESTA

Cuadro Evaluativo 4.1

Sistemas Subterráneos

Ventajas	Desventajas
Bajo nivel de mantenimiento	Alto costo inicial
Bajo reporte de fallas e interrupciones del servicio por imprevistos	Alto costo de reparaciones o redimensionamiento si se requiere en un futuro conectar mayor cantidad de cargas
Alto rendimiento	Fallas difícilmente visibles a simple vista
Alto nivel de seguridad	Ejecución de la obra sucio e invasivo, poco conveniente en zonas ya urbanizadas
Buena estética y espacio ocupado en la superficie	Disminuye el espacio para otros servicios públicos como los acueductos, gas, Aguas de lluvia, entre otros.
Apariencia visual limpia y menor impacto en la zona	Generalmente las fallas graves no son corregibles
Evita la conexión a la red eléctrica de suscriptores no autorizados
Aumenta el valor de las propiedades de la zona electrificada de forma subterránea

Cuadro Evaluativo 4.2

Sistemas Aéreos

Ventajas	Desventajas
Bajo costo inicial	Bajo nivel de seguridad
Fallas fácilmente detectables y corregibles	Alto nivel de mantenimiento
Rápido levantamiento y ejecución de la obra	Alto registro de interrupciones por imprevistos
Limpieza en levantamiento de obra y poca invasión a las instalaciones ya existentes	Permite la conexión a la red eléctrica de suscriptores no autorizados
.....	Poca estética del entorno de la electrificación
.....	

**Cuadro Evaluativo 4.3**

Cuadro de Evaluación Final

Tópico	AT S - BT S	AT S - BTA	AT A - BT S	AT A - BT A
Costo	1	4	3	5
Construcción	1	4	3	5
Mantenimiento	4	3	3	2
Reparaciones	1	3	3	5
Cantidad de Fallas	5	3	3	1
Rendimiento	5	4	3	2
Confiabilidad	5	4	3	1
Seguridad	5	3	3	1
Estética	5	3	3	1
Otros Servicios	1	4	4	5
TOTAL	33	35	31	28

El cuadro de evaluación final presenta un análisis a través de puntos a favor en una escala del uno al cinco (1-5) para cada tópico de estudio, cada opción tiene su respectiva puntuación total al sumar todos los tópicos. Como se pudo mostrar la opción con mayor puntuación fue la que presenta las instalaciones de alta tensión subterráneas y las instalaciones de baja tensión aéreas.



CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- Existen varios factores que determinan la decisión a la hora de realizar un proyecto de electrificación. El factor económico es determinante, también el tiempo y condiciones de ejecución de la obra, y aunque no es lo correcto, lamentablemente en la actualidad quedan como factores de menor importancia la seguridad, la confiabilidad del sistema y la estética o apariencia visual de las instalaciones y su entorno.
- La opción de todas las instalaciones aéreas resulta la más económica y a la vez la más rápida de ejecutar, sin embargo tiene muchas desventajas como lo son el bajo nivel de seguridad, el alto número de fallas a las que es susceptible y la posibilidad de recibir alto número de suscriptores no autorizados.
- El alto número de suscriptores no autorizados produce un aumento considerable de la carga para la que está diseñado el sistema, pudiendo generar daños que se traducen en fallas e interrupciones del servicio eléctrico.
- La opción de todas las instalaciones subterráneas resulta la más conveniente en cuanto a seguridad, confiabilidad, rendimiento y estética, pero tiene el mayor costo inicial y su ejecución resulta más prolongada.



- La ejecución de instalaciones eléctricas híbridas se ha implementado mucho en la actualidad, buscando la mayor economía sin descuidar la confiabilidad del sistema, la estética, disponibilidad de espacio y rapidez de ejecución de la obra.
- En las instalaciones subterráneas el mayor costo lo tienen las instalaciones de baja tensión debido a la alta cantidad de cables necesarias para llevar la energía desde los bancos de transformación hasta los puntos de medición.
- En las instalaciones aéreas el mayor costo lo tienen las instalaciones de alta tensión, siendo el factor determinante los bancos de transformación con sus protecciones reglamentarias.
- La mayor diferencia en el costo de las instalaciones subterráneas y las aéreas la poseen los conductores, ya que resulta más de veinte veces más costoso llevar la energía a través de cables que llevarla a través de conductor arvidal.
- Con una instalación de baja tensión aérea disminuye notablemente el costo de la iluminación exterior ya que se utilizan los postes de baja tensión para instalar los brazos con las luminarias reduciendo el costo a menos de la mitad.
- Para el conjunto residencial con el cual se realizó el presente estudio resulta la opción más adecuada según los cuadros de evaluación la opción de la alta tensión subterránea y la baja tensión aérea.



5.2 RECOMENDACIONES

- Realizar charlas de concientización ciudadana para cuidar las redes aéreas, evitar los suscriptores no autorizados y evitar accidentes. La importancia del cuidado de las redes aéreas recae en que actualmente se están desarrollando muchos urbanismos de interés social donde la opción de electrificación es totalmente aérea por ser esta la más económica. (Gobierno Nacional y gobiernos Regionales)
- Estimular a los sectores de la sociedad a implementar mayor cantidad de proyectos con redes subterráneas haciendo ver las ventajas de las mismas y promoviendo a los sectores económicos a invertir mayor cantidad de dinero de manera inicial para obtener beneficios económicos a largo plazo ya que dichas redes requieren de menor mantenimiento y presentan menor cantidad de fallas. (Empresa que suministra y distribuye la energía eléctrica “CORPOELECT”)
- Realizar un estudio de factibilidad económica para demostrar los beneficios a largo plazo de la implementación de redes subterráneas. (Estudiantes universitarios y/o profesores de carreras afines con el tema)
- Ampliar el estudio de opciones de electrificación híbridas para lograr un mejor beneficio tanto en rendimiento, confiabilidad y estética como en el factor económico, presentando otras opciones de electrificación. (Estudiantes universitarios y/o profesores de carreras afines con el tema)
- Ampliar el estudio incluyendo nuevas tecnologías y métodos de construcción del sistema de electrificación para disminuir costos y que sea más viable la



implementación de sistemas subterráneos. (Estudiantes universitarios y/o profesores de carreras afines con el tema)

- Llevar un registro organizado de las fallas en los circuitos de distribución, en el cual se realice una clasificación de cada tipo y se reflejen los índices de interrupciones para cada de red. Con este registro se podrán determinar las causas principales de los incidentes y tomar un plan de acción para disminuir los índices de fallas. (Empresa que suministra y distribuye la energía eléctrica “CORPOELECT”)
- Regular y exigir que la empresa distribuidora de energía eléctrica lleve un registro detallado de los accidentes por causa de las redes de distribución y hacer pública la información para educar y prevenir a la población contra los riesgos eléctricos existentes en dichas instalaciones. (Gobierno Nacional y gobiernos Regionales)



BIBLIOGRAFIA

- 1.- *Harper, Enríquez Gilberto “Fundamentos de Instalaciones Eléctricas y Alta Tensión”.*
Limusa México, 1996.

- 2.- *Oswaldo Penissi. “Canalizaciones Eléctricas Residenciales”.* *Valencia Venezuela. Sexta Edición. 1998.*

- 3.- *José A. Gómez M. “Estudio de Cortocircuito y Coordinación de Protecciones en Edificios Bancarios con Generación Propia”.* *Caracas. Venezuela. Abril 2003.*

- 4.- *Susana J. Manrique V. “Remodelación de las Instalaciones Eléctricas del Aeropuerto: Alberto Carnevali- Mérida”* *Mérida Venezuela. Octubre, 2003.*

- 5.- *FONDONORMA - CODELECTRA. “Código Eléctrico Nacional”.* *Venezuela.*
Fondonorma 200:2004.



- 6.- *Orlene C. Aldana B. y German A. Cortés C. “Evaluación y Diseño de un Sistema de Alimentación Eléctrica en un nivel de tensión de 13,8 KV como Respaldo a las Plantas Compresoras de PDVSA-GAS (Anaco)”. Valencia Venezuela. Marzo, 2005.*
- 7.- *Gómez Simon. “Propuesta de Plan de Expansión mediante la revisión de Alternativas de Alimentación de la Demanda Potencial a corto, mediano y largo plazo del eje Guacara del Estado Carabobo”. Valencia Venezuela. Marzo, 2007.*
- 8.- *Jorge E. Monzón R. y Jesús A. Utrera “Estudio de sistema Eléctrico de la policlínica El Morro”. Valencia Venezuela. Febrero, 2007.*
- 9.- *Jessika D. Yamoza R. “Estudio de Protecciones en el Sistema de Distribución de la C.A. Elegua Filial de la E.D.C.” Caracas Venezuela. Abril, 2007.*
- 10.- *Erik H. Sulbaran V. “Estudio del Sistema Eléctrico del Edificio de Gestión y Control Integral Proyecto Gas-Anaco” Mérida Venezuela. Marzo, 2008.*
- 11.- *Amarelis Vielma. “Auditoria Técnica de las Instalaciones Eléctricas de la Torre Sur de los Edificios Siemens” Mérida Venezuela. Abril, 2008.*



- 12.- Juana L. Zuñiga A “Proyecto de Instalación Eléctrica del Sistema Transmisor de Televisora del Valle de México – Canal 40”. México, D.F. Agosto 2008.
- 13.- Emiro J Ibarra S. “Diseño de Instalaciones Eléctricas Para el Centro Diagnostico Integral de Especialidades Medicas, PDVSA División Centro Sur, Sector Campo La Mesa, Barinas, Estado Barinas”. Mérida Venezuela. Enero, 2009.
- 14.- PROCOBRE. “Conductores Eléctricos”. Lima Perú.
<http://www.pocobrevenezuela.org>
- 15.- Reglamento y Normas Generales para Redes de Distribución y Líneas de Alimentación. CADAFFE.
- 16.- Normas para Redes de Distribución Subterráneas, CADAFFE.
- 17.- ICONEL. Catalogo de Cables de Media Tensión.
- 18.- Norma Venezolana COVENIN 2249-93 para iluminación 1993.
- 19.- ELECON. Catalogo de conductores de aluminio.